



# MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ



Informe No. 190

México, diciembre de 2004





COMISIÓN NACIONAL  
DEL AGUA

SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA  
Coordinación del Programa de  
Modernización del Manejo del Agua

---

**Manejo Integrado y Sostenible  
en la Región Centro de  
San Luis Potosí**

**INFORME OMM/PROMMA No. 190**

**Organización Meteorológica Mundial**

El presente documento de proyecto ha sido preparado por el siguiente equipo de consultores de la Organización Meteorológica Mundial (OMM): Arturo Jiménez (México, Líder del Equipo), Eugenio Barrios (México), Eduardo Baltazar (México), Óscar Escolero (México), Atanasio Espinosa (México), Julio Goicoechea (México), Hughes Haffner (Francia), José López Gálvez (España), Alberto Losada (España), Regina Martínez (Colombia), Luis Palacios (México), Trac Nguyen (Francia), Pierre Ténrière-Buchot (Francia), y Venancio Trueba (México).



Organización Meteorológica  
Mundial

**Diciembre 2004**



**LIC. CRISTÓBAL JAIME JÁQUEZ**

Director General

**ING. JOSÉ ANTONIO RODRÍGUEZ TIRADO**

Coordinador de Asesores

**ING. JOSÉ LUIS ADAME DE LEÓN**

Subdirector General de Gerencias Regionales

**ING. CÉSAR L. COLL CARABIAS**

Subdirector General de Administración

**DR. ALFONSO SALINAS RUÍZ**

Subdirector General de Administración del Agua

**ING. JESÚS CAMPOS LÓPEZ**

Subdirector General de Infraestructura Hidráulica Urbana

**ING. CÉSAR O. RAMOS VÁLDES**

Subdirector General de Infraestructura Hidroagrícola

**LIC. BLANCA ALICIA MENDOZA VERA**

Subdirectora General Jurídica

**ING. CÉSAR HERRERA TOLEDO**

Subdirector General de Programación

**DR. FELIPE I. ARREGUÍN CORTÉS**

Subdirector General Técnico

**LIC. RENÉ ESCÁRCEGA LEOS**

Titular del Órgano Interno de Control



Organización Meteorológica  
Mundial

## **ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL**

---

### **Departamento de Cooperación Técnica (TCO)**

*Harouna Diallo, Director TCO*

### **Cooperación Técnica para América del Norte, Centroamérica y el Caribe (NCAC)**

*Francisco Villalpando, Gerente de Programas NCAC*

### **Unidad de Consultores OMM/PROMMA**

*José Alfredo Garza Ledesma*

#### **Preparación del Informe Final:**

*Arturo Jiménez (México, Líder del Equipo)*

*Eduardo Baltazar (México)*

*Eugenio Barrios (México)*

*Óscar Escolero (México)*

*Atanasio Espinosa (México)*

*Julio Goicoechea (México)*

*Hughes Haffner (Francia)*

*José López (España)*

*Alberto Losada (España)*

*Regina Martínez (Colombia)*

*Luis Palacios (México)*

*Trac Nguyen (Francia)*

*Pierre Ténière-Buchot (Francia)*

*Venancio Trueba (México)*

#### **Edición y Revisión Final:**

*Arturo Jiménez (México)*

*Trac Nguyen (Francia)*

*Venancio Trueba (México)*

*Alfredo Garza*

## **Acuerdo de Cooperación Técnica SEMARNAP / CNA – OMM**

Programa de Trabajo PROMMA 2004 OMM – CNA

*Préstamo BIRF No. 4050-ME*

*Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento*

#### **NOTA**

Las opiniones, conceptos y recomendaciones expresadas en el presente informe deberán ser consideradas como aquellas del consultor o consultores y no necesariamente como las de la Organización Meteorológica Mundial.

Cualquier mención o referencia de productos en el presente informe no deberá ser considerada como un aval de los mismos por parte de la Organización Meteorológica Mundial.

#### **NOTE**

The opinions, concepts and recommendations expressed in the present report should be considered as those of the consultant(s) and are not necessarily those of the World Meteorological Organization.

Any mention or reference of products contained in the present report should not be construed as their indorsement by the World Meteorological Organization.

# PROYECTO DE MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

## Índice

<b>1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO</b>	<b>1</b>
<b>2. EL USO DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO: UNA DEGRADACIÓN POR VARIAS DÉCADAS</b>	<b>2</b>
A. El acuífero de San Luis Potosí	2
B. El acuífero de Jaral de Berrios – Villa de Reyes	3
C. El acuífero de Villa de Arista	4
<b>3. EL PROYECTO DE MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO</b>	<b>4</b>
A. Objetivo y estrategia del proyecto	4
B. Programa de acciones	6
<b>4. BENEFICIOS E IMPACTOS</b>	<b>9</b>
A. Análisis económico	9
B. Impactos ambientales	10
<b>5. SAN LUIS POTOSÍ EN EL LIDERAZGO DE UNA NUEVA POLÍTICA DEL AGUA</b>	<b>11</b>
A. Mensaje final	14

## ANEXOS

<b>Anexo A</b>	Análisis macroeconómico en el contexto regional
<b>Anexo B</b>	Recursos hídricos y geohidrología
<b>Anexo C</b>	El Sector Agua Potable, Uso Industrial y Saneamiento
<b>Anexo D</b>	Política de los subsidios al campo
<b>Anexo E</b>	El sector de riego y potencial de la reconversión
<b>Anexo F</b>	Potencial de desarrollo de la plasticultura
<b>Anexo G</b>	Agua y Ordenamiento Territorial
<b>Anexo H</b>	Aspectos legales, administrativos e institucionales de los derechos de agua
<b>Anexo I</b>	La calidad del agua, el saneamiento y reuso de las aguas
<b>Anexo J</b>	El tratamiento de las aguas residuales
<b>Anexo K</b>	El potencial de la recarga artificial de los acuíferos
<b>Anexo L</b>	Análisis económico del proyecto
<b>Anexo M</b>	El agrietamiento y la subsidencia regional del subsuelo

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**PROYECTO DE MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO**

El manejo del agua de México para un desarrollo socioeconómico sostenible está condicionado por dos factores estructurales: un desequilibrio espacial y un desequilibrio sectorial.

La localización de la población y la actividad económica están en proporción inversa con la disponibilidad de agua. Menos de un tercio de la totalidad de los recursos hídricos del país se encuentran en los dos tercios del territorio donde se ubican las principales ciudades, la infraestructura industrial y las tierras de riego, principalmente áridas y semiáridas. En consecuencia, el agua subterránea es esencial para la economía mexicana y para el desarrollo sostenible ya que, en esas áreas áridas y semiáridas, representa la principal, y a veces única, fuente de agua.

El segundo desequilibrio estructural corresponde a la enorme extracción de agua que requiere el sector de la agricultura (el 77.6% del total de la demanda de agua del país), el cual contribuye con apenas con el 4% del PIB nacional. En el contexto general de escasez, la fuerte demanda agrícola ejerce una fuerte presión sobre la posibilidad de expansión de los dos otros sectores de la economía nacional: los sectores industrial y de servicios que respectivamente contribuyen con el 26.6% y el 69.4% del PIB y representan solamente 5.4% y 17.0% de las demandas de agua.

Aproximadamente un tercio del uso total de agua (agrícola, municipal/doméstico e industrial) procede del aprovechamiento del agua subterránea. El mayor uso de agua subterránea ocurre en las zonas áridas y semiáridas del país, donde el balance bombeo/recarga es negativo, con la consiguiente sobreexplotación de numerosos acuíferos. Actualmente se estima que de los 258 principales sistemas acuíferos de México, más de 100 están sobre-explotados. Se sitúan, sobre todo, en las regiones del noroeste, norte y centro<sup>1</sup> e incluyen los acuíferos de San Luis Potosí, Villa de Reyes y Villa de Arista.

La consecuencia de esa sobreexplotación es ya visible: acelerado descenso de los niveles estáticos (de 1 a 2 m por año); pozos operando con niveles dinámicos entre 70 y 140 m e incluso más; penetración de agua salada en algunos acuíferos costeros y contaminación de acuíferos internos. El resultado neto el incremento continuo del costo de bombeo, y los costos económico ambientales derivados de la degradación de la calidad del agua y de la subsidencia del suelo en áreas urbanas.

Para resolver las deficiencias técnicas y de seguimiento en los aspectos de manejo del agua subterránea, el *Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)*, co-financiado por

---

<sup>1</sup> La sobreexplotación ocurre cuando la extracción del agua subterránea supera la recarga de los acuíferos en un largo período, es decir, el rendimiento sostenible ambiental del acuífero.

el Banco Mundial y el Gobierno de México desde 1996, incluye un componente cuyo objetivo será el *Manejo Sostenible del Agua Subterránea [MASAS]*. Este componente se dedica a diseñar las estrategias de manejo y su planes de acción en las áreas piloto que incluyen el Valle de Aguascalientes (Ags), el Bajío (Gto), las regiones Centro y Sur de Querétaro (Qro), la Costa de Hermosillo (Son) y la Región Centro de San Luis Potosí (SLP).

## **2. EL USO DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO: UNA DEGRADACIÓN POR VARIAS DÉCADAS**

La problemática nacional del desequilibrio espacial y sectorial en el manejo del agua se refleja de manera todavía más acentuada en el Estado de San Luis Potosí.

De las cuatro regiones que constituyen la entidad, la Región Centro, con una área de 9,000 km<sup>2</sup>, representa apenas el 14.4% de la superficie del estado pero aloja 1´100,000 habitantes, o sea el 46,6% de su población y con la zona conurbada de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez, el 93% de su población urbana.

En la Región Centro, se genera el 71.5% del PIB del estado (120,000 millones de pesos en 2003) y el 85.0% del valor bruto de la producción manufacturera, incluyendo el 98% de las productoras de químicos, derivados del petróleo y plásticos, el 94% de productos metálicos, maquinaria y equipo, el 80% de las productoras de papel, imprentas y editoriales y el 62% de las textiles, confección e industria del cuero.

En el estado, la precipitación media anual es de 680 mm. Sin embargo su distribución espacial es altamente desigual: mientras que la precipitación alcanza los 2,000 mm en la Región de Huasteca, en la Región Centro es de apenas 380 mm. Así, las demandas de agua de una población urbana creciente y de las actividades económicas, principalmente de los sectores industriales y de servicios, fuertemente concentradas en la Región Centro han provocado un desequilibrio entre los recursos de agua disponibles y el uso, situación que se agrava año tras año.

En la Región Centro, los principales recursos de agua que aseguran el abastecimiento de la población y sostienen las actividades económicas provienen esencialmente de dos sistemas acuíferos: el de San Luis Potosí y el de Jaral de Berrios - Villa de Reyes. Ambos acuíferos están gravemente sobreexplotados.

### **A. El acuífero de San Luis Potosí.**

En adición a la severa problemática de la sobreexplotación, las descargas de aguas residuales sin tratamiento, las fugas de la red de alcantarillado que están contaminando el sistema acuífero de San Luis Potosí, ponen en riesgo la principal fuente de abasto de la zona conurbada.

El acuífero está sujeto a una fuerte sobreexplotación ya que se estima que del volumen neto extraído anualmente, unos 93 hm<sup>3</sup>, casi el 60% (54 hm<sup>3</sup>) proviene del minado del almacenamiento, o sea de recursos no renovables. Parece evidente que tal manejo del agua no podría continuarse indefinidamente.

**Tabla 1. Funcionamiento del acuífero de San Luis Potosí.**  
Promedio anual en hm<sup>3</sup>/año\*

Recarga/Extracción	Neta	Bruta
ENTRADAS		
Infiltración lluvia y Flujo subterráneo lateral	39	
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>39</b>	
SALIDAS		
Agrícola bombeo	14	24
Público urbano	64	86
Industrial	9	10
Otros	6	7
<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>93</b>	<b>127</b>
<b>MINADO</b>	<b>54</b>	

\* Redondeado

Las consecuencias directas de la sobreexplotación son los numerosos problemas que deben enfrentar los usuarios. Entre ellos, se pueden destacar: el abatimiento de los niveles piezométricos de hasta 55 m durante los últimos 28 años que reduce el rendimiento de los pozos hasta poner fuera de operación los pozos poco profundos y la necesidad de reposición, el incremento de los costos de extracción y el deterioro de la calidad del agua de abastecimiento a la población que implica la captación cada vez más profunda del manto acuífero.

La fuerte competencia entre los diferentes sectores de uso por unos recursos limitados, el agua, está creando un entorno poco propicio para el desarrollo de las actividades productivas, principalmente en los sectores industrial y de servicios, con el consecuente impacto en la creación de empleos. Algunas empresas manufactureras no se han instalado o bien han visto limitado su crecimiento por el deficiente manejo del recurso agua tanto en cantidad como en calidad.

## **B. El acuífero de Jaral de Berrios -Villa de Reyes.**

El aprovechamiento del agua subterránea en el valle de Jaral de Berrios -Villa de Reyes se realiza principalmente a través de 420 pozos profundos de los cuales casi un centenar están fuera de uso. El 80% de los pozos en operación es de uso agrícola y agropecuario y el resto se destina al uso industrial y al abastecimiento de las comunidades. En término de extracción bruta, el uso agrícola representa casi el 90% del volumen total extraído, mientras que el industrial llega apenas al 7% y el público urbano y otros usos el 3% restante.

El acuífero está sujeto a una fuerte sobreexplotación ya que se estima que del volumen extraído, unos 47 hm<sup>3</sup>/año provienen del minado del almacenamiento, o sea casi la tercera parte de la extracción neta del acuífero.

La sobreexplotación del acuífero que se observa durante las últimas décadas se traduce forzosamente en el abatimiento continuo de los niveles piezométricos: así, de 1986 a 1995, se han observado abatimientos anuales con un valor promedio de -1.4 m; y de 1996 a 1998, son del orden de 1.5 a 2.0 m con máximos de 3.0 m.



**Tabla 2. Funcionamiento del acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes.**Promedio anual en hm<sup>3</sup>/año\*

Recarga/Extracción	Neta	Bruta
ENTRADAS		
Infiltración lluvia	17	
Flujo subterráneo lateral	86	
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>103</b>	
SALIDAS		
Agrícola	130	190
Público urbano	5	7
Industrial	14	14
Otros	1	1
<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>150</b>	<b>212</b>
<b>MINADO</b>	<b>47</b>	

\* Redondeado

Los efectos del minado del acuífero que se traduce por el agotamiento progresivo del agua, con abatimiento continuo del nivel piezométrico, se reflejan en primer lugar, en el incremento del costo de operación y de reposición de los pozos de extracción, llegando hasta su abandono. El otro costo de la sobreexplotación del acuífero es de orden social por la creación de conflictos entre diferentes sectores económicos (agrícola vs industrial) que deben competir por unos recursos hídricos limitados.

### C. El acuífero de Villa de Arista<sup>2</sup>.

El uso de los recursos de agua del acuífero es esencialmente para el riego que representa casi el 96% de las extracciones. Se estima que la sobreexplotación (o minado) del acuífero sería del orden de 20 hm<sup>3</sup>/año para una extracción neta evaluada a 50 hm<sup>3</sup>/año y una recarga neta de 30 hm<sup>3</sup>/año. La coyuntura relativamente difícil del sector en los últimos años por una parte y por otra el incremento continuo del costo de extracción del agua debido al abatimiento del nivel del acuífero han tenido como consecuencia un cierto decrecimiento del bombeo y frenaron en cierta medida la sobreexplotación del acuífero.

## 3. EL PROYECTO DE MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO

### A. Objetivo y Estrategia del Proyecto

El objetivo central del Proyecto es asegurar los recursos hídricos necesarios para el desarrollo socioeconómico a corto, medio y largo plazos de la Región Centro, impulsando al Estado de San Luis Potosí hacia un nuevo dinamismo industrial y de servicios. El proyecto pretende igualmente mejorar la calidad de vida de la población actual y futura, revirtiendo el proceso de deterioro acelerado de los recursos y dando así una señal clara e inequívoca de la voluntad de todos en utilizar el agua con mayor eficiencia socioeconómica y sustentabilidad ambiental. Es decir,

<sup>2</sup> Aunque este acuífero este situado en el límite sur de la región del Altiplano, se lo incorpora en el presente proyecto con el fin de integrar el correspondiente municipio en la propuesta industrialización de la agricultura del estado.

iniciar una nueva política de manejo pragmático, integrado y sostenible del agua que asegure el dinamismo de crecimiento del conjunto de los sectores socioeconómicos.

En el sector de riego que constituye el mayor uso consuntivo de los recursos de agua en los acuíferos de Jaral de Berrios – Villa de Reyes y de Villa de Arista, se buscará incrementar la eficiencia física del uso y sobre todo un aumento sustancial de su productividad económica y consecuentemente la renta de los productores, conservando o mejorando la oferta de mano de obra en el sector. Se pretende llegar hasta la industrialización del sector de riego con el desarrollo de la plasticultura.

En el sector público urbano, la estrategia se enfocará en la urgente *diversificación de la fuente de abastecimiento* de agua potable de la zona conurbada de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez, disminuyendo gradualmente la dependencia del abastecimiento de los pozos del casco urbano y aliviando así el deterioro ambiental, hasta restaurar definitivamente la estabilidad en toda la zona urbana.

Para alcanzar el objetivo fijado, se seguirá una estrategia global de manejo integrado y sostenible del agua, la cual incluirá:

- la integración física de las aguas subterráneas y superficiales, así como el reuso y/o la recarga del agua residual tratada;
- la integración socioeconómica por la valoración del uso del agua en los tres sectores: primario, secundario y terciario con una repartición adecuada de unos recursos limitados para asegurar un desarrollo sostenido y sostenible;
- la integración ambiental protegiendo los recursos hídricos en cantidad y calidad contra el deterioro antropológico, en el marco de una visión a largo plazo;
- y la integración institucional por una adecuada coordinación de los varios programas de apoyo tanto federales como estatales con el fin de mejorar sus resultados y en particular reorientar los subsidios directos e indirectos hacia el manejo sostenible del agua en todos los sectores de uso.

Como los acuíferos de la Región están todos sobreexplotados, para asegurar el abastecimiento en agua de una creciente población y de los sectores económicos más dinámicos que son el secundario y el terciario, la estrategia de manejo de los recursos limitados de agua debería consistir en una *transferencia intersectorial* del agua y simultáneamente fomentar una *verdadera industrialización* del sector de riego. Concretamente, el desarrollo de la plasticultura en Villa de Reyes permitiría reducir hasta la mitad las demandas de agua para riego e incrementar al mismo tiempo en cinco veces el valor de la producción y en ocho veces el empleo. La fuerte reducción de las demandas de riego con la plasticultura mejorarían radicalmente las condiciones socioeconómicas del sector, frenaría la sobreexplotación del acuífero y permitiría la venta del agua al sector público-urbano de la zona conurbada, generando importantes ingresos que servirían a la industrialización de la agricultura a través de la plasticultura. Así, la transferencia intersectorial del agua crearía un círculo virtuoso que beneficiaría a todos los sectores socioeconómicos de la Región Centro e incluso al medio ambiente.

Cabe señalar finalmente que el proyecto, previsto para una duración de cinco años (2005-2009), con programas de acciones e inversiones acotadas en ese período, pretende orientar de manera decisiva, con una *visión al horizonte 2025/30*, la nueva política de manejo de los recursos hídrico en la Región Centro cuyo objetivo final será el desarrollo sostenible de la región y del estado a largo plazo.

## **B. Programa de acciones**

Para alcanzar el objetivo fijado, con la estrategia propuesta, el Proyecto organizará y desarrollará:

- **Un Programa de acciones a corto y mediano plazos** que tendrán como metas específicas:
  - la Mejora del aprovechamiento y la gestión de las fuentes de agua interna existentes;
  - el Desarrollo de nuevas fuentes de agua externa;
  - y la Industrialización de la agricultura de riego.
- Un instrumento **de valoración del agua y de integración intersectorial e interinstitucional que será el Fondo de Valoración del Agua del acuífero de Villa de Reyes.**

El **Programa de acciones a corto plazo** que se implementará en 2005, con una **inversión total de 320 millones de pesos**, incluirá las siguientes actividades (con las correspondientes inversiones) para:

- (i) Mejorar el aprovechamiento de las fuentes internas, con:
  - la Rehabilitación de la Presa San José, rehabilitación y ampliación de la planta potabilizadora Los Filtros<sup>3</sup> (85 millones de pesos);
  - y la Rehabilitación de la Presa San Antonio y de la línea de conducción (15 millones de pesos).

Estas obras gestionadas de manera integrada con los pozos incrementarán los recursos internos de unos 350 l/s.

- (ii) Mejorar la gestión, con:
  - la sectorización y la recuperación de pérdidas en un sector piloto de la red de abastecimiento (50 millones de pesos)
  - la modernización del sistema de gestión comercial (20 millones de pesos)

- (iii) Iniciar el desarrollo de fuentes externas con:
  - la primera fase de construcción de la Presa El Realito (100 millones de pesos)

- (iv) Iniciar la Industrialización de la agricultura de riego, con
  - la instalación de dos fincas piloto en Villa de Reyes y Villa de Arista y la capacitación de los productores en plasticultura en las mismas fincas y en el extranjero (50 millones de pesos).

---

<sup>3</sup> Con la opción de construir una planta nueva en San Jose en vez de rehabilitar y ampliar Los Filtros

El **Programa de acciones a mediano plazo** que se implementará en el periodo 2006-2009, con una **inversión total de 1,355 millones de pesos**, incluirá las siguientes actividades (con las correspondientes inversiones) para:

- (i) Completar el desarrollo de fuentes externas con:
  - o la segunda y última fase de construcción del sistema de la Presa El Realito (600 millones de pesos)
  - o la integración de los recursos del acuífero de Villa de Reyes (300 millones de pesos)

El conjunto del sistema El Realito – Villa de Reyes que integra los recursos de agua superficial con las aguas subterráneas proporcionaran un volumen anual adicional para el abastecimiento de la zona conurbada equivalente a 2,000 l/s.

- (ii) Completar la modernización del sistema de abastecimiento de la zona conurbada con:
  - o la construcción del anillo distribuidor, la rehabilitación y reforzamiento de la red (250 millones de pesos)
  - o la consolidación del conjunto del sistema comercial (60 millones de pesos)
- (iii) Iniciar el proceso de estabilización y recuperación del acuífero de San Luis Potosí con la construcción de plantas piloto de recarga del acuífero con agua residual tratada (35 millones de pesos);
- (iv) Fomentar la expansión de la plasticultura en Villa de Reyes y Villa de Arista hasta alcanzar la implantación de 2,400 ha de acolchado e invernadero (350 millones de pesos).

El programa de acciones propuesto, con las correspondientes inversiones, se resume en la siguiente tabla.

**Tabla 3. Programa de Inversiones.**  
(millones de pesos)

	TOTAL	2005	2006	2007	2008	2009
<b>CORTO PLAZO</b>	320	320	0	0	0	0
Rehabilitación de la Presa San José y P. Potabilizadora	85	85				
Rehabilitación de la Presa San Antonio y línea de conducción	15	15				
Sectorización y recuperación de pérdidas sector piloto	50	50				
Modernización gestión comercial	20	20				
Inicio Presa El Realito	100	100				
Desarrollo Tecnológico y Capacitación en Plasticultura	50	50				
<b>MEDIANO PLAZO</b>	1,595	0	540	540	295	220
Terminación Presa El Realito y conducción común	270		270	0	0	0
Línea de conducción El Realito-SLP	330		50	150	130	
Integración Acuífero Villa de Reyes	300		100	200		
Planta piloto Recarga del acuífero	35		5	30		
Consolidación sistema comercial	60		30	30		
Reforzamiento infraestructura (anillo y red)	250		50	60	60	80
Industrialización de la agricultura de riego	350		35	70	105	140
<b>SUMA</b>	<b>1,915</b>	<b>320</b>	<b>540</b>	<b>540</b>	<b>295</b>	<b>220</b>

Se propone el financiamiento de las inversiones en las obras y acciones de agua potable y saneamiento por los programas APAZU, PRODDER, PROMAGUA y, las acciones de industrialización de la agricultura de riego con los programas de Alianza para el Campo, hidroagrícolas de CNA, la reorientación del subsidio a la tarifa 09 y el producto de la venta de agua en la transferencia intersectorial. El proyecto GICA participaría en las inversiones de las diferentes acciones en acuerdo con sus objetivos de manejo integrado del agua.

**Tabla 4. Financiamiento de las Inversiones.**  
(millones de pesos)

ACCIONES	TOTAL	APS.			AGROPECUARIO			GICA
		APAZU	PRODER	PROMAGUA	AC/CNA/PMIR	T. 09	VTA. AGUA	
<b>CORTO PLAZO</b>	<b>320</b>	<b>185</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>
Rehabilitación de la Presa San José y P. Potabilizadora	85	85						
Rehabilitación Presa San Antonio y línea de conducción	15			15				
Sectorización y recuperación de pérdidas sector piloto	50							50
Modernización gestión comercial	20		20					
Desarrollo Tecnológico y Capacitación en Platicultura	50							50
Presa el Realito (Primera parte de aportación SLP)	100	100						
<b>MEDIANO PLAZO</b>	<b>1,595</b>	<b>375</b>	<b>60</b>	<b>775</b>	<b>175</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>140</b>
P. El Realito, complemento y línea conducción común	270	100		170				
Línea de conducción El Realito-SLP	330	150		180				
Integración Acuífero Villa de Reyes	300	125		175				
Recarga del acuífero	35							35
Mejoramiento en la eficiencia de la gestión	60		60					
Mejoramiento en la eficiencia de la infraestructura	250			250				
Industrialización de la agricultura	350				175	35	35	105
<b>SUMA</b>	<b>1,915</b>	<b>560</b>	<b>80</b>	<b>790</b>	<b>175</b>	<b>35</b>	<b>35</b>	<b>240</b>

El **Fondo de Valoración del Agua** del acuífero de Villa de Reyes será el instrumento de colecta y de distribución de fondos que asegure transparencia y seguridad en el manejo de los recursos financieros. Estos recursos que provendrían de la venta del agua al sector público urbano y de varios programas de subsidio a la agricultura deberán servir al desarrollo de la platicultura y otras actividades de industrialización del sector de riego. El fondo sería operado por el mecanismo de “fideicomiso de administración, inversión y de concesión” cuya constitución y operación estaría sujeto a una serie de condiciones y criterios que determinan el funcionamiento, control y evaluación. El Fideicomiso operaría en el marco de la descentralización de funciones y recursos concertada entre el Gobierno Federal y el Gobierno Estatal de San Luis Potosí, con la participación del sector privado y social. Esto quiere decir que los recursos del mismo son tanto federales como estatales y se complementa el esfuerzo del sector público con la participación e inversión de los particulares.

## 4. BENEFICIOS E IMPACTOS

### A. Análisis económico

El objetivo principal del Análisis económico del Proyecto es de evaluar los resultados de los dos programas de acciones, la viabilidad económica y/o financiera de las acciones y su impacto en el objetivo global de reducción de las extracciones de agua subterránea con el fin de conseguir el manejo sostenible del agua en la Región centro de San Luis Potosí. Las acciones de reducción de las extracciones deberían ser socialmente aceptables, económicamente viables y ambientalmente sustentables.

Los objetivos específicos del análisis son los siguientes:

- Determinar si los beneficios económicos incrementales son iguales o superiores a los respectivos costos y mostrar si el proyecto en general es beneficioso.
- Proveer de la información relativa al orden de magnitud y el tipo de beneficios potenciales, para que sirva como guía de otros proyectos relacionados con la reducción de las extracciones de agua subterránea, en los acuíferos sobreexplotados, con el fin de conseguir el manejo sostenible del agua.

Por la naturaleza de los diferentes componentes de los programas de acciones, el enfoque del análisis económico varía en función de la misma. Son de dos tipos:

- La implantación de la plasticultura implican un análisis corriente de proyecto de riego (**Anexo F**).
- La viabilidad del sistema de la presa del Realito, en uso conjuntivo con los recursos de agua subterránea de Villa de Reyes, para el abastecimiento en agua potable de la zona conurbada de San Luis Potosí se analiza por el costo marginal a largo plazo. En adición al criterio financiero, se efectúa el análisis económico para tener en cuenta el beneficio ambiental derivado de esta diversificación en fuente de abastecimiento.

La evaluación económica de la inversión propuesta para la **implantación de la plasticultura** se puede sintetizar con los siguientes indicadores (**Anexo L**):

- a) la *T.I.R. financiera*, incluyendo el beneficio del subsidio a la tarifa 09 (situación actual), se elevaría a 51%. La tasa puede parecer sorprendente para un proyecto de riego. No lo es porque se trata de hecho de un proyecto de plasticultura.
- b) Con un incremento del 20% en los costos de la producción, la T.I.R. se reduciría a 31%. Y con una reducción del valor bruto de la producción de 20%, la T.I.R. todavía se quedaría a 18%.
- c) Suponiendo que el proyecto no beneficie del subsidio a la tarifa 09, lo que incrementaría el costo de producción por el encarecimiento del bombeo para riego, equivalente a unos 2,600 \$/ha/año, la *T.I.R. económica* se situaría en 49%.

El **sistema El Realito-Villa de Reyes** para abastecimiento de agua a la zona metropolitana de San Luis Potosí, que integra el uso de los recursos superficiales de la presa El Realito con las aguas subterráneas del acuífero de Villa de Reyes constituye la piedra angular del manejo integrado y sostenible del agua de la Región Centro por ser la solución de largo plazo que

permitiría el desarrollo socioeconómico y la restauración del medio ambiente. El sistema proporcionara a la zona conurbada de San Luis Potosí un volumen de 63 millones de metros cúbicos al año ( $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

El costo marginal (financiero) a largo plazo del agua del sistema El Realito-Villa de Reyes se elevaría a 3.95 pesos por  $\text{m}^3$ . Sin embargo, la capacidad del sistema permitiría cancelar los pozos de bombeo localizados en el interior del casco urbano de San Luis Potosí que presentan actualmente problemas de calidad por la concentración de fluoruro en su agua. Se ha estimado que la opción de remoción del fluoruro (en caso de no disponer de recursos externos de sustitución como los del sistema del Realito-Villa de Reyes) necesitaría una inversión de 150 millones de pesos y un costo operacional anual de 70 millones de pesos (para los 59 correspondientes pozos y un caudal total de 1,490 l/s). El sistema del Realito-Villa de Reyes permitiría ahorrar la opción de remoción significa un beneficio (económico y ambiental) adicional, en términos de inversión y operación de la correspondiente opción. Teniendo en cuenta este beneficio, el Costo Marginal a Largo Plazo (económico) del sistema se elevaría a 2.54 pesos/ $\text{m}^3$  (*Anexo L*)

## **B. Impactos ambientales**

El Proyecto, cuyo objetivo esencial es de frenar la degradación, tanto en cantidad como en calidad, de los recursos de agua de la Región Centro, con un programa de acciones dedicado a reducir sustancialmente el minado de los tres acuíferos de la región, debería contribuir al mejoramiento y a la restauración del medio ambiente.

Sin embargo, como se mencionó anteriormente, la situación alarmante del deterioro ambiental es el resultado de varias décadas de sobreexplotación del acuífero. Revertir completamente la situación exigirá probablemente un periodo similar, sobre todo cuando el manejo racional del acuífero involucra varios factores técnicos, socioeconómicos e institucionales.

Aunque el análisis del Proyecto muestra que el plan de acciones es socialmente aceptable, económicamente viable y ambientalmente sustentable, los resultados ambientales esperados del proyecto constituirán apenas un primer paso, importante y fundamental, hacia la recuperación y la estabilización del sistema acuífero y el manejo sostenible del agua en la región centro de San Luis Potosí.

En el Análisis Económica del párrafo anterior, se ha evaluado el beneficio del programa de acciones propuesto. Cabe subrayar el impacto social y ambiental del mismo: con la implantación a mediano o largo plazo de 30 Unidades de producción con plasticultura en una área de 2,400 ha en Villa de Reyes (menos de la mitad de la superficie de riego actual), se necesitaría un volumen neto de agua inferior a 10 millones de  $\text{m}^3$  (menos de la quinta parte del volumen utilizado actualmente) para obtener un ingreso bruto del orden de cinco veces superior al actual. Esa reducción drástica de las necesidades de agua en uso agrícola, con incremento en beneficio socioeconómico, sería esencial en la reducción de la sobreexplotación del acuífero y en su estabilización ambiental.

A llevar a cabo el propuesto sistema El Realito-Villa de Reyes, piedra angular del manejo del agua para la región, así como el programa de implantación de la plasticultura en las áreas de los acuíferos de Villa de Reyes y Villa de Arista, se tendría un importante impacto de mitigación

sobre la sobreexplotación actual y sobre la existente problemática de la calidad del agua de abastecimiento a la población de la zona metropolitana de San Luis Potosí.

## 5. SAN LUIS POTOSÍ EN EL LIDERAZGO DE UNA NUEVA POLÍTICA DEL AGUA

La Región Centro, corazón y motor del desarrollo socioeconómico del Estado de San Luis Potosí, se enfrenta con el desafío de asegurar el abastecimiento de agua de la capital y de su zona conurbada con una población creciente y la principal concentración de los sectores industriales y de servicios de la entidad, contando con unos recursos limitados y deteriorados por varias décadas de manejo inadecuado. La degradación del recurso agua tanto en cantidad como en calidad y principalmente del acuífero de San Luis Potosí estaría frenando el dinamismo del crecimiento socioeconómico de la región por el escepticismo que podría crear el uso no sostenible de un recurso indispensable a cualquier desarrollo: el agua.

Frente a la amenaza del deterioro irreversible de los recursos hídricos, la Comisión Estatal de Agua esta implementando el Plan Integral de Saneamiento de la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada que constituye un paso decisivo en la restauración y protección de la principal fuente de recurso de la región, el acuífero de San Luis Potosí.



Con la PTAR Tanque-Tenorio, en construcción, que entrará en operación en 2005, el Plan Integral habrá alcanzado gran parte de sus objetivos, con el 85% de las aguas residuales de la zona conurbada tratadas. En adición, el Plan abrirá el camino hacia una nueva política del agua con el proceso de uso agua residual tratada por el sector industrial, a cambio de la entrega de los derechos de extracción de agua subterránea del acuífero de Villa de Reyes para el abastecimiento de San Luis Potosí<sup>4</sup>. Corresponde de hecho a una integración física e interinstitucional en el manejo del agua.

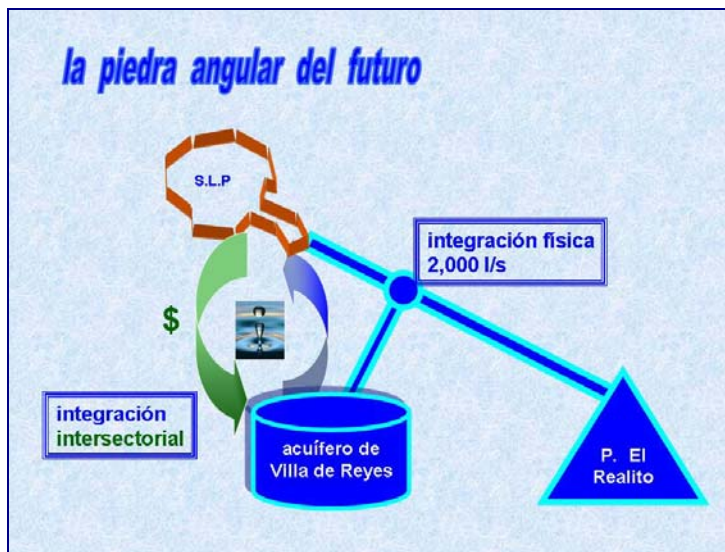
<sup>4</sup> La PTAR de Tenorio procesará 1,050 l/s con un tratamiento primario, de lo cual 450 l/s tendrán un tratamiento secundario avanzado y servirán para el enfriamiento en la Planta termoeléctrica de CFE en Villa de Reyes. En cambio, CFE cederá su derecho de extracción en el acuífero de Villa de Reyes para el abastecimiento de San Luis Potosí.



El presente proyecto se encuadra dentro de esta nueva política del agua, con un programa de acciones a corto y mediano plazos y una visión a largo plazo de manejo sostenible del agua que asegure el desarrollo socioeconómico de la región y de la entidad así como el bienestar de su población presente y futura.



El manejo integrado del proyecto significa no solamente la integración física en el uso de las aguas subterráneas y superficiales y aguas residuales tratadas, sino también la integración socioeconómica por la valoración del uso del agua en los tres sectores económicos, la integración ambiental protegiendo y preservando los recursos hídricos en cantidad y calidad y la integración institucional por una adecuada coordinación de los diversos programas de apoyo tanto federales como estatales con el fin de mejorar sus resultados y en particular reorientar los subsidios directos e indirectos hacia el manejo sostenible del agua en todos los sectores de uso.



Concretamente y conjuntamente con las acciones de mejora de la gestión de los recursos de fuente interna, se propone la integración de los recursos de agua del acuífero de Villa de Reyes al

Sistema de la Presa El Realito hasta un caudal de 2,000 l/s, lo que asegurará el abastecimiento de la zona conurbada de San Luis Potosí - Soledad de Graciano Sánchez hasta el horizonte 2025/2030.



Para asegurar la viabilidad socioeconómica del sistema propuesto, sería necesario iniciar a la mayor brevedad una concertación con los usuarios del acuífero de Villa de Reyes, a través del COTAS, para llegar a un acuerdo de compra/venta del agua y/o de los derechos de extracción. El acuerdo beneficiará a los usuarios urbanos e industriales de la zona conurbada, porque les garantiza un flujo de agua necesario a su abastecimiento. Beneficiará igualmente a los usuarios agrícolas de Villa de Reyes con el flujo financiero que, conjuntamente con los subsidios federales y estatales, les permitirá industrializar el sector de riego con la plasticultura.



El presente Proyecto de Manejo Integrado del Agua en la Región Centro que se encuadra en la nueva política del agua de San Luis Potosí, iniciada por el Plan Integral de Saneamiento,

colocaría a la entidad en el liderazgo de manejo integrado y sostenible del agua con la plena integración física, socioeconómica, institucional y ambiental del recurso.

### Mensaje final ...

*El actual Gobierno del Estado, con la colaboración y apoyo del Gobierno Federal, está en un momento incomparable para convertir una amenaza de desastre ecológico, económico y social San Luis Potosí por la escasez y pérdida de la calidad de sus recursos hídricos, en una gran oportunidad y gran futuro hídrico para el Valle de San Luis Potosí, mediante el **Manejo integrado y sostenible del agua, como la estrategia global del círculo virtuoso ...***



**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo A – Análisis Macroeconómico en el Contexto Regional**

## Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)

### MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

#### Anexo A – Análisis macroeconómico en el contexto regional: Desarrollo manufacturero e industrialización

En la presente sección se evalúa el desempeño económico del estado de San Luis Potosí con relación a las entidades colindantes. En este propósito, se compara el comportamiento del PIB en sectores clave de la actividad económica. En particular, se considera el sector agropecuario, así como la agroindustria y la manufactura, tanto en su conjunto como la no alimentaria. Finalmente, se explicitan indicadores sobre el grado de desarrollo industrial logrado por la entidad. La singularidad de San Luis Potosí radica en su posición geográfica, colindando con ocho entidades federativas, las cuales representan la cuarta parte del total del país. En este sentido, la comparación efectuada en adelante, es por demás representativa.

#### 1.1 PIB TOTAL

A partir de las estimaciones de contabilidad económica estatal generada por el INEGI de manera continua a partir de 1993, se analiza el comportamiento de San Luis Potosí en tanto entidad ubicada en el centro norte del país, con respecto a los estados de Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Tamaulipas, Querétaro y Veracruz.

**Tabla A.1 PIB Total Regional. 1993 y 2002**  
(Miles de millones de pesos de 2002 y participación)

	Valor		Participación	
	1993	2002	1993	2002
México	4,460.8	5,727.9	100.0%	100.0%
<i>Entidades:</i>	1,237.4	1,681.1	27.7%	29.3%
Nuevo León	288.5	410.0	6.5%	7.2%
Veracruz	201.9	231.5	4.5%	4.0%
Puebla	151.9	206.5	3.4%	3.6%
Guanajuato	140.6	201.4	3.2%	3.5%
Coahuila	125.4	184.4	2.8%	3.2%
Tamaulipas	127.4	178.4	2.9%	3.1%
Querétaro	61.3	99.1	1.4%	1.7%
San Luis Potosí	75.7	95.0	1.7%	1.7%
Hidalgo	64.7	74.8	1.5%	1.3%

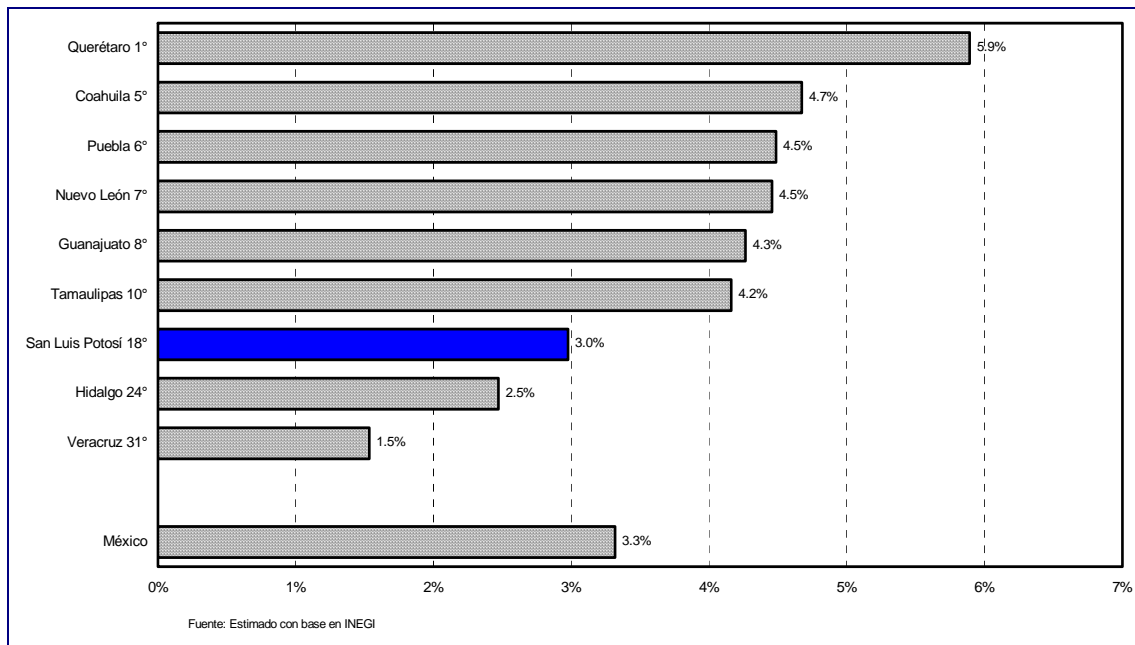
Fuente: Elaborado con base en INEGI

Tomando el último año de información disponible, en 2002 las nueve entidades mencionadas incluyendo San Luis Potosí, generaron un PIB de 1,681 miles de millones de pesos a precios de

2002, correspondiente al 29.3% del total producido en México (*Tabla A.1*).<sup>1</sup> Al interior de la región, la heterogeneidad es considerable. El mayor contingente económico de la región es aportado por Nuevo León, el cual individualmente genera el 6.5% a nivel nacional. Este último estado mencionado, junto con Veracruz, contribuyeron con el 11.2% del total en el país. Las entidades de Puebla, Guanajuato, Coahuila y Tamaulipas, con participaciones individuales de entre 3.1% y 3.6%, contribuyeron conjuntamente con el 13.4%. Querétaro, San Luis Potosí e Hidalgo, son las tres entidades más pequeñas en cuanto a generación de valor. Las dos primeras aportaron cada cual 1.7%, mientras que Hidalgo contribuyó con 1.3%.

La región incrementó en 1.6% su participación regional en la generación de valor entre 1993 y 2002. De las nueve entidades que conforman la región, seis incrementaron su peso relativo en el concierto nacional. *San Luis Potosí permaneció estancado en su participación dentro del PIB mexicano, colocándose en 1.7%, en ambos años.* Hidalgo y Veracruz perdieron terreno relativo en la aportación interna de valor.

**Figura A.1 PIB Total regional. Posición Nacional y Crecimiento, 1993-2002**  
(ordinal y porcentaje)



Entre 1993 y 2002, el mayor ritmo de crecimiento estatal se logra en Querétaro, a un ritmo de 5.9% anual, encabezando el liderazgo nacional (*Figura A.1*). Cinco estados integrados por Coahuila, Puebla, Nuevo León, Guanajuato y Tamaulipas, crecieron a tasas de entre 4.2% y 4.7% anual, colocándose entre el quinto y el décimo lugar a nivel nacional, conformando un grupo dinámico compacto. *San Luis Potosí crece a un ritmo de 3% anual, inferior al desempeño nacional (3.3%), situándose en el 18° lugar en el periodo referido.* Las entidades de Hidalgo y Veracruz, con 2.5% y 1.5% respectivamente, ocupan el mayor rezago regional.

<sup>1</sup>En adelante, toda expresión monetaria está expresada en pesos de 2002.

## 1.2 PIB AGROPECUARIO

El PIB agropecuario de los nueve estados fue de 222 millones de pesos en 2002, representando el 4.1% del valor total generado en la región (**Tabla A.2**).<sup>2</sup> Veracruz destaca como la entidad más importante en este ámbito, con 17.9 miles de millones de pesos y 8.1% del total nacional. Guanajuato y Puebla conjuntamente generaron 8.5% del PIB nacional en 2002. San Luis Potosí generó el 2.8% del PIB agropecuario nacional, por debajo de la participación lograda por Coahuila (3%) y Nuevo León (2.9%). Tamaulipas, Hidalgo y Querétaro ocupan los lugares más rezagados, con una participación de 2.2%, 2% y 1.7%, respectivamente.

**Tabla A.2 PIB Agropecuario Regional. 1993 y 2002**

(Miles de millones de pesos de 2002 y participación)

	Valor		Participación	
	1993	2002	1993	2002
México	190.5	222.3	100.0%	100.0%
<i>Entidades:</i>	<i>61.3</i>	<i>69.1</i>	<i>32.2%</i>	<i>31.1%</i>
Veracruz	14.2	17.9	7.4%	8.1%
Guanajuato	9.5	10.1	5.0%	4.5%
Puebla	8.4	8.8	4.4%	4.0%
Coahuila	6.0	6.7	3.2%	3.0%
Nuevo León	4.4	6.3	2.3%	2.9%
San Luis Potosí	5.7	6.2	3.0%	2.8%
Tamaulipas	6.7	5.0	3.5%	2.2%
Hidalgo	3.8	4.5	2.0%	2.0%
Querétaro	2.6	3.7	1.3%	1.7%

Fuente: Elaborado con base en INEGI

De las nueve entidades referidas, solamente tres aumentan su participación agropecuaria entre 1993 y 2002. Es decir, Nuevo León, Querétaro y Veracruz. Hidalgo permanece estancado en cuanto a su participación, mientras que cinco entidades: Coahuila, Guanajuato, Puebla, San Luis Potosí y Tamaulipas retroceden en su desempeño agropecuario relativo. En consecuencia, la mayor parte de entidades dentro de la región retroceden en el ámbito agrícola y pecuario.

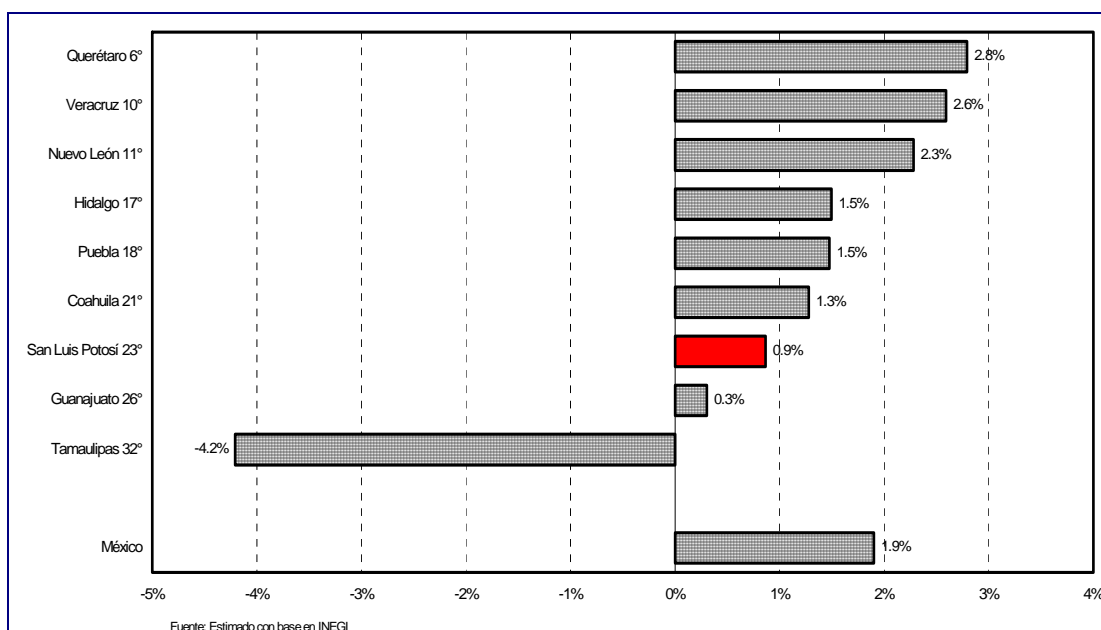
Al analizar el crecimiento agropecuario regional entre 1993 y 2002, éste fue de 1.9% anual a nivel nacional (**Figura A.2**).<sup>3</sup> Solamente Querétaro, Veracruz y Nuevo León superaron dicha marca. Hidalgo, Puebla, Coahuila, San Luis Potosí y Guanajuato, si bien es cierto que logran niveles positivos, están por debajo de la media nacional, con posiciones de entre el 17° y el 27° lugar. Tamaulipas muestra aguzado retroceso, desplomándose al -4.2% anual.<sup>4</sup>

<sup>2</sup>Incluye al sector forestal.

<sup>3</sup>Por debajo del 3.3% anual alcanzado para el total del PIB.

<sup>4</sup>En 1993, Tamaulipas produjo 7.6 miles de millones de pesos, contrayéndose sistemáticamente hasta ubicarse en 4.9 miles de millones de pesos en 2002.

**Figura A.2 PIB Agropecuario regional. Posición Nacional y Crecimiento, 1993-2002**  
(ordinal y porcentaje)



### 1.3 PIB AGROALIMENTARIO

El procesamiento industrial de materias primas provenientes del sector agropecuario generó regionalmente 93.2 miles de millones de pesos en el año 2002 (**Tabla A.3**). Dentro de la región considerada, Nuevo León y Veracruz encabezan los dos primeros lugares, con 20.3 y 19.3 miles de millones de pesos, respectivamente. Un segundo contingente, conformado por Puebla, Guanajuato, Querétaro y Coahuila, generan individualmente entre 8.9 y 10.4 miles de millones de pesos. *En un séptimo lugar se encuentra San Luis Potosí, con 6.5 miles de millones de pesos de producción agroindustrial*, semejante al peso de Tamaulipas (6.1 miles de millones de pesos). La posición más rezagada la presenta Hidalgo, con 2.4 miles de millones de pesos.

**Tabla A.3 PIB Agroindustrial Regional. 1993 y 2002**  
(Miles de millones de pesos de 2002 y participación)

	Valor		Participación	
	1993	2002	1993	2002
México	231.7	306.4	100.0%	100.0%
<i>Entidades:</i>	<i>69.6</i>	<i>93.2</i>	<i>30.0%</i>	<i>30.4%</i>
Nuevo León	17.1	20.3	7.4%	6.6%
Veracruz	13.4	19.3	5.8%	6.3%
Puebla	7.1	10.4	3.1%	3.4%
Guanajuato	6.6	10.2	2.8%	3.3%
Querétaro	4.7	9.2	2.0%	3.0%
Coahuila	6.3	8.9	2.7%	2.9%
San Luis Potosí	7.0	6.5	3.0%	2.1%
Tamaulipas	5.0	6.1	2.2%	2.0%
Hidalgo	2.4	2.4	1.1%	0.8%

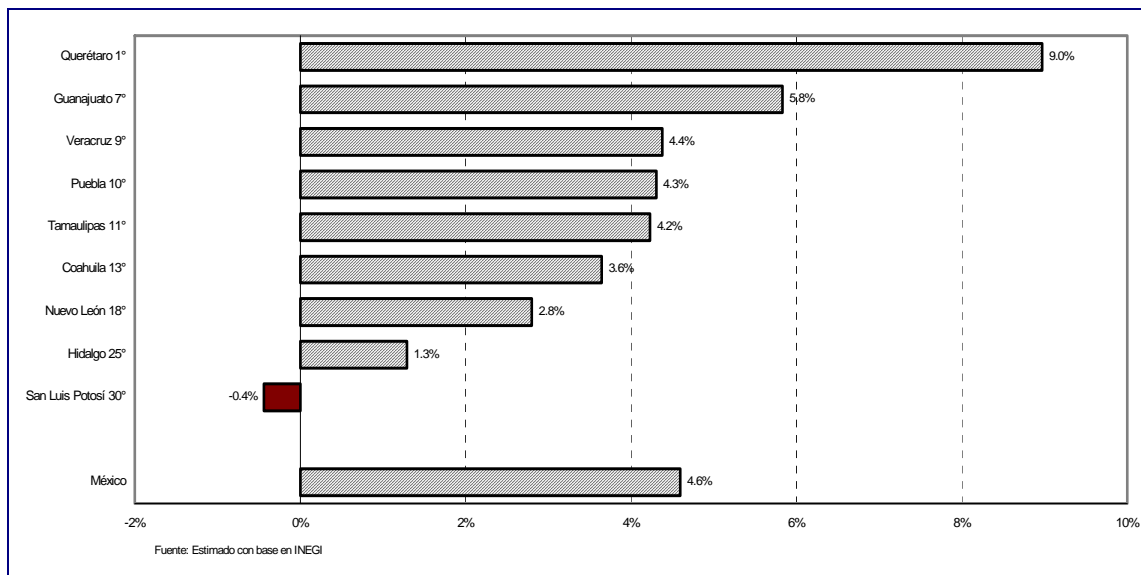
Fuente: Elaborado con base en INEGI



Dentro del ámbito agroindustrial, cinco entidades de la región aumentan su participación a nivel regional. Es decir, Coahuila, Guanajuato, Puebla, Veracruz y Querétaro. Las cuatro entidades restantes, Nuevo León, San Luis Potosí Tamaulipas e Hidalgo, pierden terreno relativo.

Por lo que se refiere a la tasa de crecimiento de la manufactura agropecuaria, Querétaro encabeza la primera posición a nivel nacional, a un ritmo de 9% anual (**Figura A.3**). Sigue en orden decreciente el estado de Guanajuato (5.8% anual), ocupando el séptimo lugar a nivel nacional. El resto de entidades aumenta por debajo del crecimiento nacional. *San Luis Potosí, decrece a un ritmo de -0.4% anual, singularizándose por su desempeño negativo en la región.*<sup>5</sup> En su conjunto, las nueve entidades consideradas no se caracteriza por su dinamismo agroindustrial.

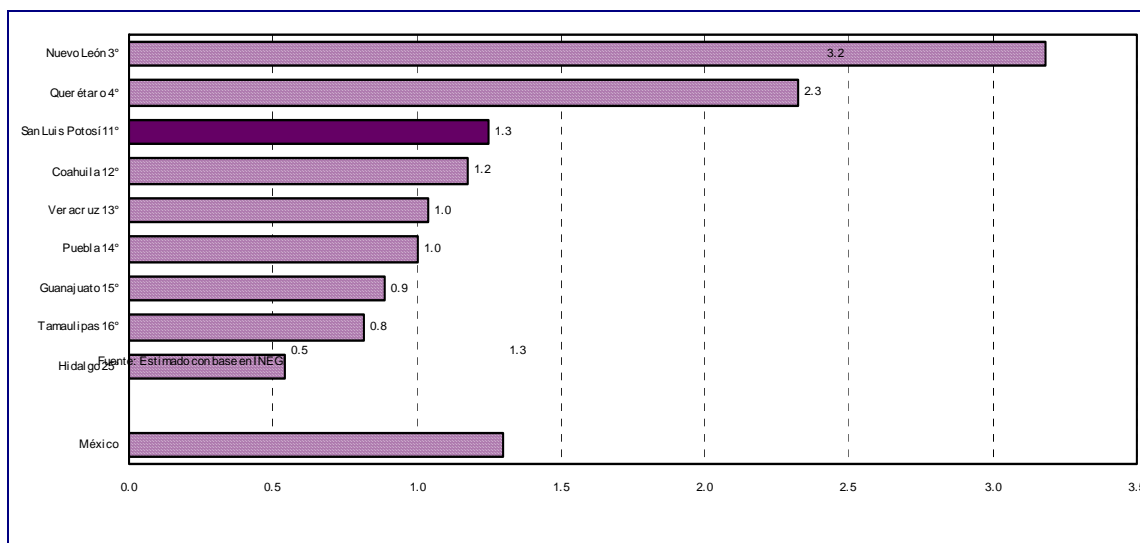
**Figura A.3 PIB Agroindustrial regional. Posición y Crecimiento, 1993-2002**  
(ordinal y porcentaje)



Al examinar el cociente entre el PIB de la manufactura alimentaria y el PIB agropecuario, a nivel nacional solamente Nuevo León y Querétaro muestran una primacía a nivel nacional, con cocientes de 3.2 y 2.3, respectivamente (**Figura A.4**). El propio rezago agropecuario de la mayor parte de las entidades de la región, determina que todos los estados, con la excepción de San Luis Potosí, muestren un cociente por debajo de la media nacional (1.3). Esta última entidad referida, coincide al comportamiento nacional. La región no se caracteriza por la solidez agroindustrial con respecto a su producción agrícola y pecuaria lograda.

<sup>5</sup>A nivel nacional, solamente Nayarit (-1.3%) y Campeche (-2.1%), rebasan el retroceso observado en San Luis Potosí.

**Figura A.4 PIB Basamento agroindustrial (PIB manufacturera alimentaria / PIB agropecuario) 1993-2002. Posición nacional y cociente.**  
(ordinal y porcentaje)



#### 1.4 PIB MANUFACTURERO

La producción manufacturera en la región alcanzó un nivel de 401.2 millones de pesos de 2002 (**Tabla A.4**). El estado de Nuevo León tiene un peso omnímodo en este rubro, con el 9% del total generado. En orden decreciente se encuentran Coahuila (5.9%), Guanajuato (4.7%) y Puebla (4.5%), formando un conjunto de entidades dinámicas en este ámbito. En quinto lugar se encuentra Veracruz, el cual retrocede en la participación alcanzada en 2002, con respecto a 1993. Tamaulipas y Querétaro, si bien representan una reducida participación a nivel nacional (3.4% y 2.9%, respectivamente), muestran un fortalecimiento en el periodo referido. *San Luis Potosí, en penúltimo lugar, refleja un estancamiento de su participación entre 1993 y 2002, manteniendo su contribución en el 2.2% a nivel nacional.* Mientras tanto, el estado de Hidalgo reduce su participación de 2.2% a 1.7% en el periodo referido.

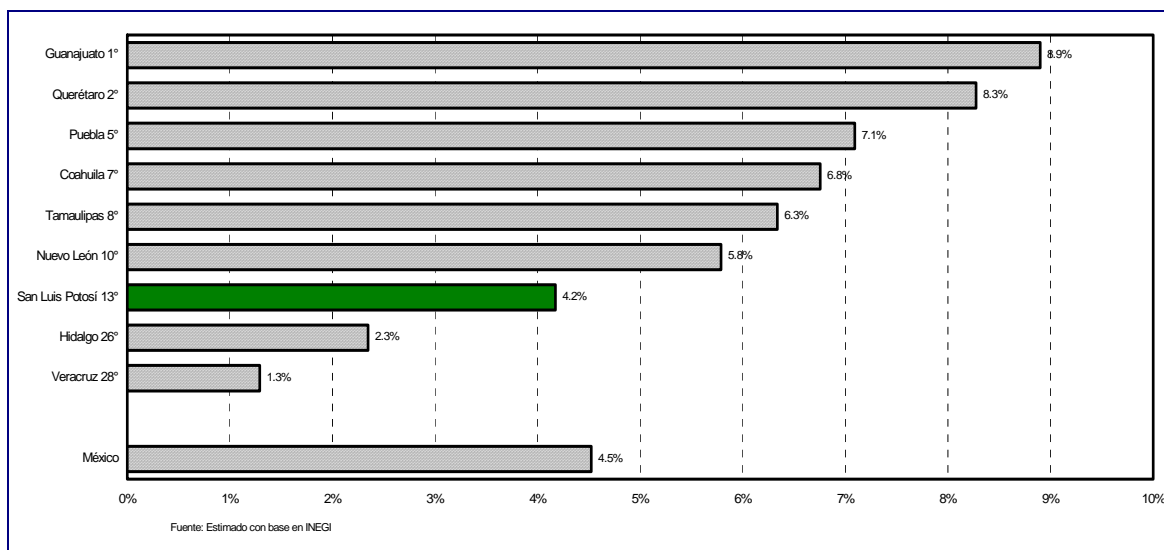
**Tabla A.4 PIB Manufacturero Regional. 1993 y 2002**  
(Miles de millones de pesos de 2002 y participación)

	Valor		Participación	
	1993	2002	1993	2002
México	770.6	1,061.0	100.0%	100.0%
<i>Entidades:</i>	255.1	401.2	33.1%	37.8%
Nuevo León	61.4	95.8	8.0%	9.0%
Coahuila	35.5	62.5	4.6%	5.9%
Guanajuato	23.3	49.7	3.0%	4.7%
Puebla	29.1	47.4	3.8%	4.5%
Veracruz	33.8	38.8	4.4%	3.7%
Tamaulipas	22.1	35.6	2.9%	3.4%
Querétaro	15.8	30.5	2.0%	2.9%
San Luis Potosí	16.9	22.9	2.2%	2.2%
Hidalgo	17.2	17.9	2.2%	1.7%

Fuente: Elaborado con base en INEGI

Considerando los nueve estados que conforman la región, Guanajuato y Querétaro encabezan el liderazgo manufacturero a nivel nacional (**Figura A.5**). Dichos estados ocupan, el primero y el segundo lugar a nivel nacional, creciendo a ritmos de 8.9% y 8.3%, respectivamente.

**Figura A.5 PIB Manufacturero regional. Posición nacional y crecimiento. 1993-2002**  
(ordinal y porcentaje)

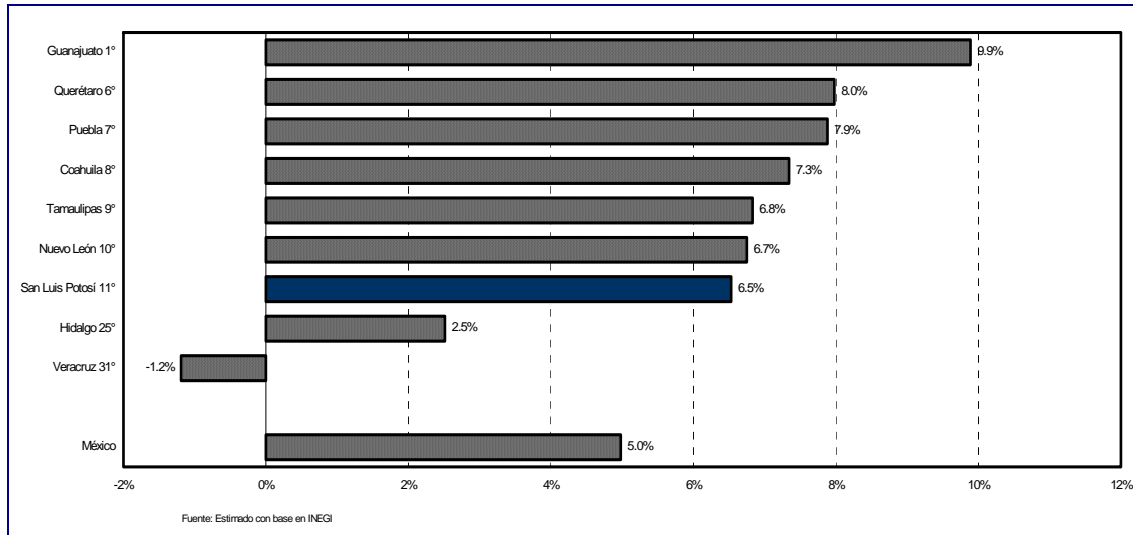


Continuando con el PIB manufacturero regional, los estados de Puebla, Coahuila, Tamaulipas y Nuevo León se ubican entre el quinto y el décimo lugar a nivel nacional, creciendo a ritmos de entre 5.8% y 7.1%. Las tres entidades restantes de la región se desempeñan por debajo de la media nacional (4.5%). Este es el caso de San Luis Potosí, cuya manufactura crece al 4.2% anual, ocupando el treceavo lugar a nivel nacional, seguido por Hidalgo, creciendo al 2.3% anual, y Veracruz, con 1.3% de expansión manufacturera.

En cuanto a PIB manufacturero no alimentario<sup>6</sup>, su crecimiento expresa la diversificación industrial alcanzada, dejando fuera la actividad agroindustrial. Dentro de esta clasificación, se confirma el dinamismo previamente observado en el caso de Guanajuato, con un crecimiento de 9.9% anual, encabezando el nivel nacional (**Figura A.6**).

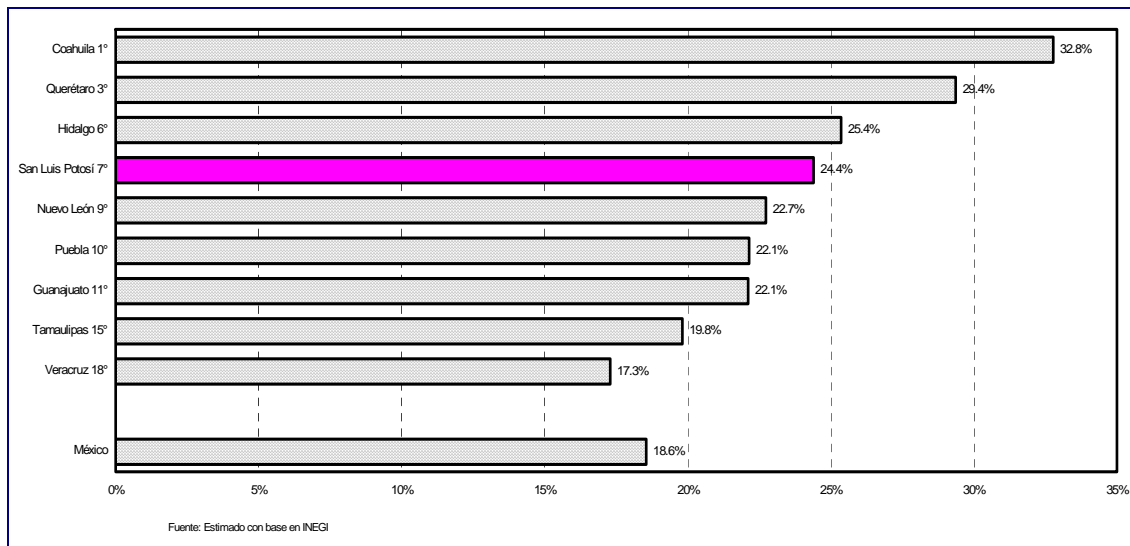
<sup>6</sup>Comprende las divisiones manufactureras de textiles y calzado; madera y sus productos; papel, imprenta y editoriales; productos químicos; minerales no metálicos; metálicas básicas; productos metálicos, maquinaria y equipo, y otras industrias manufactureras.

**Figura A.6 PIB Manufactureras no alimentarias regionales.  
Posición nacional y crecimiento 1993-2002  
(porcentaje)**



Por lo que se refiere al grado de industrialización, éste se mide como la participación del PIB manufacturero dentro del PIB total. Es decir, el mencionado indicador expresa el peso manufacturero con respecto al conjunto de actividades económicas dentro de la entidad (**Figura A.7**).

**Figura A.7 Grado de industrialización regional. PIB manufacturero/PIB total,  
Posición nacional y crecimiento, 1993-2002  
(porcentaje)**

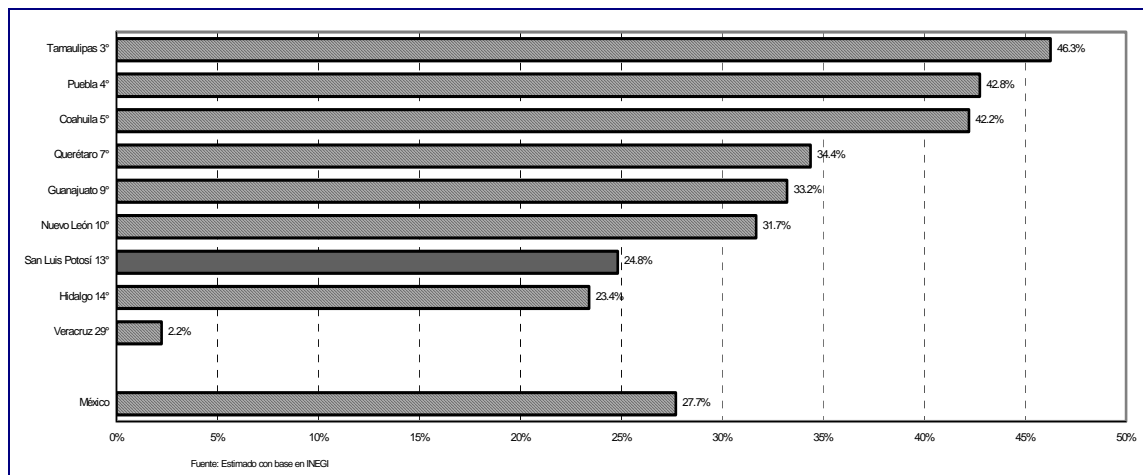


En Coahuila, el peso manufacturero alcanza el 32.8%, seguido por el estado de Querétaro, con 29.4%. Dichos estados representan el primero y el tercer lugar a nivel nacional. En un siguiente grupo se encuentra Hidalgo y San Luis Potosí, con un porcentaje de 25.4% y 24.4%, respectivamente. Es decir, son entidades con una indiscutible importancia relativa manufacturera,

si bien ambos muestran un rezago en cuanto al crecimiento fabril.<sup>7</sup> Los estados de Nuevo León, Puebla y Guanajuato, crecen entre el 22.1% y el 22.7%, expresando implícitamente un desarrollo considerable en el sector servicios. Tamaulipas se encuentra en un penúltimo lugar, con una participación de 19.8%. Solamente Veracruz (17.3%) se encuentra por debajo de la media nacional (18.6%).

La intensidad del desarrollo manufacturero es medida a través de la participación de la división productora de artículos metálicos, maquinaria y equipo, con relación a la manufactura en su conjunto. La especialización implícita en este tipo de actividades expresa un grado superior de industrialización. Los estados de Tamaulipas, Puebla y Coahuila, están a niveles superiores al 40%, ocupando posiciones dentro de las cinco primeras entidades en el país (**Figura A.8**).<sup>8</sup> Un segundo grupo constituido por Querétaro, Guanajuato y Nuevo León, se encuentra dentro del quinto al décimo lugar a nivel nacional, con un grado de intensidad de entre el 31.7% y el 34.3%. San Luis Potosí se encuentra dentro de los tres estados con menor intensidad manufacturera, todos ellos por debajo de la media nacional, misma que fue de 27.7%. Este es el caso de San Luis Potosí y de Hidalgo, con 24.8% y 23.4%, respectivamente. En el caso de Veracruz, este porcentaje es por demás reducido (2.2%).

**Figura A.8 Intensidad manufacturera regional 1993-2002.**  
**PIB metálicos / PIB manufacturero**  
(porcentaje)



A manera de sinopsis en cuanto a desempeño regional, el estado de San Luis Potosí no muestra un liderazgo regional, al comparar su desempeño con los ocho estados colindantes durante el periodo 1993-2002. En términos de crecimiento del PIB total, el estado en cuestión se expande al 3% anual, y junto a Hidalgo (2.5%) y a Veracruz (1.5%), constituyen las tres entidades de menor dinamismo, con desempeño inferior al nacional (3.3%). En lo tocante a expansión agropecuaria, a nivel nacional pierde participación en el periodo referido de 3% a 2.8%, ubicándose junto con Guanajuato y Tamaulipas, como las tres entidades menos dinámicas de la región. San Luis Potosí es la única entidad regional que retrocede en términos de generación de valor agroindustrial (-0.4% anual). En cuanto al cociente constituido por el PIB de manufactura alimentaria y el PIB

<sup>7</sup>Ver **Figura A.5**, referida a expansión manufacturera.

<sup>8</sup>Chihuahua (53%) y Baja California (49%), ocupan los dos primeros lugares a nivel nacional.

agropecuario, su desempeño es semejante a la media nacional (1.3). Con referencia al PIB manufacturero, San Luis Potosí se ubica junto con Hidalgo y Veracruz como los tres estados con menor vigor de crecimiento, inferior a la media nacional. Si bien se ubica junto con los otros dos estados antes mencionados en la expansión de manufacturas no alimentarias, en este rubro San Luis Potosí crece (6.5% anual), superando al promedio nacional (5%). El peso del PIB manufacturero dentro del total es aún alto, con 24.4% en el periodo 1993-2002, por encima de la media nacional (18.6%). Sin embargo, de continuar la falta de crecimiento en este ámbito, San Luis Potosí podría ser desplazado dentro del cuarto lugar que actualmente ocupa. En cuanto a intensidad manufacturera, medida como la participación de productos metálicos, maquinaria y equipo dentro del total del PIB, su peso es inferior (24.8%) a la media nacional (27.7%), ubicándose dentro de las tres últimas posiciones, conjuntamente con Hidalgo y a Veracruz.

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo B – Recursos Hídricos y Geohidrología**

## Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)

### MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

#### Anexo B – Recursos hídricos y geohidrología

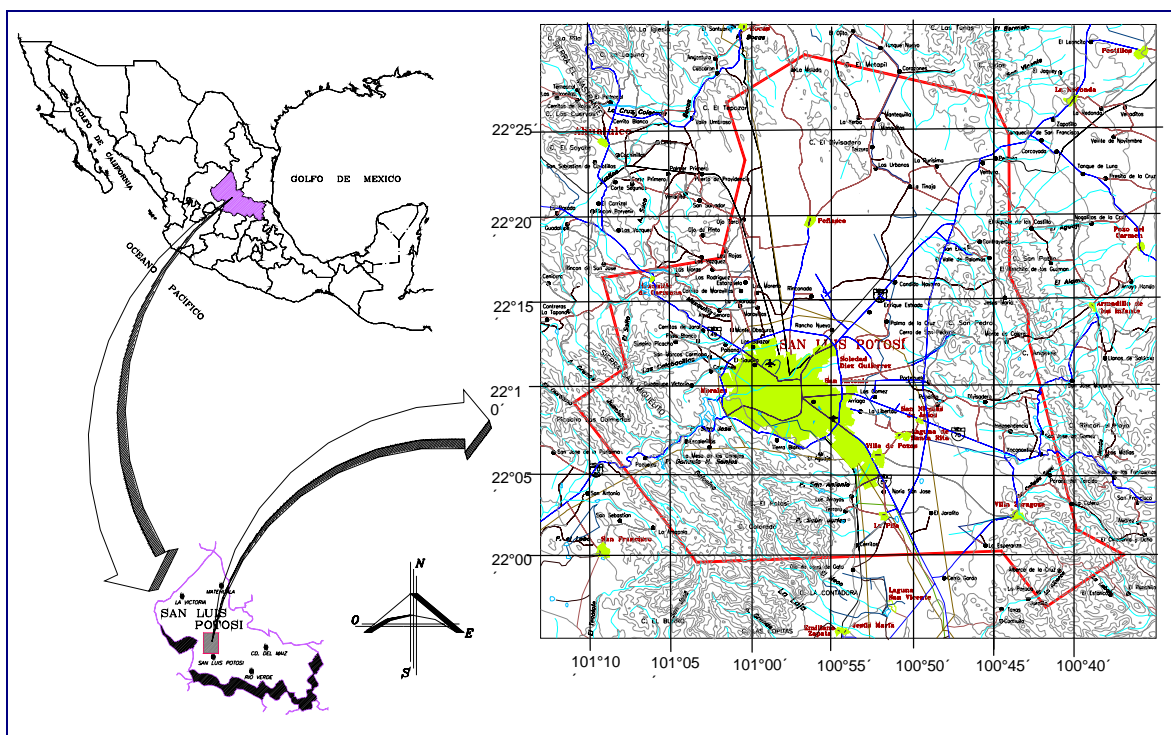
##### B-1 Valle de San Luis Potosí

## 1. Generalidades

### 1.1 Localización y acceso

La cuenca de San Luis Potosí se encuentra localizada en la porción suroeste del estado del mismo nombre. En cuanto a vías de comunicación, la zona en estudio se encuentra comunicada a través de la carretera N° 57 México – Piedras Negras, que cruza el estado de sur a norte en su porción central, comunicándola con Saltillo y Monterrey. La carretera N° 70 Tampico – Barra de Navidad cruza la zona de oriente a poniente, comunicándola con Tampico y Aguascalientes. También esta comunicada mediante la vía del ferrocarril México – Nuevo Laredo, que la cruza de sur a norte. Cuenta con un aeropuerto internacional ubicado a 10 km de la ciudad de San Luis Potosí.

Figura B-1.1 Localización del Valle de San Luis Potosí.





## **1.2 División municipal**

La zona en estudio abarca la totalidad del municipio de Soledad de Graciano Sánchez, la mayor parte de los municipios de San Luis Potosí y Cerro de San Pedro, así como una pequeña fracción de los de Mexquitic de Carmona, Ahualulco y Villa de Zaragoza.

## **1.3 Población**

De acuerdo a varios análisis realizados en el Plan Maestro para el Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez y Cerro de San Pedro, la población estimada para 1999 era de 840,500 habitantes.

## **1.4 Extensión**

El área administrativa del acuífero cubre una extensión de 1,980 km<sup>2</sup>, de los cuales 500 km<sup>2</sup> corresponden al valle de San Luis Potosí, y el resto a las zonas montañosas que circundan el valle.

## **1.5 Zonas de veda**

Mediante decreto presidencial publicado en el Diario Oficial de la Federación, de fecha 30 de Junio de 1961, se declaró Zona de Veda para una parte del valle de San Luis Potosí.

Posteriormente, el 18 de Octubre de 1962, se vedó la porción complementaria de los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes, con este decreto se cubrió prácticamente toda el área de explotación de ambos valles. Finalmente, el 3 de diciembre de 1985, se vedó, también mediante publicación en el Diario Oficial de la Federación, las porciones faltantes de los municipios de San Luis Potosí y Villa de Reyes, con lo que quedó cubierta, incluso, la zona de recarga de estos acuíferos. Dichas vedas, restringieron el alumbramiento de aguas del subsuelo para cualquier uso, excepto para fines doméstico y abrevadero.

## **2. Marco Físico**

### **2.1 Fisiografía**

La región analizada forma parte de la Provincia Fisiográfica de la Mesa Central y corresponde a una cuenca endorreica con elevación promedio en la zona del valle de 1840 metros sobre el nivel medio del mar (msnm), la cual queda limitada en su porción occidental, meridional y septentrional por sierras de topografía escarpada de hasta 2700 msnm, y al oriente, con elevaciones de 2200 msnm

La parte norte de la cuenca de San Luis Potosí – Villa de Reyes se ubica en la Subprovincia Planicies y Montañas Plegadas, adscrita a la provincia de la Mesa Central. Está representada por mesetas y oteros de constitución ígnea, así como por estrechas planicies colmatadas por material aluvial. En tanto, la porción sur de la zona en estudio (alrededor de un 70% de la superficie total de la cuenca San Luis Potosí – Villa de Reyes) se encuentra localizada en la Subprovincia Planicies y Sierras Volcánicas de la Mesa Central.

## 2.2 Geomorfología

Desde el punto de vista tectónico-estructural, los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes forman parte de una estructura volcanotectónica, tipo graben, de aproximadamente 75 km de longitud por 15 km de anchura, con rumbo noreste-suroeste, que se continúa en el área de la ciudad de San Luis Potosí, con rumbo noroeste-sureste y una longitud aproximada de 35 km. Algunas de las características morfológicas de estos valles son:

**Valle tectónico:** Es una depresión rectangular que se prolonga hacia el graben de Villa de Reyes al sur, y Villa de Arista, al norte, está limitado por fallas de gran ángulo de rumbo N-S.

**Sierras de elevación intermedia:** Al occidente y sur occidente, el valle es bordeado por la Sierra de Álvarez, que es un pilar tectónico formado por rocas volcánicas de relieve abrupto a moderado con laderas que tienen inclinaciones entre 15 y 45%, el drenaje es de tipo rectangular.

Al oriente, el valle queda limitado por la Sierra de Álvarez, que es también un pilar tectónico conformado por rocas calcáreas de edad cretácica intensamente plegadas con su eje orientado de NW a SE, el drenaje en esta zona es de tipo dendrítico. Al norte, el valle queda separado de la zona geohidrológica de Villa de Arista por otro pilar volcano-tectónico denominado Alto “La Melada”.

## 3. Clima

La subcuenca de San Luis Potosí presenta un clima seco semicálido (BWh). En la sierra de San Miguelito, se tiene un clima semiseco templado (BS<sub>1</sub>k), mientras que en los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí y en la parte este, se tiene un clima seco templado (BSk).

### 3.1 Precipitación

La precipitación media anual del periodo 1961 a 2000 es de 410 mm. El valor máximo se presentó en el año de 1988 con 676.7 mm, en tanto que la mínima se presentó en el año de 1962, con 203.3 mm. La distribución de la lluvia a lo largo del año tiene sus mayores valores en los meses de mayo a septiembre, periodo en el cual se precipita el 67 % del total anual.

### 3.2 Temperatura

La temperatura media anual en esta región alcanza un valor de 17.6 °C, con una mínima de 13.1 °C en el mes de enero y una máxima de 21.0 °C en el mes de junio.

### 3.3 Evaporación

La evaporación media anual es de 1,685.6 mm, con un valor mínimo de 1,264.4 mm y el máximo de 2,010.4 mm.

## 4. Hidrología

La zona hidrogeológica de San Luis se ubica dentro de la Región Hidrológica N° 37 denominada El Salado, caracterizada por cuencas de drenaje endorreico.

### 4.1 Hidrografía

La zona hidrológica comprende la cuenca del río Santiago, su principal colector y se forma a partir de los escurrimientos que proceden de una serie de pequeñas sierras situadas al W y SW de la Ciudad de San Luis Potosí.

La subcuenca de San Luis Potosí cuenta con un área de 2121.125 km<sup>2</sup>, con un perímetro de 252.5 km, históricamente se tienen registros que la capacidad de drenaje de algunas partes de la vertiente oeste se ve excedida, provocando paradójicamente inundaciones en una región semiárida y árida. Entre los principales escurrimientos en la subcuenca de San Luis Potosí tenemos:

*Río Santiago.* Se origina de los escurrimientos provenientes de la sierra de San Miguelito, al sur-suroeste de la ciudad de San Luis Potosí. Los afluentes principales son el arroyo Las Cabras; el arroyo Grande ó Azul (ambos descargan a la presa El Peaje); el arroyo Las Escobas, que es afluente por la margen izquierda del río Santiago a 2.5 Km aguas abajo de la cortina de la presa El Peaje; el arroyo Potosino, que es captado por la presa El Potosino, así como los arroyos El Palmarito, El Lechuguillal y El Muerto. Este cauce atraviesa la ciudad y descarga al dren río Española, conduciendo los volúmenes de agua hacia las lagunas del norte.

*Arroyo La Virgen.* Nace de la confluencia de los cauces Las Canteritas y Las Canteras, que se encuentra al este del poblado Guadalupe Victoria. Esta corriente es afluente del río Santiago y su confluencia se ubica dentro de la traza urbana.

*Arroyos Las Calabacillas, El Paraíso – Clavellinas, y La Campana - Paisano.* Este sistema de corrientes superficiales descarga en la parte noroeste y norte de la ciudad de San Luis Potosí, en la planicie.

*Río Mexquitic.* Es una corriente formada por la confluencia de los arroyos La Cañada, Agua Prieta, Grande, Hondo, El Cohetero y El Salto, cuyos escurrimientos son captados por la presa Álvaro Obregón. La descarga del río tiene lugar en la planicie localizada al norte de la ciudad de San Luis Potosí.

*Río Española.* En la confluencia de los arroyos El Maguey Blanco y El Lobo, se encuentra la presa Cañada del Lobo, que controla los escurrimientos del río Española, el cual es conducido al tanque Tenorio, ubicado al sureste de la ciudad de San Luis Potosí. Las descargas de tanque Tenorio se conducen al norte de la subcuenca, hacia las lagunas Arenas y El Palmarito, localizadas en los alrededores del poblado Peñasco.

*Arroyo San Antonio.* Esta corriente nace en la sierra de San Miguelito y sus escurrimientos se controlan en la presa San Antonio. Aguas abajo de esta obra el cauce descarga finalmente en la planicie localizada al sur de la zona industrial de la ciudad de San Luis Potosí.

*Arroyo Los Palillos*. Es la corriente superficial localizada en el extremo sur de la subcuenca y es controlada por la presa San Carlos.

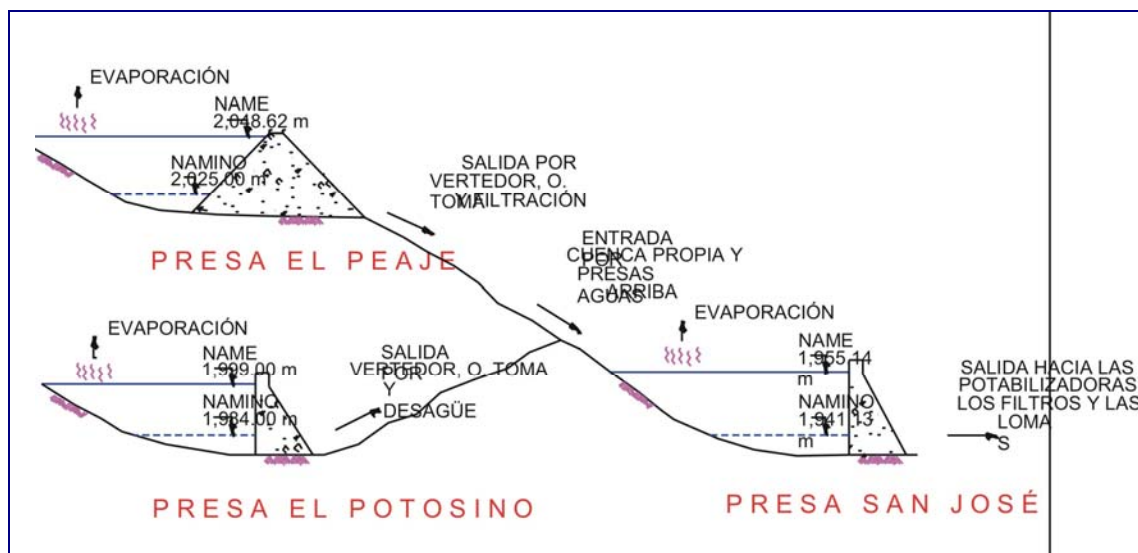
## 4.2 Obras de captación

En la subcuenca de San Luis Potosí se han construido varios aprovechamientos de aguas superficiales, mismos que se indican en el cuadro anexo.

**Tabla B-1.1 Aprovechamientos superficiales**

NOMBRE DE LA OBRA	Corriente Superficial	Area Drenada km <sup>2</sup>	Cap. en Mm <sup>3</sup> del Almacenamiento		Periodo de Construcción
			INICIAL	ACTUAL	
P. El Peaje	A. Grande o Azul	81	8.0	6.65	1949 – 1950
P. San José	Río Santiago	265	8.2	4.56	1905
P. El Potosino	Río El Potosino	57	0.76	0.76	1985 – 1988
P. A. Obregón (Mexquitic de C.)	Río Mexquitic	66	4.0	3.58	1935 – 1939
P. Cañada del Lobo	Río Española	13	0.8	0.8	1986 – 1987
P. San Antonio	Arroyo S. Antonio	14.5	0.57	0.4	1875
P. San Carlos	Arroyo los Palillos	17.4	0.55	0.50	1952
Tanque Tenorio (Aguas Residuales)	-----	----	----	----	----

**Figura B-1.2 Funcionamiento de las presas San José, El Peaje y El Potosino.**



**Figura B-1.3 Presa San José****Figura B-1.4 Presa El Peaje (Gonzalo N. Santos)**

### 4.3 Aguas residuales

La ciudad de San Luis Potosí esta conurbana con algunas localidades periféricas pertenecientes al municipio de Soledad de Graciano Sánchez, la conurbación tiene una extensión de 110 km<sup>2</sup>, con estructura concéntrica y circunscrita por un anillo periférico.

El área que se riega a partir del aprovechamiento de las aguas residuales de esta zona conurbana es de aproximadamente 2,500 ha, cultivadas por 20 asociaciones que suman unos 1,200 usuarios. La superficie de riego se presenta fragmentada en varias zonas. El volumen de agua residual aplicado al riego oscila entre 65 y 75 Hm<sup>3</sup> por año. El sistema de drenaje es combinado, por lo cual las aguas de desecho son producto de la mezcla de aguas de uso domestico e industriales, a las que en temporada de lluvias, se agregan las aguas pluviales.

Existen 17 canales para desalojar las aguas residuales de la zona conurbana. De estos canales se desprende una compleja red de canales secundarios que conducen el agua a las parcelas. El desagüe de mayor caudal es el Canal General que conduce más del 40% de las aguas negras y vierte sus aguas en el tanque El Morro. Otro 40% del caudal total lo suman el canal de La Libertad, el canal de Los Gómez y el cauce del Río Santiago.

Existe una íntima relación entre el crecimiento de la ciudad y la población con el caudal descargado en los afluentes y la superficie de riego, la cual en las últimas cuatro décadas a pasado de 400 ha a 2,550 ha. Las asociaciones más antiguas que utilizan el agua residual en forma organizada datan desde la segunda década del siglo pasado, es el caso de la Sociedad Cooperativa de Compra en Común de Campesinos de Soledad Diez Gutiérrez, constituida formalmente en 1943, y anteriormente a esa fecha ya existía un grupo de pequeños propietarios que aprovechaban el agua desde 1925.

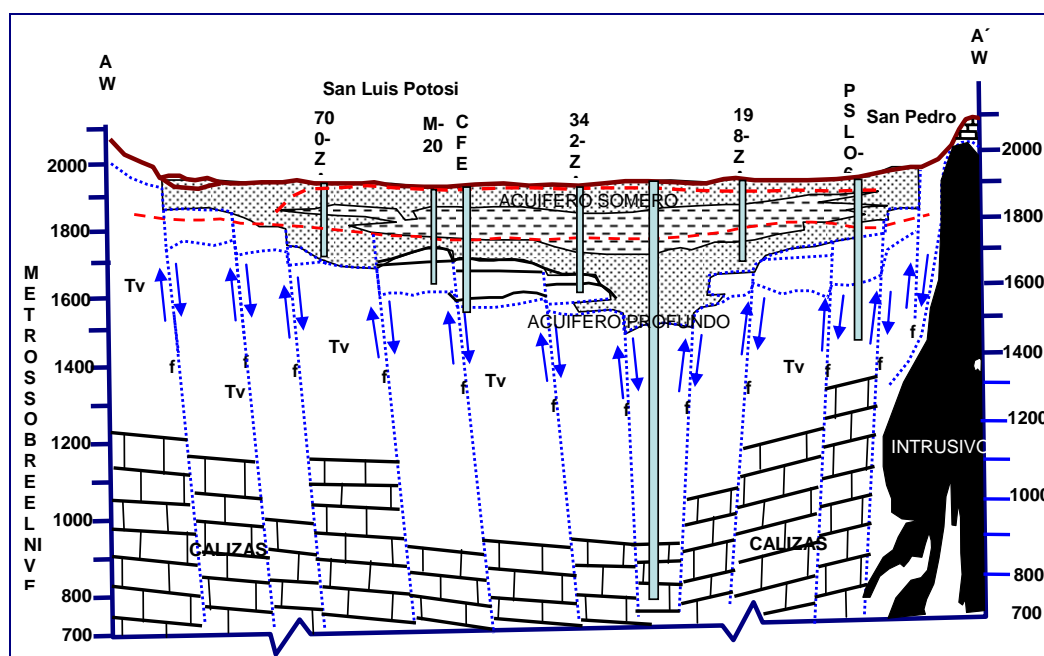
El Ejido Soledad de Graciano Sánchez recibió la dotación de las aguas residuales de la ciudad de San Luis Potosí, por decreto del gobernador en 1955, publicado en el Periódico Oficial el 3 de marzo de 1955 y posteriormente mediante decreto presidencial en 1959. En 1996 las 20 asociaciones de usuarios de las aguas residuales conformaron la Asociación de Usuarios de Agua Negras, A. C., una asociación civil para representarlos ante las autoridades

## 5. Hidrología Subterránea

### 5.1 El acuífero

En el valle de San Luis, desde los comienzos de la explotación geohidrológica, se registran 2 niveles piezométricos claramente diferenciados, infiriéndose la existencia de 2 unidades geohidrológicas cuyas características ha sido posible conocer con el desarrollo de la explotación.

Figura B-1.5 Sección del acuífero



La unidad más somera se relaciona con un complejo sistema de estratos acuíferos de reducidas dimensiones, interconectados entre sí, caracterizados por una gran heterogeneidad y anisotropía, que da lugar a variaciones locales en su forma de funcionamiento, comportándose en su mayoría como libre y en algunas zonas como semiconfinado. Sin embargo, la interdependencia que muestra el conjunto, en el que se establece una dirección de flujo única y bien definida, así como otras características comunes, hacen posible considerarlo como una unidad acuífera, que abarca una superficie de unos 230 km<sup>2</sup>, constituido por sedimentos granulares de origen aluvial, con un espesor variable entre 4 y 60 m; los niveles piezométricos se encuentran a profundidades menores a los 40 m, localizándose los más superficiales (4 m) en la zona urbana y al suroeste de la Delegación de Pozos, incrementándose la profundidad hacia el este, hasta alcanzar valores máximos de 40 m, en la porción noreste, la base del acuífero consiste de un estrato continuo de sedimentos con alto contenido arcilloso (acuitardo).

Este sistema recibe una recarga natural por infiltración de los escurrimientos superficiales que descienden desde la sierra de San Miguelito, al oeste y suroeste, así como de la infiltración de la precipitación en toda su extensión. El flujo subterráneo, que se conserva hasta la actualidad sin variaciones significativas, ocurre desde las porciones oeste y suroeste, con dirección al oriente, observándose una descarga subterránea en la porción oriental donde se reduce la capa de material arcilloso que lo limita a profundidad. En forma natural ocurre también un drenado del sistema superior hacia la parte profunda del sistema acuífero, por percolación continua del agua que contiene, a través del estrato arcilloso.

Con el desarrollo de la explotación del agua subterránea, la recarga al sistema se ha incrementado por los aportes de retornos de riego y pérdidas en las redes de agua potable y alcantarillado. La recarga también ha aumentado por la comunicación de las dos unidades acuíferas, a través del ademe y filtro de grava de un considerable número de pozos cuya terminación no incluye la cementación del tramo correspondiente al espesor del acuífero superior.

La unidad acuífera profunda consiste en un estrato de composición mixta, cuya parte superior es formada por material aluvial con un espesor medio de 200 m; y su porción más profunda es constituida por rocas ígneas (tobas arenosas riolíticas y latitas) que presentan una topografía sepultada muy compleja; la base de este acuífero es formada también por rocas ígneas impermeables.

El espesor medio saturado de este acuífero se calcula, con base en cortes litológicos en pozos, en unos 300 a 350 m; funciona como acuífero libre y en algunas zonas como semiconfinado. La recarga de este acuífero ocurre por infiltración del agua de lluvia en las rocas ígneas que conforman su frontera occidental, así como la infiltración ya descrita del agua del sistema superior. En la actualidad las salidas naturales se han invalidado, constituyendo el bombeo su única descarga.

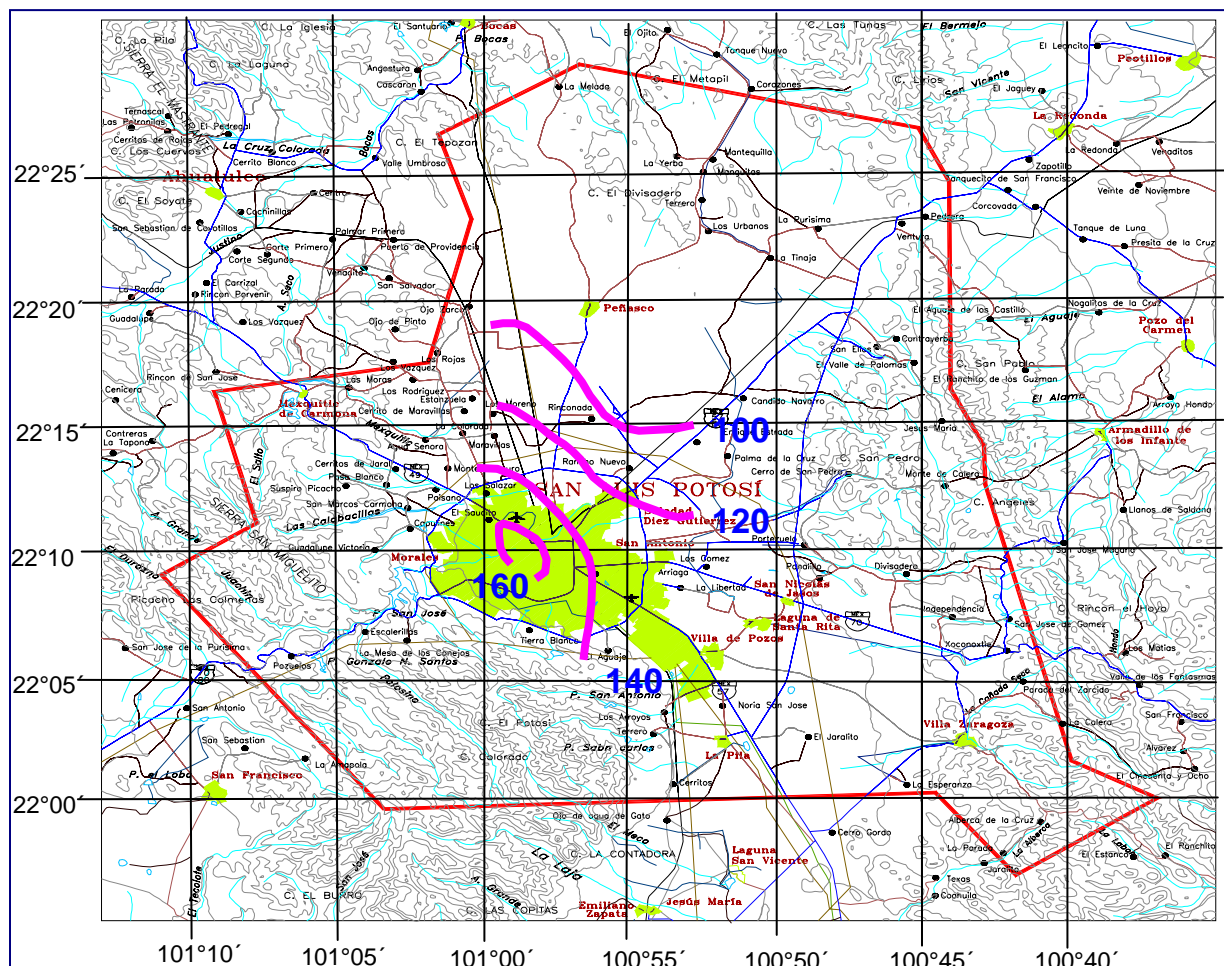
## **5.2. Niveles del agua subterránea**

### *5.2.1. Profundidad del nivel estático*

En general, se observa que la profundidad de niveles estáticos es dependiente en forma directa de la magnitud de la explotación local, de acuerdo con los reportes de la Comisión Nacional del Agua, en 2003 se encontraban entre 100 y 160 m de profundidad (existe un dato puntual en el

pozo Jacarandas de 180 m). Los niveles más someros se registraron en los bordes oriental del valle y en la parte norte de la mancha urbana, zonas que presentan la menor densidad de pozos y constituyen áreas con un menor volumen de extracción.

**Figura B-1.6 Profundidad al Nivel Estático (2003)**

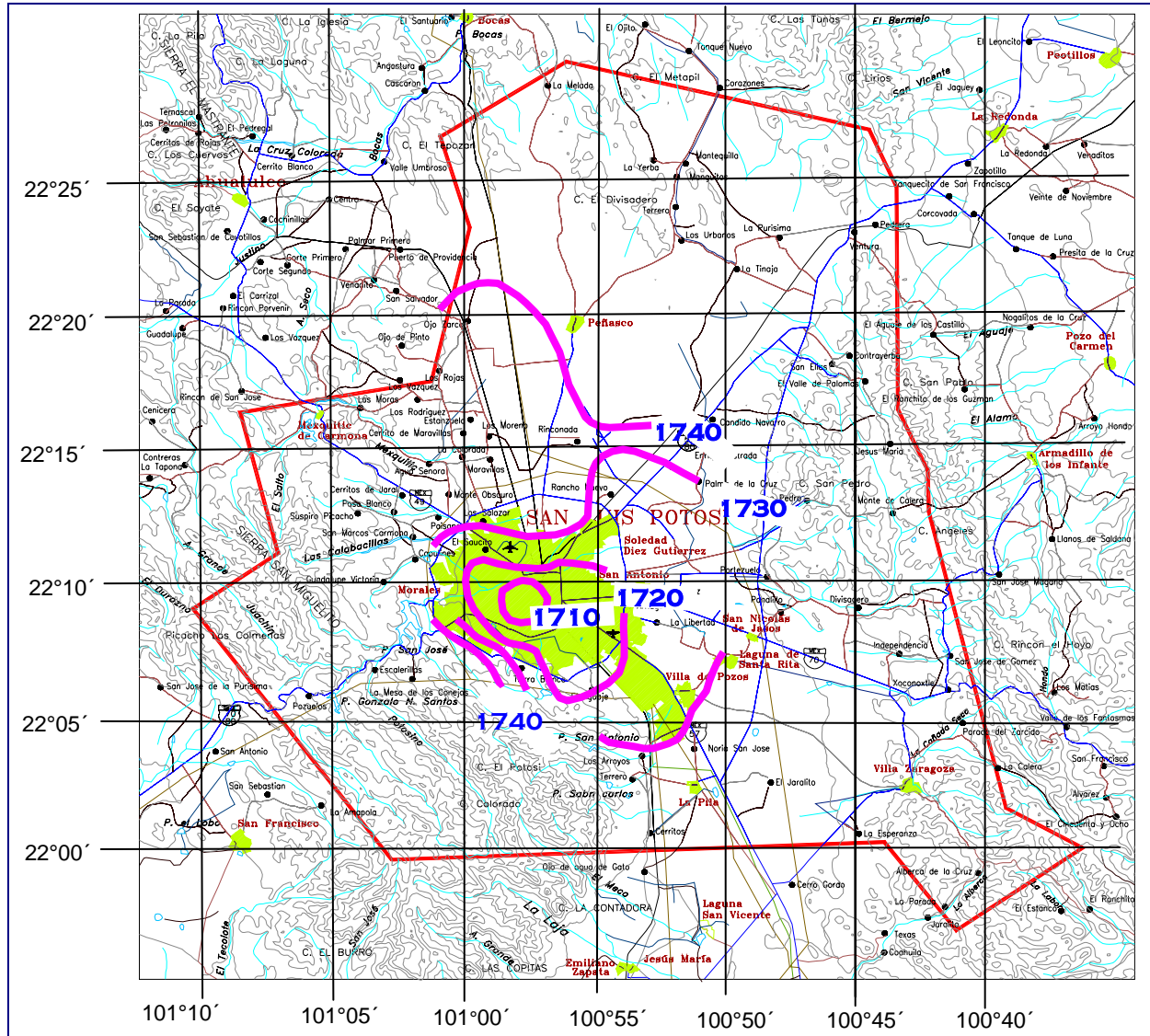


### 5.2.2. Elevación del nivel estático

La red de flujo original se ha distorsionado por completo presentando en la actualidad un patrón de flujo de tipo radial convergente, con líneas de corriente que se dirigen hacia el centro de la mancha urbana. En 2003, de acuerdo con los reportes de CNA, la elevación del nivel estático oscilaba entre 1710 y 1740 msnm, con un gradiente concéntrico hacia la zona de mayor explotación en la zona urbana.



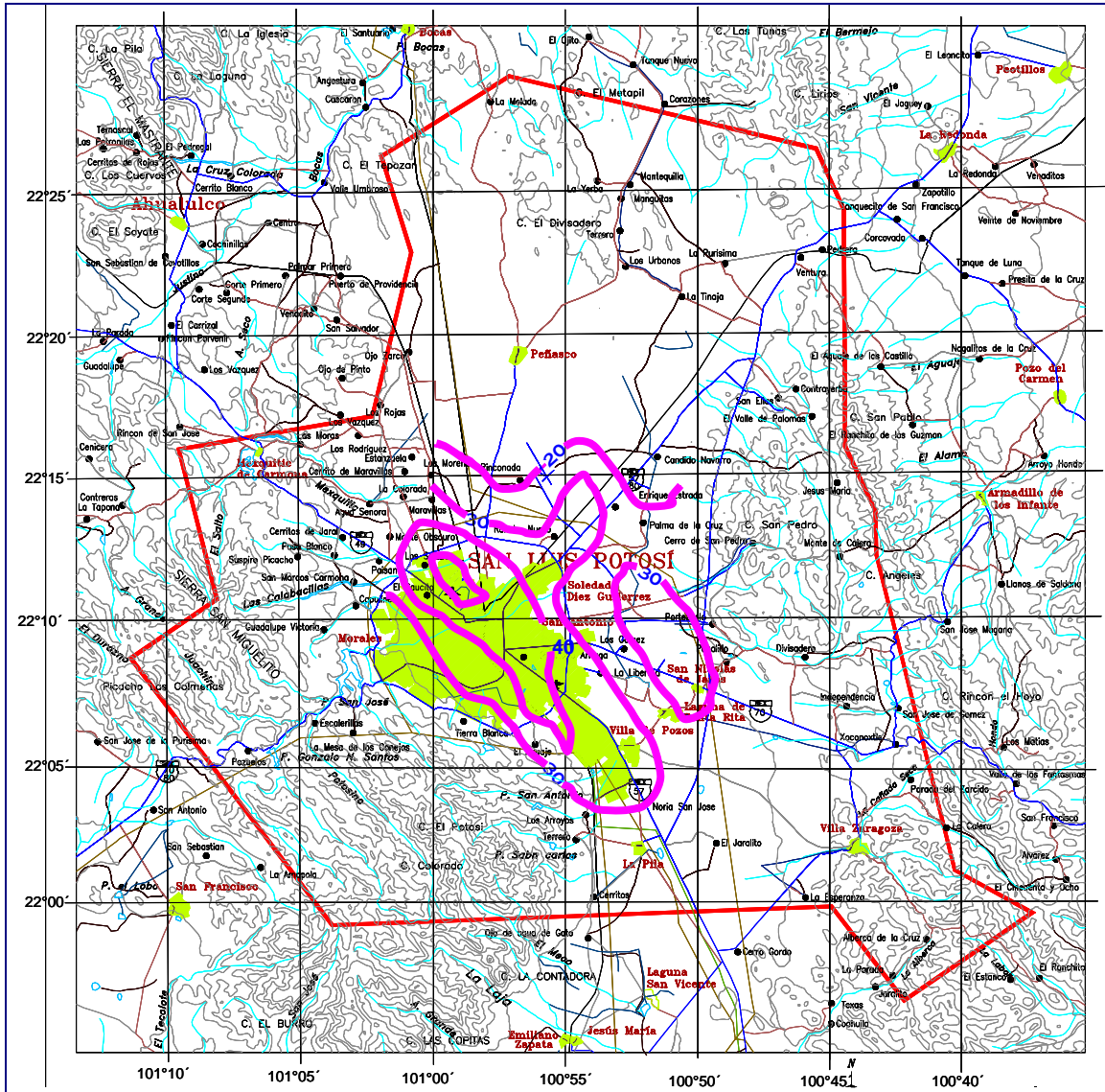
Figura B-1.7 Elevación del Nivel Estático (2003)



### 5.2.3. Evolución del nivel estático

El abatimiento registrado en el nivel estático para el período 1971-2001 varía en el rango de 20 a 50 m. En la zona urbana el abatimiento medio anual llega a los 1.67 m, mientras que en la periferia alcanza valores de 0.67 m por año.

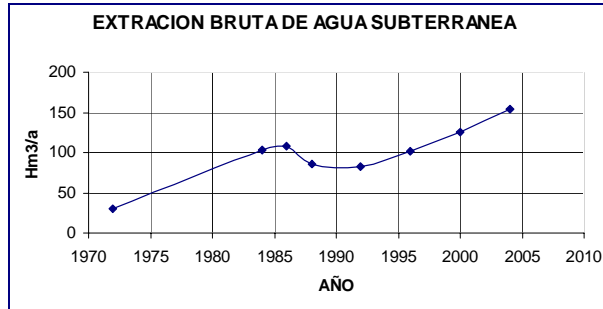
Figura B-1.8 Descenso del Nivel Estático (1971 - 2001)



Mediante la interpretación de estos registros se observa que las reducciones en el espesor del acuífero fluctúan entre 20 y 50 m en las últimas tres décadas, lo que implica la reducción de las reservas acuíferas e incrementos en los costos operativos.

### 5.3 Aprovechamientos e hidrometría

La extracción de agua subterránea en el valle de San Luis Potosí se ha venido incrementando en los últimos años conforme ha crecido la demanda de agua para la población y la industria, tal como se muestra en la **Figura B-1.9**, construida con la información reportada en los diferentes estudios realizados en la zona.

**Figura B-1.9 Comportamiento de la extracción de agua subterránea (1971 - 2004)**

Durante el período 1995-1996 se efectuó la actualización del censo de aprovechamientos de aguas subterráneas, en el que se tuvo particular empeño detallar la información relativa a las obras de captación del acuífero inferior. En total, se registraron 866 aprovechamientos subterráneos, de los cuales 453 fueron pozos y 413 norias; 370 pozos se encuentran activos y 83 inactivos; de las norias 282 fueron activas y 131 inactivas.

Las norias proporcionan gastos entre 1 y 14, con 4 lps en promedio, el área donde se localizan en su mayoría este tipo de obras, es la zona de Soledad de Graciano Sánchez, donde se utilizan para uso agrícola y pecuario. El caudal de los pozos fluctúa entre menos de 4 lps y 85 lps, con 25 lps en promedio, con variaciones notables de producción entre pozos localizados en una misma área, tanto por factores de índole geohidrológica, como de profundidad de penetración y características constructivas.

La cuantificación de los volúmenes de aguas subterráneas extraídos en la actualidad se hizo con base en los censos realizados, las cifras de extracción de agua reportadas a CNA, para uso industrial y de agua potable, y se encuentra distribuida de la siguiente forma:

**Tabla B-1.2 Usos del agua subterránea**

USOS	ACUÍFERO SUPERIOR		ACUÍFERO INFERIOR		TOTAL	
	NO. APROV.	VOL. EXT (Hm³/año)	NO. APROV.	VOL. EXT (Hm³/año)	NO. APROV.	VOL. EXT (Hm³/año)
Publico-urbano	4	0.03	153	98	157	98.0
Agrícola	158	3.6	122	36.2	280	39.8
Industrial	5	0.1	49	12.3	54	12.4
Agroindustrial	3	0.2	1	0	4	0.2
Servicios	30	0.5	30	1.2	60	1.7
Pecuario	22	0.3	12	0.6	34	0.9
Dom-abrevadero	51	0.2	0	0	51	0.2
Múltiples	7	0.2	3	0.2	10	0.4
No especificado	2	0.01	0	0	0	0.01
<b>SUBTOTALES</b>	<b>282</b>	<b>5.1</b>	<b>370</b>	<b>148.5</b>	<b>650</b>	<b>153.6</b>

Como puede apreciarse, el 64% del agua extraída se destina al abasto poblacional, seguido en orden de importancia el uso agrícola (26%), el industrial (8%), servicios (1.1%) y finalmente los demás usos, incluyendo el pecuario y doméstico abrevadero, que en conjunto apenas representan el 1.2%. Es notable, también, que el 96% del volumen total es aportado por el acuífero inferior, y solo un 4% proviene del acuífero superior.

## 6. Balance de aguas subterráneas

Para obtener el balance de aguas subterráneas se aplicó la ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

Donde las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa, por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica.

### 6.1 Recarga

La recarga (entrada) total del acuífero se estima en promedio en 48 hm<sup>3</sup>/año, constituida por la infiltración de agua de lluvia en el valle, con un valor del orden de 12 hm<sup>3</sup>/año, la cual es captada en su mayoría por la unidad acuífera somera y por flujo subterráneo horizontal con aproximadamente 36 hm<sup>3</sup>/año, proveniente de las infiltraciones en las sierras circundantes y que ingresan tanto a la parte somera como a la parte profunda.

### 6.2 Descarga

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales que en condiciones originales presentaba el sistema, y que aún cuando hayan sido modificadas por las condiciones actuales de explotación pudieran existir, más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos. Considerando que el esquema de flujo subterráneo es de manera concéntrica hacia la parte central del valle, se estima que la única salida natural que persiste es por la evapotranspiración en la zona de niveles someros del orden de 8 Hm<sup>3</sup>/año. La extracción bruta de agua subterránea en pozos de bombeo para diferentes usos se ha calculado en 153.5 Hm<sup>3</sup>/año, que involucra una extracción neta (salida) del acuífero de 89 Hm<sup>3</sup>/año, una vez descontados el retorno de riego y la reinfiltración por fugas en los sistemas de abastecimiento publico-urbanos. Lo que resulta en una descarga neta total de 97 Hm<sup>3</sup>/año en todo el acuífero.

### 6.3 Cambio de almacenamiento

Por lo que se refiere al cambio de almacenamiento, éste se calculó a través de las entradas y salidas al sistema conjuntamente con las características del acuífero y la evolución que sufrió en su nivel estático en el período 1971 a 2001, con lo cual se obtuvo un valor de 49 hm<sup>3</sup>/año. La **Tabla B-1.2** muestra el funcionamiento del sistema acuífero o balance de aguas subterráneas realizado con la información antes indicada.

De acuerdo con la **Tabla B-1.3**, a continuación, la descarga neta resulta de 97 hm<sup>3</sup>/año, la recarga natural de 48 hm<sup>3</sup>/año, por lo tanto el minado alcanza la cifra de 49 hm<sup>3</sup>/año, o sea casi la mitad de la extracción neta, lo que provoca un abatimiento del nivel piezométrico del orden de 1.4 m/año en promedio, según las observaciones realizadas entre los años de 1971 y 2001.

**Tabla B-1.3 Funcionamiento del acuífero. Promedio anual en Hm<sup>3</sup>/año\***

Recarga/Extracción	Neta	Bruta
ENTRADAS		
Infiltración lluvia	12	
Flujo subterráneo lateral	36	
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>48</b>	
SALIDAS		
Agrícola bombeo	32	40
Público urbano	41	98
Industrial	12	12
Otros	4	4
Evapotranspiración	8	8
<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>97</b>	<b>162</b>
<b>MINADO</b>	<b>49</b>	

\* Redondeado

## 7. Calidad del agua

*Acuífero somero.* En la cuenca de San Luis Potosí, el agua subterránea del acuífero somero es de tipo cálcico-clorurada-bicarbonatada. Las norias y pozos someros perforados en el noreste de la ciudad de San Luis Potosí presentan una marcada influencia de la contaminación orgánica relacionada con aguas negras de origen municipal e industrial. En algunos casos, las evidencias disponibles sugieren que este impacto también se ha manifestado en el acuífero profundo, aunque a la fecha todavía no repercute en concentraciones (de nitrato o cloruro o metales pesados) que impidan el consumo del agua por la población.

*Acuífero profundo.* Se ha identificado en forma genérica que actualmente existe un impacto negativo en la calidad del agua subterránea extraída del acuífero profundo, efecto que se genera a partir la contaminación presente en el acuífero somero. Otro aspecto importante es el relacionado con las concentraciones de fluoruro presentes en el agua subterránea que se utiliza para consumo de la población. Las evaluaciones y estudios realizados sugieren que este elemento se deriva de la interacción natural entre el agua subterránea y algunas de las formaciones volcánicas existentes en la región, por lo que al tratarse de un contaminante de origen natural cuya fuente está ampliamente distribuida el tratar de extraer agua subterránea con bajas concentraciones es muy complicado.

### 7.1 Termalismo

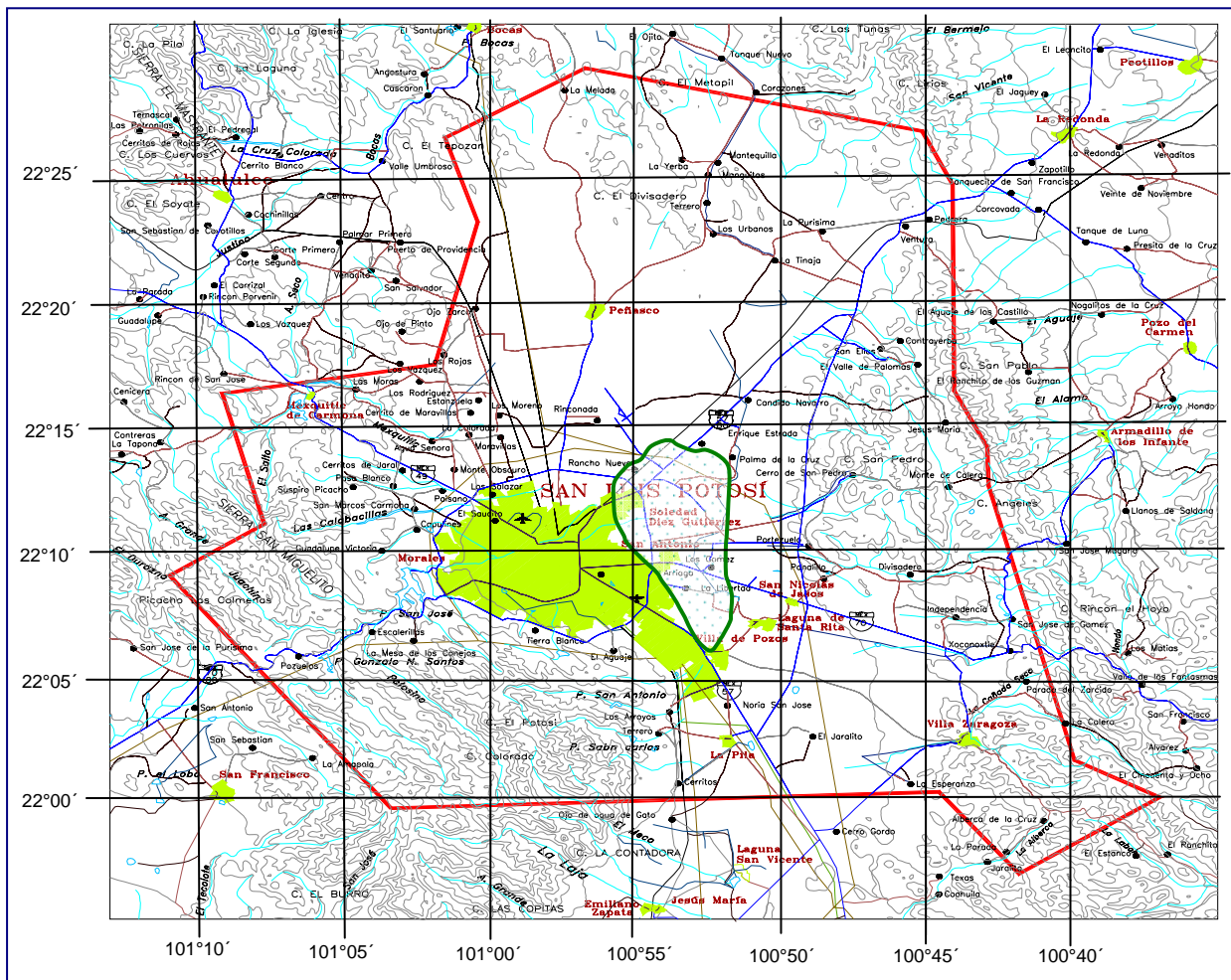
Desde el punto de vista de la química del agua subterránea que se extrae del acuífero profundo, se han diferenciado varios grupos de agua que presentan características muy bien definidas. Un primer grupo corresponde a agua subterránea que circula a través de tobas e ignimbritas (33.8-40.4° C), en la descarga del pozo por lo que se denomina localmente como agua termal, es de tipo Na-HCO<sub>3</sub>, enriquecida en F, Li y B, a finales de los ochenta presentaba 237-300 mg/l de sólidos totales disueltos. En términos de volumen de agua extraído, este tipo de agua representa aproximadamente el 60-70% del total de agua utilizada en la región de San Luis Potosí, números que dan una buena idea de su importancia en el contexto de la región.

## 7.2 Fuentes de contaminación

Los problemas de calidad del agua subterránea somera en San Luis Potosí se deben a que se trata de una cuenca superficial endorreica. Al no tener salida natural, las descargas urbanas (que se incrementaron en forma notable en los últimos 50 años) sin tratamiento, han sido utilizadas para riego agrícola. No existen registros históricos disponibles de calidad del agua subterránea del acuífero somero en los años sesenta para pozos seleccionados, por lo que no es posible definir con claridad su composición original previa a la influencia antropogénica.

De este modo, se ha identificado en forma genérica que actualmente existe un impacto negativo en la calidad del agua subterránea extraída del acuífero profundo, efecto que se genera a partir la contaminación presente en el acuífero somero.

**Figura B-1.10 Zonas con agua subterránea contaminada por la influencia del riego con aguas negras de origen doméstico e industrial**





## B-2 Valle de Jaral de Berrios-Villa de Reyes

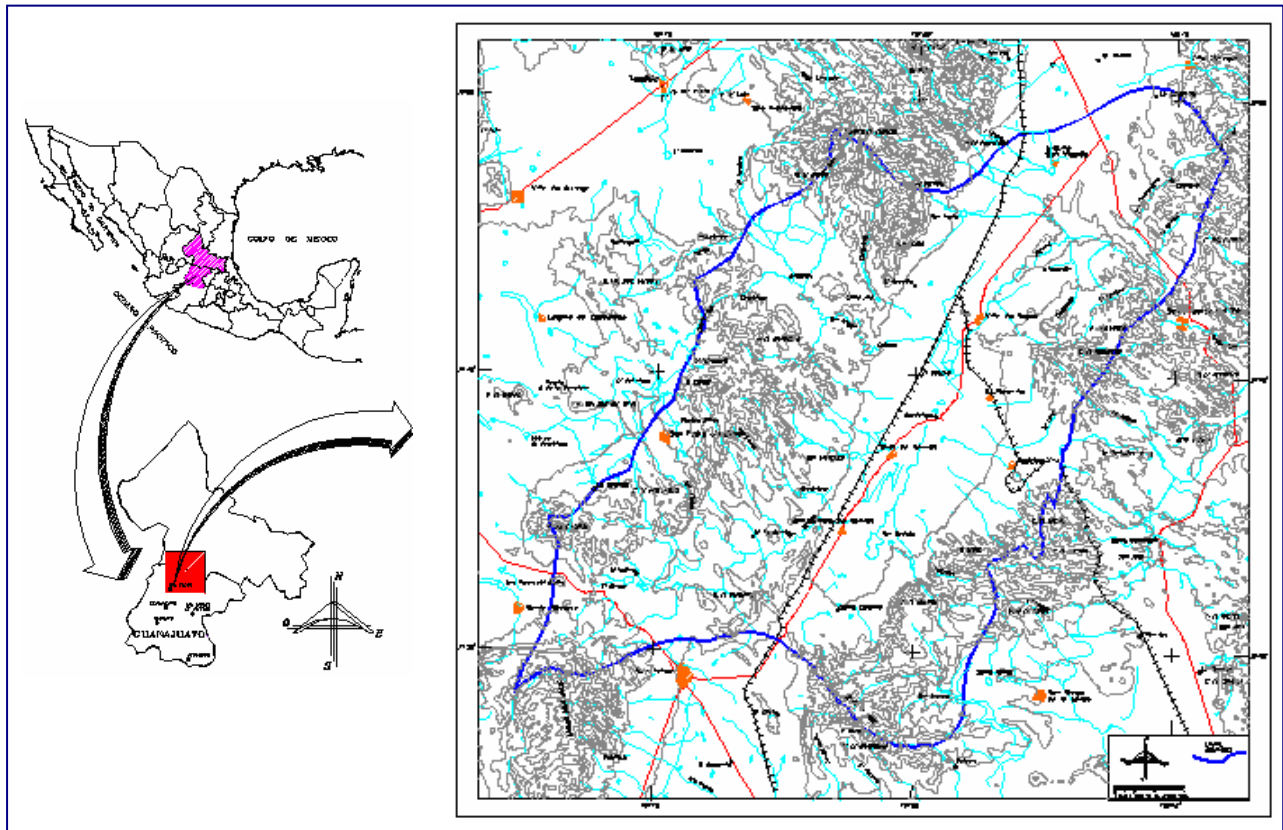
### 1. Generalidades

El acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes se ubica en la porción centro de la República Mexicana, cubriendo el extremo norte del estado de Guanajuato (Jaral de Berrios), y parte suroeste del estado de San Luis Potosí (Villa de Reyes). Por lo tanto, administrativamente es compartido por las dos Entidades Federativas.

El límite nor-oriental lo define la Sierra de San Miguelito, el límite oriental se define por la Sierra de Santa María y el límite sur por la Sierra de San Felipe – San Diego de la Unión. Se localiza entre los paralelos  $21^{\circ} 25'$  y  $21^{\circ} 57'$  de latitud norte y los meridianos  $100^{\circ} 51'$  y  $101^{\circ} 18'$  de longitud oeste (*Figura B-2.1*).

El eje principal del valle tiene una extensión de 91 km con dirección SW-NE, su eje menor tiene un promedio de 45 km. Con una superficie total del acuífero de aproximada  $2\,400\text{ km}^2$ , y un área de valle del orden de  $490\text{ km}^2$ .

**Figura B-2.1** Acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, Gto. y S.L.P.



#### 1.1 División municipal

Los municipios comprendidos en esta área son: San Felipe, Gto. y Villa de Reyes, S.L.P. que se encuentran constituidos por ejidos y rancherías con menos de 15,000 habitantes (*Figura B-2.2*).

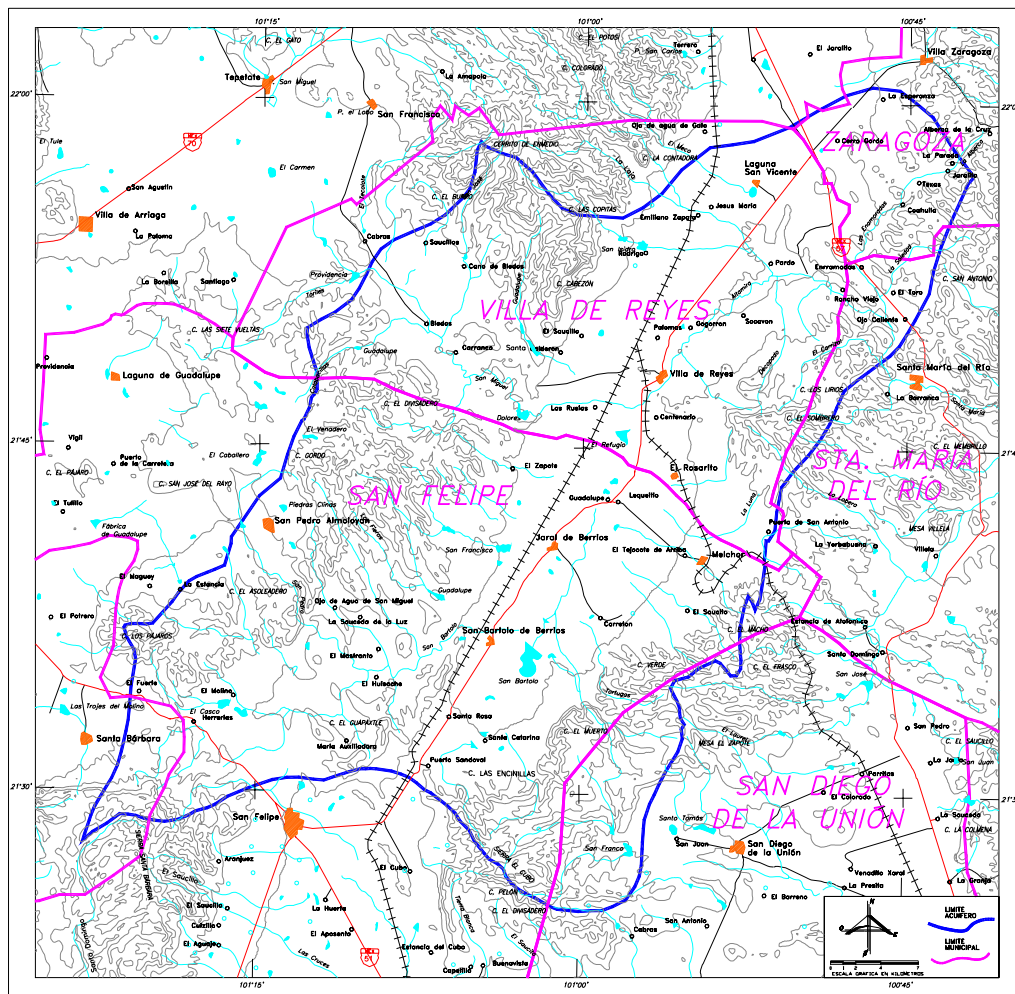


Los principales centros de población dentro del área son las ciudades Villa de Reyes y Santa María del Río en San Luis Potosí y San Bartolo de Berrios, Carretón y Puerto Sandoval en Guanajuato. Estos dos municipios presentaban una población de 142,000 habitantes en el año 2000 y según CONAPO para el año 2010 en la región la población ascenderá a unos 145,000 habitantes, por lo tanto presente una tasa de crecimiento baja.

**Tabla B-2.1 Población municipal**

Estado	Municipio	2000	2010	2020
GTO	San Felipe	98,765	100,726	99,014
SLP	Villa de Reyes	41,251	41,920	41,375
TOTAL		142,016	144,651	142,399

**Figura B-2.2 Acuífero de Jaral de Berrios, Gto.-Villa de Reyes SLP.**



Respecto al desarrollo económico, la región de Jaral de Berrios, tiende a ser baja; por un lado debido a que no cuenta con buenos recursos naturales, entre ellos la baja disponibilidad del recurso hídrico, y por otro lado la alta diseminación de su población, lo cual ha provocado, entre otros efectos negativos, la escasez de áreas de trabajo que da lugar a fenómenos de migración

hacia las grandes ciudades y otros polos de mejores economías, en busca de mayores oportunidades de crecimiento y desarrollo.

La actividad económica de la zona se basa en actividades agropecuarias, siendo las de mayor importancia la producción de carne de bovino, ovino, caprino, avícola y leche. En el contexto agrícola existe un alto porcentaje de cultivos de temporal, siendo los principales: frijol, maíz y otros.

## **2. Marco Físico**

### **2.1 Clima**

La mayor parte del clima de la región donde se localiza el acuífero de Jaral de Berrios, de acuerdo a la clasificación de Wilhem Köppen es de tipo BS<sub>1</sub>kw denominados Semisecos, subtipo semisecos templados; y en menor proporción y hacia la parte central de la zona de estudio e inmediaciones del límite de los estados de Guanajuato y de San Luis Potosí, el clima es de tipo BS<sub>0</sub>hw que corresponde a los climas secos, subtipo secos semicálidos; hacia los alrededores del poblado de Jaral de Berrios, el clima es de tipo BS<sub>0</sub>kw, denominados secos, subtipo secos templados; todos estos climas presentan lluvias de verano y un porcentaje de precipitación invernal entre 5 y 10 %.

La precipitación media anual en el área de estudio es del orden de 435 mm/año. La temporada de lluvias se presenta durante el período marzo-octubre, ocurriendo las mayores precipitaciones entre junio y septiembre, con máximas en el mes de julio, mientras que el estiaje se presenta de noviembre a abril.

En enero en promedio la temperatura asciende un poco mas de 10 °C, en tanto que en junio los valores son ligeramente mayores a los 18 °C. La temperatura media anual es de 16 °C, obtenida de las medias anuales correspondientes al período 1960 a 1997.

De acuerdo a las observaciones realizadas de evaporación potencial, en términos generales, y de acuerdo a las mediciones realizadas entre 1963-1996, se ha estimado una evaporación potencial media anual de 1,950 mm.

### **2.2 Hidrografía**

El acuífero en estudio se localiza en la Región Hidrológica 26 (Pánuco), y en la porción suroeste de la cuenca del río Tamuín. Las corrientes principales que drenan el área corresponden al río San Bartolo en la porción de Guanajuato, y el río Altamira, que posteriormente se nombra río Santa María en la porción de San Luis Potosí, ambos con régimen intermitente.

El principal eje hidrográfico en la porción de Guanajuato lo conforma el río San Bartolo, que nace en las estribaciones del cerro Peña Amarilla, continuando hacia la presa Chirimoya, que constituye el aprovechamiento superficial de mayor importancia, y sigue con dirección a la expresa de San Bartolo. Las corrientes secundarias que drenan esta zona son afluentes del río San Bartolo.

En la porción de San Luis Potosí la principal red hidrográfica se encuentra representada por el río Altamira, que corre en dirección noreste y continúa su trayecto hacia Villa de Reyes, en donde cambia su dirección; es en ésta zona donde nace el río Santa María, el cual corre hacia el sureste de la zona hasta salir de ella y convertirse en tributario del Pánuco. Dentro del área de estudio se encuentran varias presas antiguas, que en su mayoría se encuentran azolvadas. La presa Chirimoya o San Bartolo, localizada aproximadamente 4 km al poniente del poblado de San Bartolo de Berrios; fue construida entre 1975 y 1977, con capacidad de 5.5 hm<sup>3</sup>, longitud de cortina de 60 m. y altura de cortina de 43 m, regando una superficie de 750 ha que benefician a los ejidos de Chirimoya, Santa Rosa, San Bartolo de Berrios y Lequeitio. El caudal del canal principal es de 1 200 l/s.

## **2.3 Condiciones hidrogeológicas**

### *2.3.1 Fisiografía*

El área de estudio se encuentra comprendida dentro de la provincia fisiográfica Mesa del Centro (INEGI, 1982), y de la subprovincia Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato. La provincia de la Mesa del Centro se sitúa a 1 900 msnm., en promedio, y se encuentra limitada por las dos grandes sierras de México en sus flancos: la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, y por el Cinturón Volcánico Mexicano en el sur. En general presenta sierras dispersas de naturaleza volcánica alternando con amplias llanuras.

El área de estudio también se localiza en la porción sur de la subprovincia de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato caracterizada por un terreno moderadamente montañoso, con un amplio valle en la porción central, limitado por dos sierras compuestas por rocas volcánicas del tipo riolitas, tobas riolíticas, latitas, traquitas y basaltos de edades que van del Oligoceno al Mioceno y Plio-Pleistoceno.

Los elementos geomorfológicos principales están definidos por sierras de grandes altitudes y pendientes abruptas, orientadas NE-SW, delimitando un valle para conformar un graben. Estas unidades pueden ser agrupadas y descritas de la siguiente forma:

Valles: los más importantes dentro del área son: Villa de Reyes con una pendiente suave, con elevación máxima de 1 900 msnm. y anchura de 15 km, limitado por sierras de topografía abrupta conformada por materiales de composición ácida; y el valle de Jaral de Berrios con una forma angosta y alargada, localizado en la porción sur del área estudiada, con una anchura aproximada de 15-20 km y elevación máxima de 1 990 msnm. Ambos se encuentran limitados por la Sierra San Miguelito hacia el noroeste y por rocas ácidas de relieve abrupto hacia el sureste, presentando una orientación preferencial en dirección noreste.

Sierras: estos elementos orográficos forman parte de un sistema montañoso denominado Sistema Montañoso de San Luis Potosí, que inicia en Villa de Reyes y toma diferentes denominaciones según la zona. Los elementos principales son: sierra de San Miguelito hacia el Noroeste del área, cuyas elevaciones máximas alcanzan los 2 800 msnm y se encuentra constituida principalmente por rocas volcánicas de composición ácida (ignimbritas y riolitas); sierra de Santa María, formada por un conjunto de cerros hacia el oriente de Jaral de Berrios y extendiéndose hacia el noreste del área, compuesta por rocas riolíticas con pendientes moderadas de altitud máxima de 2 500 msnm

Mesetas: formando parte de la zona de sierras, el extremo oeste presenta un gran número de mesetas, de las cuales las más significativas son: mesa El Corral Calso, mesa San José y mesa San Roque, con 2 700 msnm, ligera inclinación al sur y constitución litológica principal de riolitas.

La zona de estudio pertenece a la Mesa Central y se encuentra incluida dentro del graben Villa de Reyes, que ha actuado como receptáculo de secuencias fluviales y lacustres, así como de piroclásticos y flujos de ceniza. El graben se produjo en rocas volcánicas terciarias de composición principalmente riolítica, que afloran en las sierras que limitan al valle y que han sido detectadas también en el subsuelo del valle a profundidades aproximadas de 200 a 300 m.

El valle de Jaral de Berrios se localiza dentro de una estructura geológica de características regionales denominada graben de Jaral-Villa de Reyes. Esta estructura es el resultado de una tectónica distensiva que prevaleció en las postrimerías del Oligoceno, en el sector de la Mesa Central. Se encuentran grandes fallas que dan origen al graben y que presentan una orientación NNE-SSW, reflejándose en el campo como numerosos escarpes en la dirección mencionada. Se encuentran también fallas y fracturas de menores dimensiones que afectan a las rocas volcánicas que afloran en las sierras que circundan al valle.

Existe otro graben que se extiende en dirección NW-SE, el cual corta al valle de Jaral a la altura de la presa El Refugio y el poblado de Jaral de Berrios. Las fallas de este graben se continúan en dirección NW rumbo al valle de Bledos, así como al SE del poblado de Melchor. Fallas paralelas a los dos sistemas mencionados se encuentran a dos km al norte de El Saucillo, y a cuatro km al sur de la Laguna San Vicente. Las rocas volcánicas que forman las elevaciones topográficas presentan un gran número de fracturas, encontrándose en mayor proporción en la zona ubicada al oeste de Jaral de Berrios. Este fracturamiento presenta relación con las zonas de relativa buena conductividad hidráulica en las rocas volcánicas.

### **3. Hidrología Subterránea**

#### **3.1 El acuífero**

Desde el punto de vista estratigráfico el acuífero está emplazado en dos secuencias litológicas diferenciadas por su porosidad, es decir, en un medio intergranular de permeabilidad primaria y un medio fracturado de permeabilidad secundaria, característica estrechamente relacionada a la génesis de las rocas. De esta manera, en la mayor parte de la secuencia volcánica el movimiento del agua subterránea se efectúa a través de un medio fracturado, en donde la excepción la constituye la fracción de tobas arenosas, materiales que presentan porosidad tanto intergranular como por fracturamiento. Por otra parte, los materiales de origen sedimentario de facies fluviales permiten que la circulación del agua subterránea se manifiesta a través de un medio poroso (<sup>1</sup>).

La distribución e interrelación de las diferentes unidades litológicas tipificadas dentro de los medios poroso y fracturado establecen las condiciones del movimiento del agua subterránea

---

<sup>1</sup> CNA. Determinación de la disponibilidad de agua en el acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, estados de Guanajuato y San Luis Potosí. 2000.

dentro del área de estudio. De tal forma, la heterogeneidad lateral y vertical de los materiales configuran una serie de cuerpos de geometría lenticular con diferentes porcentajes de porosidad efectiva, y de permeabilidad. Asimismo, estas diferencias en la litología provocan cambios locales del sistema acuífero libre heterogéneo regional, a semiconfinado y confinado. El comportamiento generalizado del sistema acuífero es del tipo libre heterogéneo, en donde existe conductividad hidráulica entre los medios poroso y fracturado.

De acuerdo con la constitución del acuífero puede ser descrito en dos partes definidas en sentido vertical. La parte superior se ubica en una superficie de unos 60 km<sup>2</sup>, localizada en la margen izquierda del Río Altamira. Es un acuífero colgado, libre y alojado en el relleno aluvial del graben, con un espesor saturado entre 5 y 25 m. Dado que el nivel estático se encuentra entre 0.5 y 6 m de profundidad, la explotación se hace a través de norias y una galería filtrante, mediante tracción manual cuando se trata de usos domésticos y en una menor proporción en forma mecánica, para el riego de pequeñas parcelas destinadas al autoconsumo.

La parte inferior del acuífero se encuentra constituida por depósitos aluviales, lacustres, piroclásticos y rocas volcánicas fracturadas, dentro de una fosa tectónica. Los espesores varían entre 200 y 450 m, los niveles piezométricos se encuentran entre 40 y 120 m de profundidad y los caudales extraídos varían entre 15 y 90 l/s.

### **3.2 Niveles del agua subterránea**

En el área de estudio se presentan niveles estáticos someros y profundos, los primeros se observan a través de obras subterráneas someras existentes en esta región como las norias, estos niveles se asocian principalmente con materiales granulares, pertenecientes a los depósitos aluviales del valle de Jaral de Berrios, asimismo, las obras someras generalmente se ubican en áreas adyacentes a cuerpos de agua superficial como ríos y lagunas, los cuales probablemente lleguen a recargar la zona somera del acuífero cuyas niveles se observan desde valores cercanos a 1 m a 13 m; los más superficiales se manifiestan en las inmediaciones de Puerto Sandoval y áreas cercanas a la Laguna San Vicente, mientras que niveles del orden de 10 m se encuentran al norponiente del ejido El Zapote, en el poblado de Alberto Carrera, zonas adyacentes a Villa de Reyes, Emiliano Zapata y Pardo.

Los niveles estáticos profundos, se observan en pozos que explotan el acuífero a profundidades que llegan a ser mayores de 200 m los cuales atraviesan materiales ígneos. De acuerdo con la distribución de niveles piezométricos, se observa que en la zona de recarga generalmente el nivel del agua se profundiza en tanto que en las zonas de descarga el nivel estático disminuye.

Las zonas de recarga están representadas por las cadenas montañosas existentes tanto al norponiente como al suroriente del área de estudio, mientras que la zona de descarga se relacionan con el valle de Jaral de Berrios. En estudios realizados de este acuífero se indica una relación entre los niveles piezométricos más profundos y las coladas de roca volcánica que se profundizan en la parte central del valle, y que por fracturamiento de esas rocas permite un flujo profundo, dicha situación es probable que obedezca a con el sistema de flujo regional.

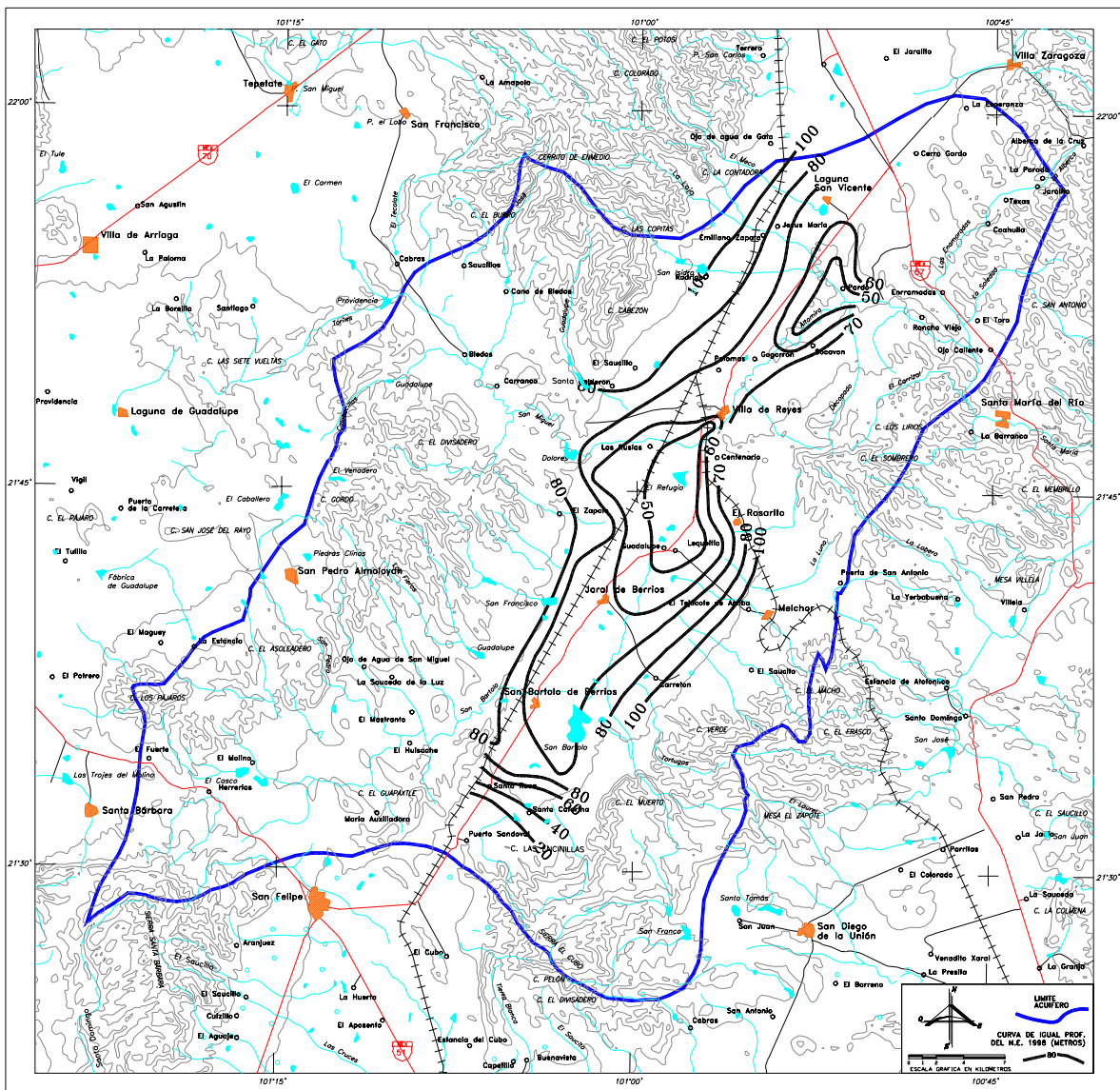
En general el flujo subterráneo presenta una dirección que va de las zonas de recarga hacia la parte central del valle, para posteriormente escurrir con un sentido preferencial hacia el noreste, sin embargo dicho flujo se ha alterado por la intensa explotación del acuífero, de manera que se

han generado áreas donde los flujos de agua subterránea convergen para formar conos de abatimiento como el que se localiza en la parte noreste del acuífero, entre Villa de Reyes y la laguna San Vicente.

### 3.2.1 Profundidad del nivel estático

La **Figura B-2.3** muestra las curvas de igual profundidad del nivel estático para el período noviembre-diciembre de 1998; en ella se observa que los niveles estáticos que presentan las menores profundidades y del orden de 20 a 40 m se localizan en la parte sur del acuífero en los alrededores del poblado de Santa Catalina, valores de 50 m se manifiestan al sur de la Laguna de San Vicente, así como en los alrededores de la presa El Refugio y profundidades del orden de 50 a 60 m se encuentran hacia las partes más bajas del valle. En general, la profundidad de los niveles estáticos en la parte central del valle se pueden considerar en promedio con un valor de 70 m, profundizándose hasta alcanzar valores de 100 m hacia las partes bajas de las sierras que circundan al valle.

**Figura B-2.3 Profundidad del nivel estático 1998 en m**

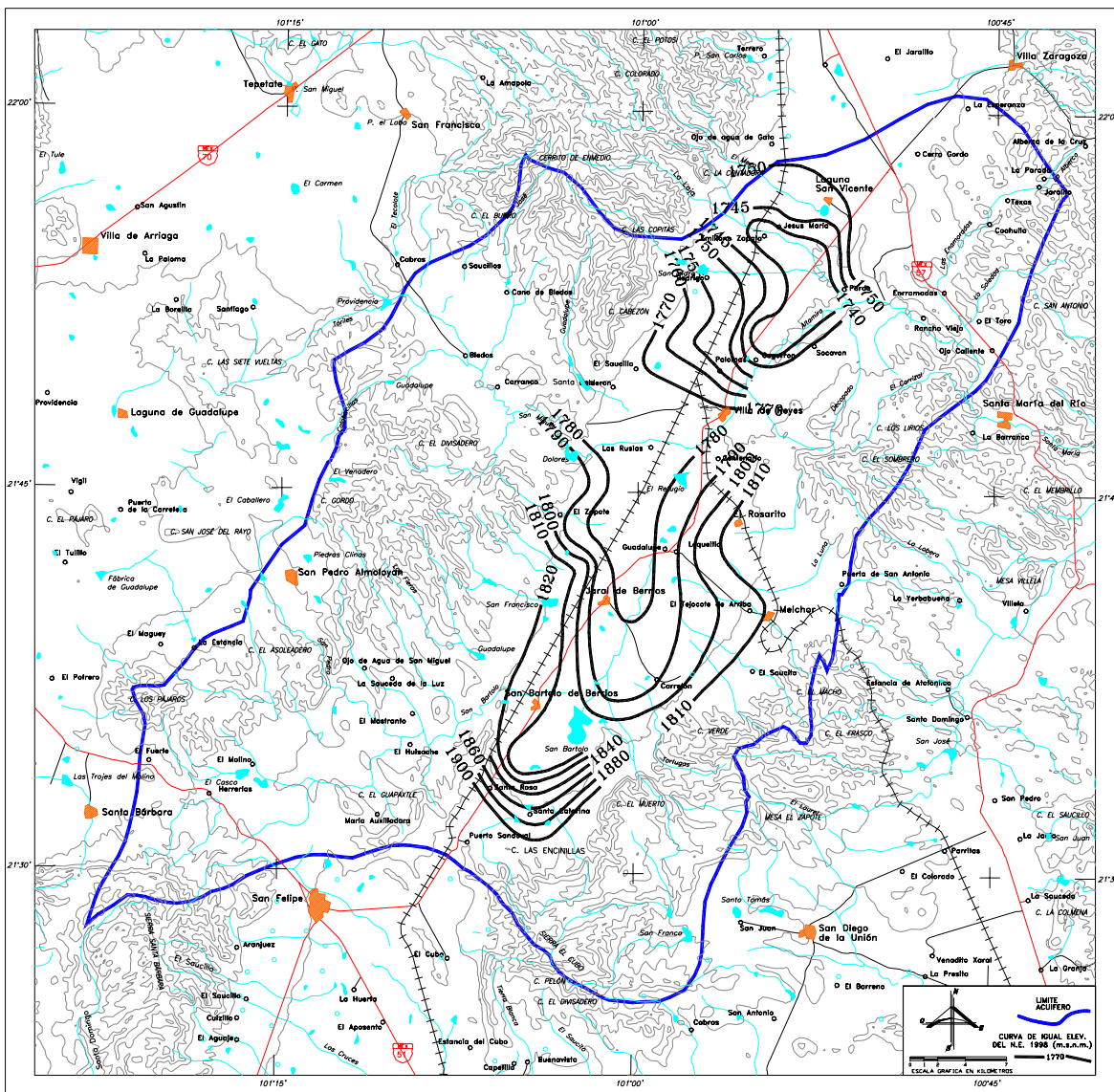


### 3.2.2 Elevación del nivel estático

De acuerdo con la configuración del nivel estático mostrada en la **Figura B-2.4**, el flujo preferencial del agua subterránea es en el sentido de suroeste- noreste. Las elevaciones mayores del nivel estático se ubican al sur del valle con un valor del orden de 1 900 msnm., que descienden gradualmente en dirección hacia el noreste del acuífero, particularmente en la zona del valle; hasta alcanzar valores de 1 740 msnm en la zona norte del acuífero, donde se ha formado un cono de abatimiento piezométrico provocado por el intenso bombeo de agua subterránea; por la formación de este cono en el área de valle, el flujo subterráneo, que en un principio debió salir por el límite norte del acuífero, prácticamente se ha eliminado.

Asimismo, se observa que existe una recarga del acuífero que proviene en parte importante de las sierras que circundan al valle.

**Figura B-2.4 Elevación del nivel estático, 1998 en msnm**

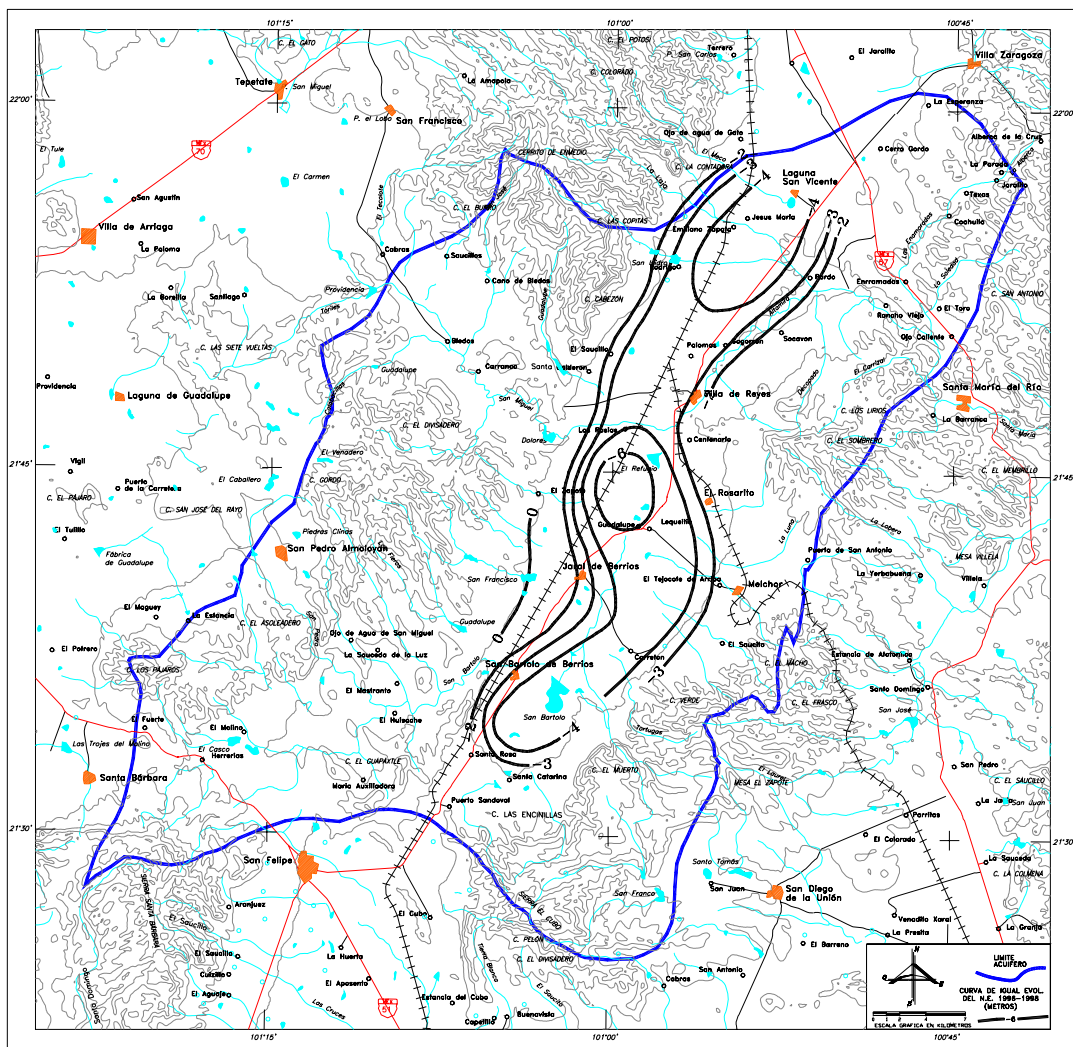


### 3.2.3 Evolución del nivel estático

En general, cuando se presenta en el tiempo una tendencia generalizada de los descensos de los niveles estáticos de un acuífero, se debe a que el almacenamiento sufre un minado debido a un desequilibrio entre las entradas y salidas al sistema, es decir, las recargas son menores que las salidas de agua subterránea, que en el caso del acuífero de Jaral de Berrios, corresponden principalmente al intenso bombeo de agua subterránea que se realiza en ese sistema.

De información del acuífero de Jaral de Berrios correspondiente al período 1986-1995 se han observado abatimientos anuales de los niveles estáticos con un valor promedio de  $-1.4$  m, con algunos máximos del orden de  $-2.7$  m/año como los detectados en las cercanías de la central termoeléctrica existente en esa zona. De acuerdo a la **Figura B-2.5** de curvas de igual evolución del nivel estático 1996-1998 muestra que el acuífero en estudio presentó abatimientos de hasta  $-6.0$  m al suroeste de la Presa El Refugio y que los valores promedio que se manifiestan en forma genérica en el acuífero oscilaron entre  $-3.0$  y  $-4.0$  m, para ese período, es decir, los abatimientos anuales son del orden de  $-1.5$  a  $-2.0$  m/año con máximos de  $-3.0$  m/año, existiendo valores de  $-1.0$  m/año y menores hacia las zonas altas que delimitan el valle.

**Figura B-2.5 Evolución nivel estático m 1996-1998**





### 3.3 Aprovechamientos e hidrometría

Con base al estudio realizado por Lesser 1999 <sup>(2)</sup>, se tiene que el acuífero presenta 637 aprovechamientos de los cuales 417 corresponden a pozos, 207 a norias y 13 manantiales. De estos 637 aprovechamientos, 447 se utilizan en la agricultura, 59 se destinan al agua potable de las comunidades, 15 se utilizan en el sector agropecuario, 21 son de uso industrial y 95 se encuentran fuera de uso.

La extracción total de agua subterránea en este acuífero esta estimada a 212 hm<sup>3</sup>/año. Para el uso agrícola se destinan aproximadamente 190 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales el 60% se localiza en la porción del estado de Guanajuato. Como se observa, el principal uso es agrícola ya que representa el 89.6 % del agua extraída.

Para el uso público urbano se destina un volumen de 7 hm<sup>3</sup>/año que representa aproximadamente el 3.3% de la extracción total, para el uso industrial se emplean 14 hm<sup>3</sup>/año que corresponde al 6.6 % del total, gran parte de este volumen de agua es utilizado en la Termoeléctrica y la productora de papel (PRONAPE, S.A. de C.V.) situadas en Villa de Reyes, San Luis Potosí, y para otros usos se destinan 1 hm<sup>3</sup>/año.

## 4. Balance de aguas subterráneas

Para obtener el balance de aguas subterráneas se aplicó la ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E)} - \text{Salidas (S)} = \text{Cambio de almacenamiento}$$

Donde las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa, por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica.

### 4.1 Recarga

La recarga (entrada) total del acuífero se estima en promedio en 103 hm<sup>3</sup>/año, constituida principalmente por la infiltración de agua de lluvia con un valor del orden de 17 hm<sup>3</sup>/año y por flujo subterráneo horizontal con aproximadamente 86 hm<sup>3</sup>/año, lo cual hace un total de 103 hm<sup>3</sup>/año.

### 4.2 Descarga

Las salidas del sistema acuífero están integradas por las descargas naturales que en condiciones originales presentaba el sistema, y que aún cuando hayan sido modificadas por las condiciones actuales de explotación pudieran existir, más las descargas artificiales por efecto del bombeo en los pozos. Considerando que el esquema de flujo subterráneo es de manera concéntrica hacia la parte central del valle, se estima que no existen otras salidas más que la ocasionada por el bombeo. La extracción bruta de agua subterránea en pozos de bombeo para diferentes usos se ha calculado en 213 hm<sup>3</sup>/año, que involucra una extracción neta (salida) del acuífero de 150 hm<sup>3</sup>/año, una vez descontados el retorno de riego y la reinfiltración por fugas en los sistemas de abastecimiento publico-urbanos.

<sup>2</sup> CNA. Estudio geohidrológico y modelo matemático del acuífero de Jaral de Berrios, Gto. Lesser y Asociados, S.A. de C.V., 1999.

### 4.3 Cambio de almacenamiento

Por lo que se refiere al cambio de almacenamiento, éste se calculó a través de las entradas y salidas al sistema conjuntamente con las características del acuífero y la evolución que sufrió en su nivel estático en el período 1996 a 1998, con lo cual se obtuvo un valor de 47 hm<sup>3</sup>/año. La **Tabla B-2.2** muestra el funcionamiento del sistema acuífero o balance de aguas subterráneas realizado con la información antes indicada.

**Tabla B-2.2 Funcionamiento del acuífero. Promedio anual en hm<sup>3</sup>/año\***

Recarga/Extracción	Neta	Bruta
ENTRADAS		
Infiltración lluvia	17	
Flujo subterráneo lateral	86	
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>103</b>	
Agrícola bombeo	130	190
Público urbano	5	7
Industrial	14	14
Otros	1	1
<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>150</b>	<b>212</b>
<b>MINADO</b>	<b>47</b>	

\* Redondeado

De acuerdo con la anterior, la extracción neta resulta de 150 hm<sup>3</sup>/año, la recarga natural de 103 hm<sup>3</sup>/año, por lo tanto el minado alcanza la cifra de 47 hm<sup>3</sup>/año, o sea casi la tercera parte de la extracción neta, lo que provoca un abatimiento del nivel piezométrico del orden de unos 2 m/año en promedio, según las observaciones realizadas entre los años de 1996 y 1998.



## B-3 Valle de Arista

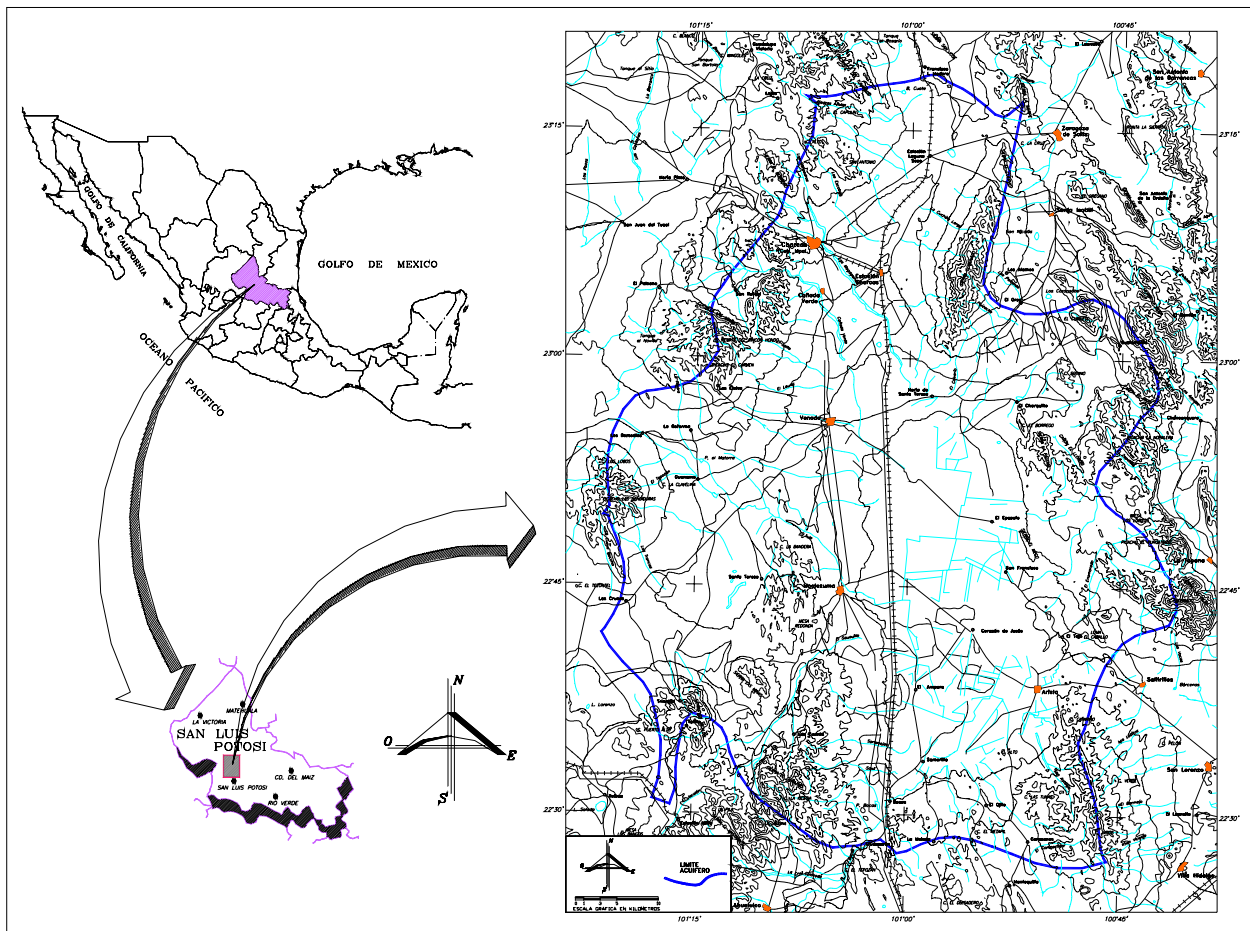
### 1. Generalidades

#### 1.1 Localización, extensión y acceso

La cuenca hidrológica que contiene a la zona geohidrológica de Villa de Arista, ocupa la porción centro-occidental del estado de San Luis Potosí, en el centro del Altiplano Potosino, con una extensión del orden de los 4,360 km<sup>2</sup>.

La zona se encuentra bien comunicada, por la zona de estudio pasa la carretera federal No. 57, tramo San Luis Potosí–Matehuala, a la altura del km 60, y a la izquierda hay una desviación de una carretera estatal que une a los poblados de Villa de Arista, Moctezuma y que cruza el área de estudio de NW a SW. La carretera federal No. 48, tramo San Luis Potosí–Zacatecas, a la altura del km 31 se advierte una desviación a la derecha que va al poblado de Charcas, pasando por Ahualulco, Moctezuma y Venados. Además, el ferrocarril México–Laredo también cruza la zona de estudio de norte a sur.

**Figura B-3.1 Localización del Valle de Arista**



## 1.2 División Municipal

El acuífero Villa de Arista abarca los municipios de Villa de Arista, Moctezuma, Charcas y Venado.

## 1.3 Población y actividad económica

La base económica de las poblaciones, ejidos y colonias enclavadas en la región está regida en primer término por la agricultura y enseguida por la ganadería. En lo que respecta a la agricultura destacan en orden de importancia la explotación de productos tales como maíz, frijón, tomate, alfalfa, chile, trigo y hortalizas. Por lo que toca a la ganadería, las principales especies que se crían corresponden a caprinos, lanar, porcino, bovino, vacuno y caballar. Por último, en la zona de Charcas la principal actividad es la minería

## 2. Marco Físico

### 2.1 Fisiografía

Fisiográficamente el área de estudio se emplaza en la Provincia de Sierras Bajas de la Sierra Madre Oriental, según la clasificación hecha por Raisz en 1959. La mayor elevación topográfica de 2,600 msnm corresponde a la sierra de Coronado. Los valles en la porción norte tienen altitudes desde 2,100 hasta 1,800 msnm a la altura de Venado, la menor elevación de 1,650 msnm se registra en la zona de Guardarraya, al noreste del poblado Villa de Arista.

La cuenca queda limitada al poniente por las sierras del Escalón y Guanamé, al norte por la Laguna Seca, al oriente por las sierras de Coronado y Rincón de Leijas y al sur por el alto La Melada.

### 2.2 Geomorfología

En términos generales, la descripción geomorfológica del área de estudio se puede resumir en un complejo de rocas tanto sedimentarias como metamórficas e ígneas, en un ciclo geomorfológico que oscila entre juvenil avanzada a madurez temprana; el drenaje es variable de acuerdo a sus tipos de rocas.

En la parte media septentrional del área de estudio, en el poblado de Moctezuma, se encuentra un conjunto de serranías formadas principalmente por rocas sedimentarias marinas de edad cretácica, muy plegadas, con una orientación NW-SE, con una topografía de contornos suaves que da como resultado un ciclo de erosión avanzada, con una variación del relieve que oscila en sus puntos más bajos entre 1700 msnm y 2250 msnm en los puntos más altos; presenta en esta parte un drenaje típico de enrejado el cual sólo lleva agua en épocas de lluvia, de la cual mucha se pierde por la gran infiltración y evaporación que se exhibe en esta zona. En la porción media austral del poblado se encuentran algunas series de rocas ígneas extrusivas de edad terciaria, cuya estratigrafía demuestra que descansan discordantemente con las sedimentarias, exhibiendo una topografía abrupta con un drenaje de carácter rectangular y con un desagüe hacia Villa de Arista. Más al sur del área, en el municipio de Ahualulco, se encuentra otro paquete de rocas félsicas terciarias las cuales forman parte de una provincia geológica, de espesores muy variables que van de 150 a 200 m. En la parte SE de Villa de Arista se encuentra la sierra de Rincón de Leijas, que es la prolongación hacia el norte de la sierra El Coro, formando entre ambas el anticlinorio de La

Luz, el cual se encuentra representado por una serie de anticlinales y sinclinales cuyos ejes están orientados NW-SE. Estas rocas sedimentarias de edad mesozoica se encuentran fuertemente plegadas, el relieve que se observa en Rincón de Leijas tiene unos 1600 msnm y al sur de Villa de Arista, las elevaciones son de 2000 a 2150 msnm en el vértice de triangulación geodésica El Ojito, al este del cerro de las Tunas. En la sierra de las Pilas se puede observar el anticlinorio La Taponá, el cual tiene una disposición paralela al anterior y está formado por rocas cretácicas de la formación El Doctor, con sus anticlinales y sinclinales fallados. Es precisamente en esta región, en el cerro El Borrado, donde se presenta la mayor expresión topográfica del área con alturas hasta de 2450 msnm; estas montañas están fuertemente erosionadas con una morfología arredondada y pendientes de ligeras a abruptas, presentando en su base grandes abanicos aluviales formados por sedimentos de montaña circundante. Su drenaje en esta parte de la región es de tipo dentrítico intermitente, no llegando al valle de modo superficial por la infiltración. Estas sierras llegan a formar largas cañadas como el cañón de San Antonio, El Ojito, cañón de Las Minas y de las Ánimas. Al norte y sureste de esta zona se pueden observar algunos aparatos volcánicos y derrames lávicos de composición basáltica formando mesetas bien definidas, sobre todo al oriente del anticlinorio La Luz.

### **2.3 Geología**

El valle de Villa de Arista es una fosa tectónica formada por el mismo tren estructural que dio origen a las fosas de los valles de San Luis y Villa de Reyes. Esta fosa se encuentra bordeada, excepto en su porción austral, por anticlinorios conformados por rocas sedimentarias de origen continental y marino de edades Triásico Superior a Cretácico, que fueron depositados en el elemento paleogeográfico denominado cuenca mesozoica situada al occidente de la Plataforma Valles-San Luis. Las estructuras siguen una orientación preferencial N-S, y geomorfológicamente se encuentra en una etapa erosiva juvenil-avanzada.

Hacia el sur, las rocas cretácicas marinas se hallan cubiertas discordantemente por paquetes de rocas ígneas extrusivas terciarias de composición ácida a intermedia, cuya fuente se localiza hacia el sur del área de estudio. Existen también derrames basálticos de poco espesor en las inmediaciones de Moctezuma y Villa de Arista, que conforman mesetas de baja altitud. Intrusivos de composición cuarzo-monzonítica afectan el paquete sedimentario en la Sierra Coronado y son los responsables de la mineralización que ahí se explota.

Tras los eventos orogénicos laramídicos, las fuerzas distensivas dieron lugar al fallamiento en bloques que originó la fosa tectónica de Villa de Arista, la cual fue rellenada durante varios episodios de hundimiento por sedimentos de origen aluvial y fluvio-lacustre, de naturaleza muy heterogénea. De acuerdo a los cortes litológicos que se reportan en informes técnicos de pozos identificados PSLB (construidos por Geohidrología y Zonas Áridas entre 1975 y 1980), se conoce que el espesor del paquete granular se incrementa de norte a sur, variando de alrededor de 100 m en las cercanías de Venado y Moctezuma, donde el piso rocoso lo constituyen calizas arcillosas y lutitas de la Formación Caracol, hasta más de 200 m en el centro del valle Villa de Arista, donde no se ha alcanzado el piso rocoso del acuífero. De acuerdo a lo reportado en el estudio realizado en 1981, el espesor del relleno en esta zona puede ser del orden de 250 a 300 m. Finalmente abanicos aluviales de edad cuaternaria se han estado formando en los bordes de las sierras que rodean toda la cuenca.

### **3. Clima**

De acuerdo a la clasificación de climas propuesta por W. Köppen modificada por E. García, el clima es del tipo BSkwg que significa, clima árido con inviernos fríos. En las diferentes zonas el clima es seco estepario y va de frío a templado

#### **3.1 Precipitación**

La precipitación promedio es de 391 mm anuales para el periodo de 1962 a 1999

#### **3.2 Temperatura**

La temperatura media anual es de 17° C, para el período de 1962 a 1999.

#### **3.3 Evaporación**

La evaporación potencial para el periodo de 1962 a 1999 es de 1,942 mm.

### **4. Hidrología**

La zona de Villa de Arista pertenece a la Región Hidrológica No. 37 “El Salado”

#### **4.1 Hidrografía**

El fuerte desequilibrio existente entre precipitación y evapotranspiración ocasiona que no existan escurrimientos superficiales de importancia, excepto algunos arroyos intermitentes, como el de Cañada Verde que desciende de la sierra de Guanamé en la porción noroccidental del valle, y que actúan como zonas de recarga en los abanicos aluviales.

### **5. Hidrología Subterránea**

#### **5.1 El Acuífero**

En la zona geohidrológica del valle de Villa de Arista, el sistema acuífero conocido se encuentra alojado en el material aluvial y sedimentos lacustres que rellenan la fosa. Tanto las fronteras laterales como el piso rocoso se consideran impermeables, ya que corresponden a formaciones de naturaleza calcáreo-arcillosa. El espesor de este acuífero varía desde 100 m en su porción noroccidental a 250 m ó más en la zona de Villa de Arista. Por medio de pruebas de bombeo se ha demostrado que el comportamiento de este acuífero es libre a semiconfinado. La recarga tiene lugar principalmente en el borde occidental del valle, a lo largo de una franja que se extiende desde Venado, hacia el sur, hasta Potrero el Mezquital, a través de los abanicos de la sierra de Guanamé; la extensión de esta zona de recarga es de aproximadamente 40 km. Otras zonas de recarga las constituyen los bordes de la sierra Alto de Melada y borde de la sierra de Coronado. Actualmente existe una componente adicional de la recarga que es inducida por la infiltración de retornos de riego. La descarga tiene lugar por extracción a través del bombeo, la cual se concentra mayormente en los alrededores del poblado de Villa de Arista, como puede apreciarse en el plano de configuración de elevación del nivel estático. La evapotranspiración es otro fenómeno de descarga que tiene importancia en las zonas de Venado y Moctezuma, donde el nivel estático se encuentra a profundidades someras. Se considera que en la actualidad no existen

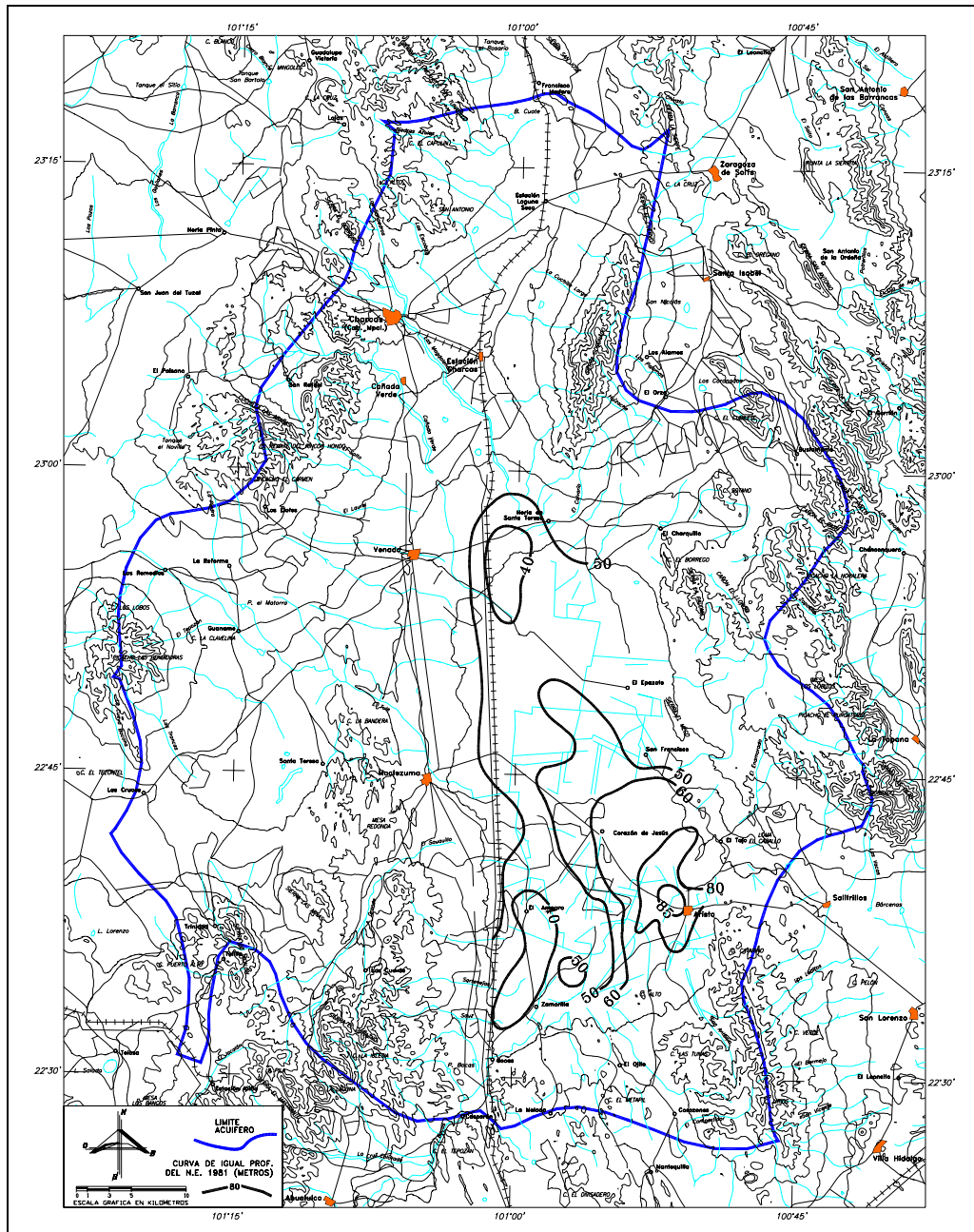
salidas subterráneas a través de la zona de El Tajo o Guardarraya, debido a la formación del cono piezométrico al norte de Villa de Arista.

## 5.2 Niveles del agua subterránea

### 5.2.1 Profundidad al nivel estático

Para diciembre de 1981 el rango de profundidades del nivel estático fue de 40 a 85 m, con las profundidades mayores en los alrededores de Villa de Arista.

**Figura B-3.2 Profundidad del nivel estático. 1981**

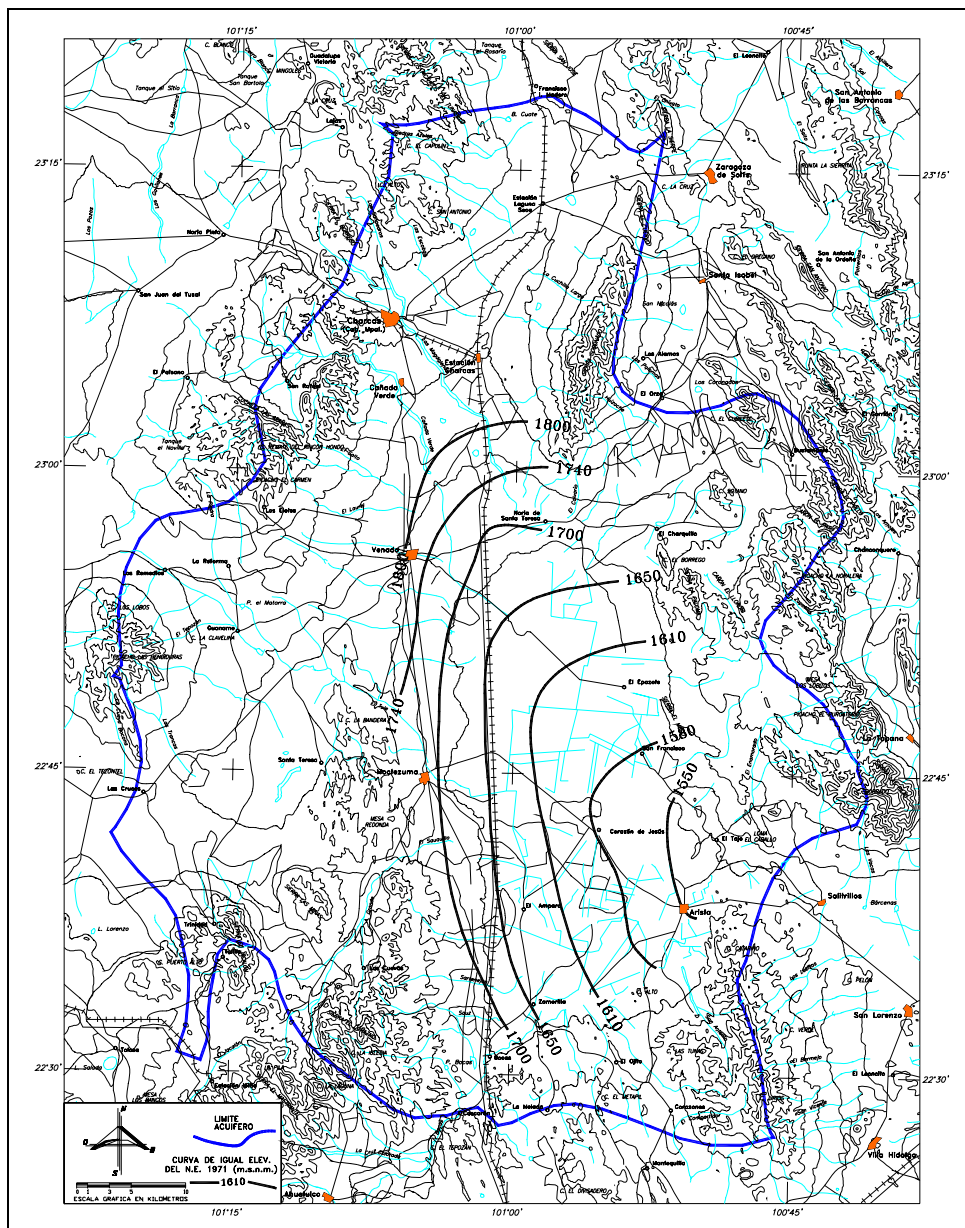




### 5.2.2 Elevación del nivel estático

La red de flujo muestra ya el efecto del bombeo de la zona a través de la formación de depresiones piezométricas, las equipotenciales van de 1,780 en el límite norte, a 1,480 msnm en el límite sureste, definiéndose conos piezométricos mediante las equipotenciales 1,580 a 1,540 msnm, pero de extensión relativamente localizada, persistiendo aparentemente una salida subterránea por el límite oriental del valle.

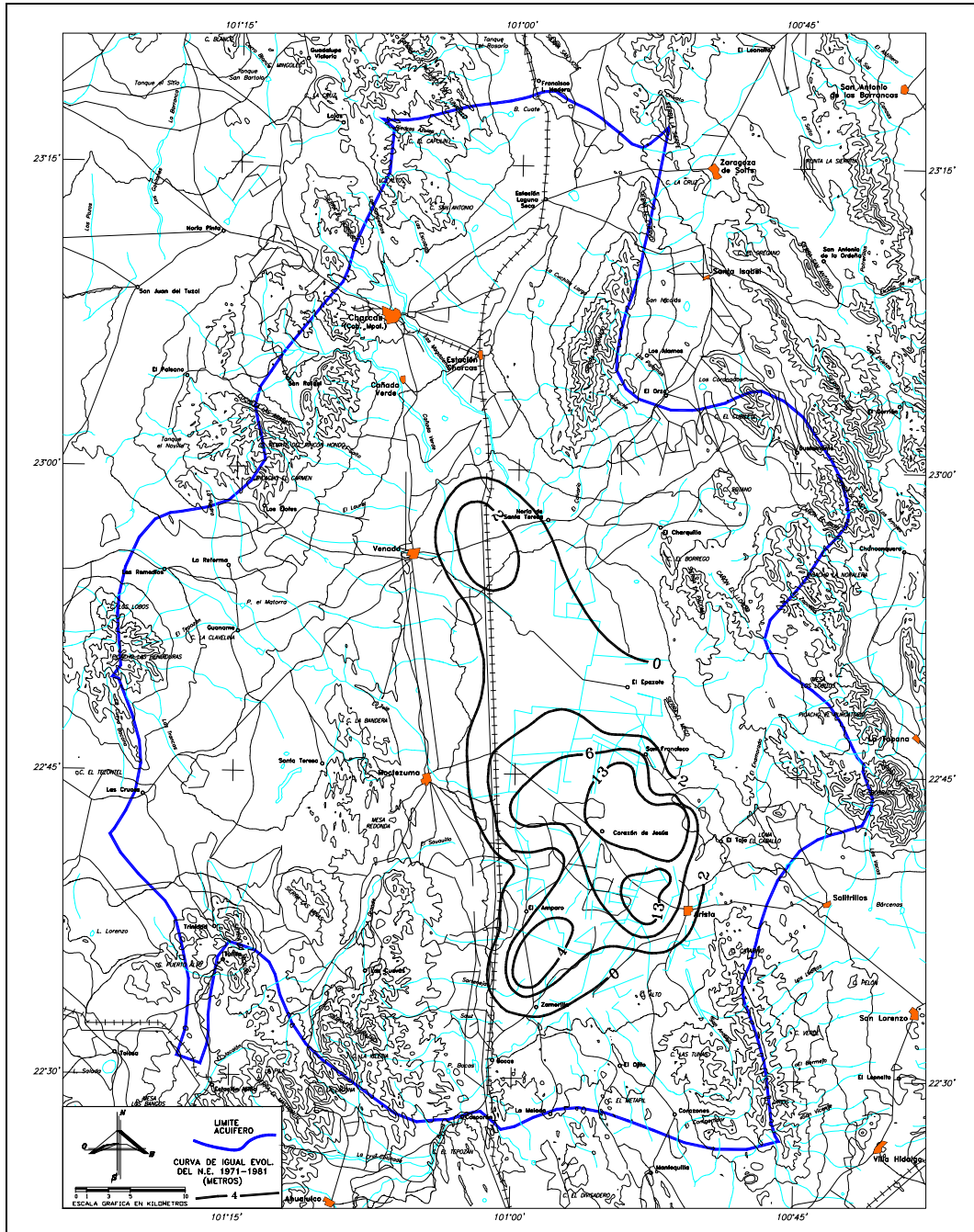
**Figura B-3.3 Elevación de los niveles estáticos. 1981**



### 5.2.3 Evolución del nivel estático

Los abatimientos acumulados en el periodo de 1971 a 1981 varían entre 2 y 13 m, en función del bombeo intensivo, con algunos descensos puntuales de hasta 18 m. También se identificaron zonas sin cambio en el nivel estático en los flancos occidental, sur y centro-norte del valle.

Figura B-3.4 Evolución de los niveles estáticos 1971-1981



### 5.3 Aprovechamientos e hidrometría

Durante 1994 y 1995, la Gerencia Estatal de la CNA censó un total de 728 aprovechamientos en la cuenca geohidrológica de Villa de Arista. Los registros de campo incluyeron datos generales del aprovechamiento, constructivos y de operación principalmente, con los cuales se integró una base de datos para su procesamiento y actualización permanente.

Del total de los 728 aprovechamientos subterráneos censados, 590 corresponden a pozos profundos, 136 norias excavadas, 1 manantial y 1 galería filtrante. Asimismo 404 de los 590

pozos se encontraron activos (68%) y 186 resultaron inactivos (32%). La mayor parte de los pozos inactivos se localiza en un radio de 15 km del poblado de Villa de Arista. En cuanto a las norias, 116 de 136 se registraron como obras activas (85%) y únicamente 20 fueron declaradas por los usuarios como inactivas (15%). Con relación al total de aprovechamientos, el 72% se encontraron activos (522) y el restante 28%, inactivo (206).

**Tabla B-3.1 Distribución de las extracciones de acuerdo al uso (Mm<sup>3</sup>/año)**

TIPO	AGRÍCOLA	DOMESTICO ABREVADERO	PUBLICO URBANO	PECUARIO	INDUSTRIAL	SUBTOTAL
POZOS	71.7	0.0	0.8	0.2	0.8	73.5
NORIAS	0.9	0.2	0.1	0.1	0.0	1.3
TOTAL	72.6	0.2	0.9	0.3	0.8	74.8

## 6. Balance de Aguas Subterráneas

La ecuación general de balance de acuerdo a la ley de la conservación de la masa es como sigue:

$$\text{Entradas (E) - Salidas (S) = Cambio de almacenamiento ... (1)}$$

Aplicando esta ecuación al estudio del acuífero, las entradas quedan representadas por la recarga total, las salidas por la descarga total y el cambio de masa, por el cambio de almacenamiento de una unidad hidrogeológica, representada como sigue:

$$\text{Recarga total} - \text{Descarga total} = \text{Cambio de almacenamiento en la unidad hidrogeológica} \quad \dots (2)$$

### 6.1 Recarga

La recarga natural del acuífero corresponde básicamente a los volúmenes infiltrados por agua de lluvia y recarga horizontal, proveniente de las zonas de recarga. La recarga por lluvia es de 17.6 Mm<sup>3</sup>/año, en un área de 900 km<sup>2</sup>.

Respecto a la recarga por infiltración de agua de escurrimientos superficiales naturales, no existen corrientes importantes y permanentes que se generen en la cuenca, o que provengan de otras cuencas vecinas, y que contribuyan a la recarga del acuífero.

La recarga por flujo horizontal se lleva a cabo por la parte noroeste del valle, específicamente, de la parte norte por la sierra La Cuesta, y del oeste por la sierra El Durazno, resultando de 19.5 Mm<sup>3</sup>/año.

### 6.2 Descarga

Debido a que en el acuífero estudiado, las profundidades del nivel estático son importantes, mayores de 40 m, la pérdida por evapotranspiración no existe. En la zona no existen manantiales ni corriente con gastos base que salgan del sistema acuífero. El volumen extraído total del acuífero a través del bombeo para todos los usos, resultó de 74.8 Mm<sup>3</sup>/año. Las salidas por flujo subterráneo horizontal se realizan por la parte sur del valle; en la localidad de Arista se calcularon en 3.1 Mm<sup>3</sup>/año.

### 6.3 Cambio de almacenamiento

Por lo que se refiere al cambio de almacenamiento, éste se calculó a través de las entradas y salidas al sistema conjuntamente con las características del acuífero y la evolución que sufrió en su nivel estático en el período 1971 a 1981, con lo cual se obtuvo un valor de 30 hm<sup>3</sup>/año. La **Tabla B-3.2** muestra el funcionamiento del sistema acuífero o balance de aguas subterráneas, realizado con la información antes indicada.

**Tabla B-3.2 Funcionamiento del acuífero. Promedio anual en Hm<sup>3</sup>/año\***

Recarga/Extracción	Neta	Bruta
ENTRADAS		
Infiltración lluvia	18	
Flujo subterráneo lateral	19	
<b>TOTAL ENTRADAS</b>	<b>37</b>	
Agrícola bombeo	62	73
Público urbano	1	1
Industrial	1	1
Otros		
Flujo subterráneo	3	3
<b>TOTAL SALIDAS</b>	<b>67</b>	<b>78</b>
<b>MINADO</b>	<b>30</b>	

\* Redondeado

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo C – Situación del Sector Agua Potable,  
Uso Industrial y Saneamiento**

## Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)

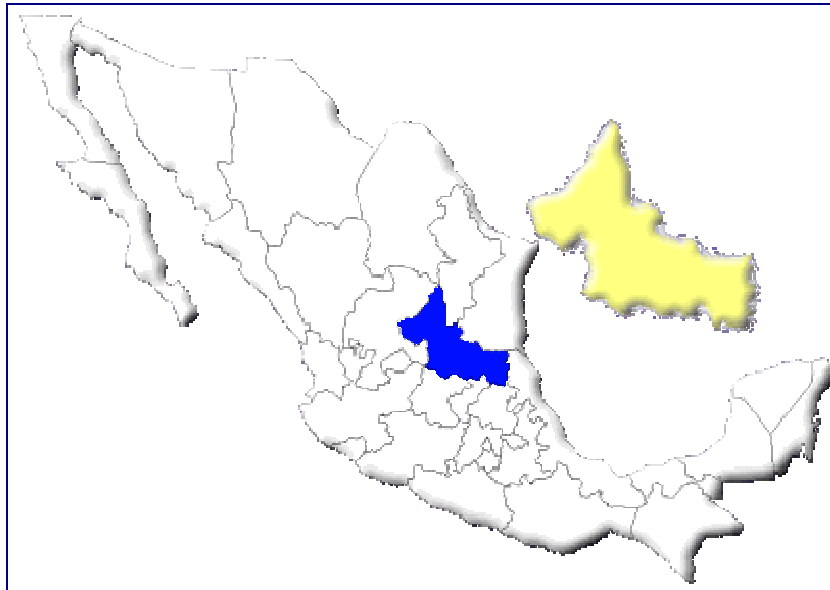
### MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

#### Anexo C – Situación del Sector Agua Potable, Uso Industrial y Saneamiento

##### 1. Introducción

El Estado de San Luis Potosí cuenta con 58 municipios y para fines del manejo en los aspectos de planeación, se ha dividido el Estado en cuatro regiones para su análisis y condiciones específicas de producción, así características climáticas. Su inmejorable localización geográfica al centro del país y en el cruce de las rutas operativas más importantes que lo comunican hacia norte y noroeste, producen que San Luis Potosí se haya convertido en un sitio potencialmente como polo de desarrollo.

**Figura C.1. Localización del Estado de San Luis Potosí en la República Mexicana**



Como puede observarse, colinda al norte con el Estado de Nuevo León, al noreste y este con Tamaulipas, al Este con Veracruz, al sur con Hidalgo, Querétaro y Guanajuato y al oeste con Zacatecas.

En el índice de desarrollo humano desarrollado por las autoridades de la CONAPO, está clasificado como el Estado número 22 de 32, y cuenta con grados de desarrollo humano de medio bajo a alto, mostrándose de esta forma la gran diversidad característica del país y que se manifiesta abiertamente en el Estado. En la **Tabla C.1** se muestra la información disponible, apoyados fundamentalmente en el Censo de Población del año 2000.

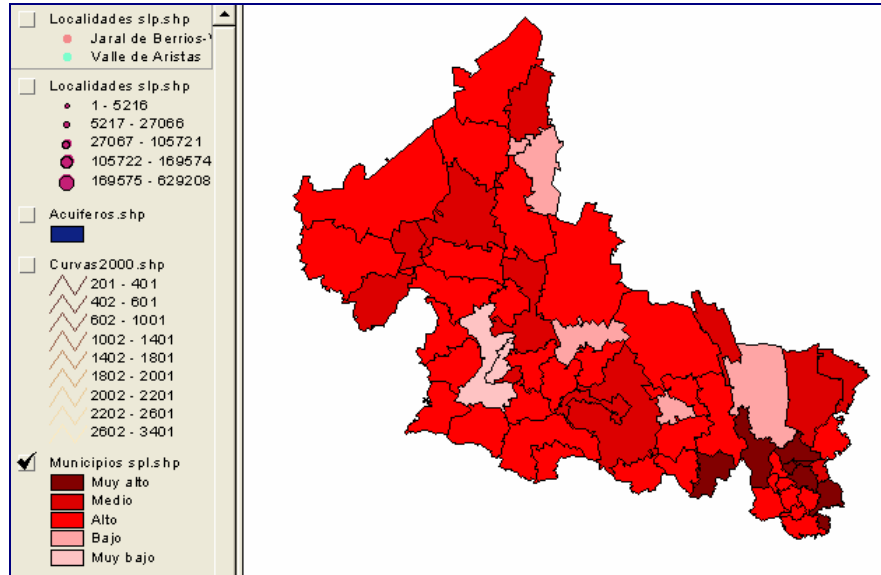
Tabla C.1 Grados de desarrollo humano municipal en SLP

Anejo Estadístico. Índice de desarrollo humano por municipio, 2000											
Clevo	Nombre	Tasa de mortalidad infantil	Porcentaje de los parientes de 15 años o más alfabetar	Porcentaje de los parientes de 6 a 24 años que van a la escuela	PIB per cápita en dólares ajustados	Índice subviviencia infantil	Índice de nivel de escolaridad	Índice de PIB per cápita	Índice de desarrollo humano (IDH)	Grado de desarrollo humano	Lugar
<b>República Mexicana</b>		<b>24.9</b>	<b>90.3</b>	<b>62.8</b>	<b>7495</b>	<b>0.836</b>	<b>0.812</b>	<b>0.721</b>	<b>0.789</b>	<b>Medio alto</b>	
<b>San Luis Potosí</b>		<b>27.3</b>	<b>88.7</b>	<b>64.1</b>	<b>5699</b>	<b>0.817</b>	<b>0.805</b>	<b>0.675</b>	<b>0.766</b>	<b>Medio alto</b>	<b>22</b>
24001	Ahuacalco	34.8	83.1	59.7	1924	0.753	0.753	0.434	0.669	Medio bajo	1601
24002	Alaquines	36.1	80.2	61.3	1479	0.749	0.739	0.450	0.646	Medio bajo	1823
24003	Aquismón	47.5	70.1	59.4	2805	0.662	0.665	0.556	0.628	Medio bajo	1971
24004	Armadillo de los Infante	32.1	82.7	54.9	1420	0.780	0.734	0.443	0.652	Medio alto	1762
24005	Cárdenas	23.9	88.6	62.0	4235	0.843	0.797	0.625	0.755	Medio alto	605
24006	Catorce	34.4	83.4	63.4	2791	0.762	0.767	0.556	0.635	Medio alto	1305
24007	Cedral	26.7	87.8	63.9	3634	0.822	0.799	0.600	0.740	Medio alto	783
24008	Cerritos	22.5	89.2	58.8	3846	0.855	0.791	0.609	0.752	Medio alto	653
24009	Cerro de San Pedro	25.1	89.8	60.3	5421	0.834	0.800	0.666	0.767	Medio alto	473
24010	Ciudad del Maíz	29.0	87.3	59.6	1817	0.804	0.780	0.484	0.630	Medio alto	1363
24011	Ciudad Fernández	25.5	85.6	60.8	3709	0.831	0.774	0.603	0.736	Medio alto	836
24012	Tancanhuitz de Santos	38.6	82.1	71.5	2480	0.730	0.785	0.536	0.684	Medio alto	1443
24013	Ciudad Valles	23.9	90.9	66.6	6060	0.844	0.828	0.685	0.786	Medio alto	297
24014	Coxcatlán	36.5	79.9	69.4	1644	0.747	0.764	0.467	0.659	Medio alto	1703
24015	Charcas	27.1	85.7	60.8	4373	0.819	0.774	0.652	0.748	Medio alto	680
24016	Ebano	25.1	87.3	63.5	5444	0.834	0.794	0.667	0.765	Medio alto	438
24017	Guadalcázar	38.2	77.3	57.2	2681	0.733	0.706	0.549	0.663	Medio alto	1672
24018	Huahuatlán	37.9	79.2	66.7	2987	0.735	0.750	0.529	0.672	Medio alto	1573
24019	Laquillas	36.4	76.4	56.2	1615	0.747	0.637	0.464	0.636	Medio bajo	1906
24020	Matcutva	23.1	92.1	62.3	5683	0.850	0.822	0.674	0.782	Medio alto	327
Continúa											
24021	Mexquitic de Carmona	31.1	86.2	63.5	2558	0.788	0.786	0.541	0.705	Medio alto	1192
24022	Moctezuma	35.7	82.8	56.1	1610	0.752	0.739	0.464	0.652	Medio alto	1771
24023	Rayón	32.6	81.3	60.7	2484	0.776	0.745	0.536	0.686	Medio alto	1416
24024	Rioverde	28.8	85.2	61.9	4520	0.806	0.774	0.636	0.739	Medio alto	798
24025	Salinas	28.5	89.4	54.7	2966	0.808	0.778	0.566	0.717	Medio alto	1032
24026	San Antonio	39.3	80.3	73.8	1593	0.725	0.781	0.462	0.656	Medio alto	1733
24027	San Ciro de Acosta	29.1	81.9	58.9	2593	0.803	0.742	0.543	0.696	Medio alto	1283
24028	San Luis Potosí	19.3	96.0	67.9	10048	0.879	0.866	0.769	0.838	Alto	54
24029	San Martín Chalchicuautla	39.1	71.9	72.5	1701	0.726	0.721	0.473	0.640	Medio bajo	1864
24030	San Nicolás Tolentino	30.9	81.5	61.5	1610	0.790	0.749	0.464	0.667	Medio bajo	1622
24031	Santa Catarina	50.5	58.9	54.2	1429	0.638	0.574	0.444	0.552	Medio bajo	2336
24032	Santa María del Río	32.1	83.9	57.4	3095	0.780	0.751	0.573	0.701	Medio alto	1234
24033	Santo Domingo	32.1	86.6	55.5	156.9	0.780	0.763	0.459	0.667	Medio alto	1624
24034	San Vicente Tancuapalab	32.9	82.0	68.5	2614	0.774	0.775	0.545	0.698	Medio alto	1270
24035	Soledad de Graciano Sánchez	21.2	95.2	63.3	7963	0.864	0.846	0.731	0.814	Alto	135
24036	Tamasopo	30.2	81.2	60.9	3165	0.795	0.744	0.577	0.705	Medio alto	1188
24037	Tamasunchale	31.2	77.2	66.8	2776	0.787	0.737	0.555	0.693	Medio alto	1329
24038	Tampacán	36.0	79.5	73.7	1573	0.750	0.775	0.460	0.662	Medio alto	1681
24039	Tampamolón Corona	39.1	77.7	69.9	2068	0.726	0.751	0.506	0.661	Medio alto	1685
24040	Tamuin	25.6	87.1	66.8	4211	0.830	0.803	0.624	0.753	Medio alto	636
24041	Tanlaíso	40.8	81.4	68.5	1918	0.713	0.771	0.493	0.659	Medio alto	1707
24042	Tanquián de Escobedo	28.9	80.6	69.9	3553	0.805	0.770	0.596	0.724	Medio alto	964
24043	Tierra Nueva	33.1	77.0	62.0	2171	0.772	0.720	0.514	0.669	Medio alto	1600
24044	Vanegas	31.8	85.9	60.0	2019	0.783	0.772	0.502	0.686	Medio alto	1418
24045	Venado	32.1	85.3	60.8	2619	0.780	0.771	0.545	0.699	Medio alto	1257
24046	Villa de Arriaga	34.5	86.0	54.5	4539	0.762	0.755	0.637	0.718	Medio alto	1027
24047	Villa de Guadalupe	33.0	79.9	55.0	1516	0.773	0.716	0.454	0.648	Medio bajo	1805
24048	Villa de la Paz	25.5	89.1	58.7	5070	0.831	0.789	0.655	0.759	Medio alto	574
24049	Villa de Ramos	32.0	85.6	51.1	1182	0.781	0.741	0.412	0.645	Medio bajo	1829
24050	Villa de Reyes	30.4	86.4	57.2	4177	0.793	0.766	0.623	0.728	Medio alto	926
24051	Villa Hidalgo	27.2	86.3	58.9	2787	0.818	0.772	0.555	0.715	Medio alto	1059
24052	Villa Juárez	30.9	81.9	54.9	3523	0.789	0.729	0.595	0.704	Medio alto	1199
24053	Axtla de Terrazas	32.8	85.3	70.6	2131	0.775	0.804	0.511	0.696	Medio alto	1280
24054	Xilitla	34.8	83.6	62.3	2006	0.759	0.765	0.501	0.675	Medio alto	1540
24055	Zaraquiza	30.8	78.6	56.6	3304	0.791	0.712	0.584	0.696	Medio alto	1298
24056	Villa de Arista	30.9	81.2	58.4	2142	0.790	0.736	0.511	0.679	Medio alto	1501
24057	Matlapa	38.3	79.1	67.0	1821	0.732	0.751	0.484	0.656	Medio alto	1735
24058	Naranja, El	25.8	89.8	60.3	3908	0.829	0.800	0.612	0.747	Medio alto	703

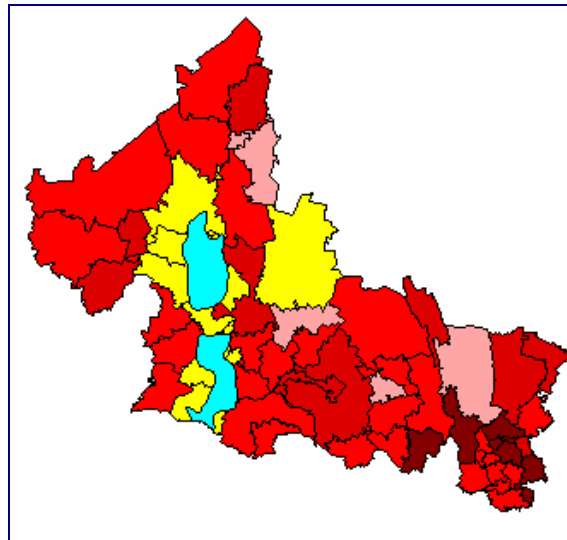
Por otra parte, la clasificación por índice de marginación en el Estado de San Luis Potosí, muestra de alguna forma la diversidad de desarrollo económico que se manifiesta en el estado, así como también la influencia que algunas zonas tienen de los sitios vecinos.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población, la estructura que se manifiesta en el Estado a este respecto, se puede representar de acuerdo con el siguiente plano:

**Figura C.2. Índices de marginación en el Estado de San Luis Potosí a nivel municipal**



**Figura C.3. Municipios incorporados al estudio y localización de los acuíferos: Villa de Reyes-Jaral de Berrios, San Luis Potosí y Villa de Arista, SLP.**



## 2. Descripción del Entorno

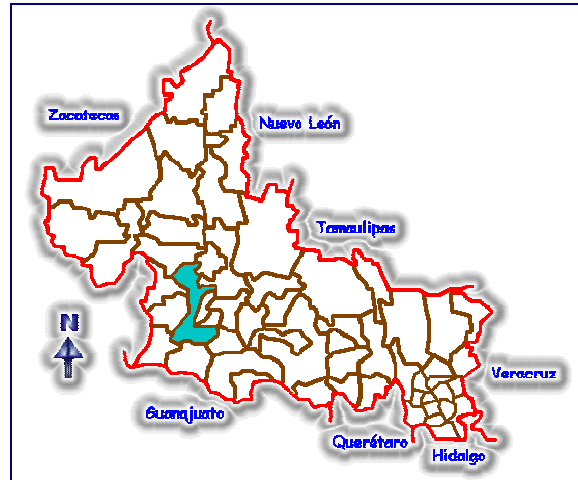
### 2.1 Municipio de San Luis Potosí

#### 2.1.1 Medio Físico

**Localización:** El municipio se encuentra localizado en la zona centro, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 100°58' de longitud oeste y 22°09' de latitud norte, con una altura de 1,860 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte, Moctezuma y Villa de Arista, al este, Villa Hidalgo, Soledad de Graciano Sánchez, Cerro de San Pedro y Villa de Zaragoza, al sur, Villa de Reyes, al oeste, Villa de Arriaga, Mexquitic de Carmona y Ahualulco.



**Figura C.4 El municipio de San Luis Potosí**



**Extensión.** De acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI, al año 2000, la superficie total del municipio es de 1,443.14 km<sup>2</sup> y representa el 2.38% del territorio estatal.

**Orografía.** Se localizan formaciones montañosas al norte del municipio, destacando por su altura: cerro Gordo, El Panalillo, El Divisadero, El Cabo y El Coyote; al sur y oeste se localiza la sierra de San Miguelito, destacando los cerros de: Las Peñas Blancas, El Picacho del Fraile, Mesa Redonda, La Yerbabuena, Mesa Las Gallinas, Las Palomas, La Peña, La Campana, El Mezapil y El Borrego.

**Hidrografía.** Sólo arroyos muy pequeños cruzan esta zona, como son: el río Españita, el Paisanos y el Santiago, éstos son formados debido a los escurrimientos en temporadas de lluvia, en cuyo tiempo se abastecen las presas de San José y El Peaje, así como de corrientes subterráneas importantes, que se localizan al sur y sureste de la ciudad.

**Clima.** La distribución climática del municipio se caracteriza por: su parte sur, seco templado y semi seco templado; en el norte, seco semi cálido, al centro, muy seco templado. Su precipitación pluvial anual es de 372.9 mm. La temperatura media anual es de 16.8°C, con una máxima absoluta de 35°C y una mínima absoluta de 7°C, la temperatura cálida comprende de marzo a octubre y el período frío de noviembre a febrero.

**Principales Ecosistemas.** (1) Flora. La vegetación se define en el área del municipio por las siguientes especies: matorral desértico micrófilo, matorral espinoso, craci, rosulifolios espinosos, nopaleras, izotal, cardonal y pastizal. (2) Fauna. La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: conejo, liebre, codorniz y rata de campo. El municipio cuenta con el “Camino a La Presa San José” y “Ejido San Juan de Guadalupe”, como áreas naturales protegidas con decreto del año 1996, como parques urbanos, con una superficie total de 1,544.23 ha. Se tiene como zona protegida de control estatal la sierra de San Miguelito, según acuerdo administrativo publicado en el Periódico Oficial del Estado el 18 de julio de 2002.

**Características y Uso del Suelo.** La región sur y oeste del municipio está ocupada por plegamientos cerriles como la sierra de San Miguelito, configurada por zonas volcánicas, de las cuales, la más importante es la reolita y en menor grado la roca ígnea extrusiva ácida.

Los suelos aluviales ausentes de roca circundan la capital del estado, todo el centro y sureste del territorio, extendiéndose hacia el norte. Al oriente se encuentran reolitas sedimentarias del tipo conglomerado macizo montañoso de la sierra de Álvarez, compuesto por calizas lutitas y brecha. Hacia el norte, concentraciones de reolitas asociadas con conglomerados y suelo aluvial ausente de roca. Su uso potencial es pecuario, pero también se explota en la actividad agrícola.

### 2.1.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 3,718 personas. Sus lenguas indígenas son el náhuatl y en segundo lugar el huasteco.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 670,532 habitantes, de los cuales 320,344 son hombres y 350,188 son mujeres. La población total del municipio representa el 29.16 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 495.47 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.2. Población del municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	251,811	273,922	525,733
1995	301,408	324,058	625,466
2000	320,344	350,188	670,532

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 38,533 hombres y 76,266 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en esa década es de 114,799 habitantes.

**Tabla C.3 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	155,238	
1960	193,670	2.20
1970	267,951	3.22
1980	406,630	4.11
1990	525,733	2.55
1995	625,466	3.46
2000	670,532	1.40

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994. INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 556,271 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 32,868 personas.

### 2.1.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica (preescolar, primaria, secundaria), capacitación para el trabajo, profesional medio, bachillerato general y universidades. Cuenta con una infraestructura de:

- 285 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 409 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 172 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo: 102 de bachillerato general, 44 de capacitación para el trabajo y 12 de profesional medio, para el nivel superior existen 9 instituciones públicas y privadas que ofrecen distintas carreras en los niveles de licenciatura, estas instituciones son: Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto Tecnológico de San Luis Potosí, Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey campus San Luis Potosí, Universidad Cuauhtémoc, Universidad del Centro de México, Universidad Mesoamericana, Universidad Champagnat, Universidad Tangamanga y Universidad Abierta. De la población de 15 años y más se tienen 426,145 alfabetas contra 17,866 analfabetas que representan el 4.02% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 35 unidades médicas.

**Tabla C.4 Unidades médicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
15	2	6	10	1

Cuenta con 2 unidades de segundo nivel de atención medica para población abierta así como uno de tercer nivel. Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 99.9% de la población total, quedando el 0.1% de la población sin acceso a los servicios médicos.

El municipio cuenta con 13 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Abasto.** El municipio cuenta con un total de 3 centros receptores de productos básicos, además cuenta con 2 bodegas de Boruconsa y 2 de Acosa.

**Deporte.** En el municipio se encuentran deportivos privados, unidades deportivas públicas, asociaciones deportivas, canchas de: fútbol, béisbol, básquetbol, voleibol. Sobresalen las unidades deportivas “Adolfo López Mateos” que cuenta con el auditorio “Miguel Barragán” que tiene al centro cancha techada profesional para juegos de básquetbol y voleibol. Asimismo, la unidad deportiva de la colonia Satélite en el sur de la cabecera municipal. Se cuenta también con el deportivo ferrocarrilero que tiene gran cantidad de infraestructura para la práctica de diversos deportes. Se tienen las instalaciones del Instituto Potosino del Deporte, que también han utilizadas como albergue para deportistas foráneos. En estas unidades deportivas se tienen

albercas, canchas para practicar tenis, squash, frontón, así como áreas para la práctica de deportes ya señalados. Cabe señalar que la práctica del fútbol, atletismo y del ciclismo es muy tradicional en el municipio de San Luis Potosí pues dominicalmente se tienen competencias en todas las categorías (desde infantiles hasta veteranos) de estos deportes. Su práctica se da principalmente en la infraestructura de los parques Tangamanga I y II, así como en el parque de Morales "Juan H. Sánchez". Los principales promotores de estos deportes son la Asociación Potosina de Atletismo, La asociación Potosina de Ciclismo, la Liga de Ciclismo de Veteranos "San Luis Rey" y diversas asociaciones de futbolistas amateurs. Los clubes deportivos privados se encuentran en la cabecera municipal, destaca por su tradición el Club Deportivo Potosino, con magníficas instalaciones deportivas y salones de eventos. Asimismo, se tiene el deportivo Punto Verde y al sur de la ciudad se cuenta con el Deportivo 2000. También se tiene el club de tiro "Halcones". Existen diversas pistas de patinaje que facilitan la práctica de este deporte.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 150,044 viviendas y su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 96.47% de viviendas cuenta con agua entubada, el 94.58% cuenta con drenaje y el 98.10% con el servicio de energía eléctrica.

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio*: Existen 18 radiodifusoras locales, 8 de amplitud modulada, 9 con frecuencia modulada y una de onda corta; (ii) *Televisión*: Este importante servicio es proporcionado por 4 empresas locales, con 2 canales de iniciativa de privada. Se ven canales de televisión de cobertura nacional como los de Televisa y TV Azteca, además se cuenta con servicio de cable y vía satelital; (iii) *Prensa*: Circulan 6 Periódicos del estado entre los que destacan: Pulso, El Sol de San Luis, El Herald, Momento; y 3 revistas locales. Los periódicos nacionales que circulan en el estado son 13 así como revistas de diversa índole; (iv) *Correos*: El municipio cuenta con 6 administraciones, 4 agencias de correos, una sucursal, 100 expendios en pequeños comercios y 13 expendios en instituciones públicas; (v) *Telégrafos*: El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con 6 administraciones y agencias; (vi) *Teléfonos*: El municipio cuenta con este servicio, además tiene el servicio de telefonía rural en las localidades más lejanas, la infraestructura telefónica es de 83,195 líneas con 157,823 aparatos telefónicos, cabe hacer mención que en lo anteriormente señalado se incluye al municipio de Soledad de Graciano Sánchez; (vii) *Estaciones radioeléctricas de aficionados*: Se cuenta con 94 estaciones de radio aficionados en el municipio.

**Vías de Comunicación.** (i) *Caminos*: El municipio cuenta con un total de 312 kilómetros de los cuáles 108.3 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:

**Tabla C.5 Vías de Comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Revestida
Alimentadora Estatal	146.2 Km.	---
Caminos Rurales	---	57.5 Km.

Las carreteras federales que confluyen a la ciudad de San Luis Potosí la han ubicado como uno de los más importantes ejes carreteros del país pues sus destinos son: al norte, Saltillo, Coah., y Monterrey N.L., al este con Rioverde, S.L.P., Ciudad Valles, S.L.P., y Tampico, Tamps; al sur con Querétaro, Qro., y México, D.F.; al oeste Guadalajara, Jal., y al noroeste con Zacatecas, Zac.

(ii) *Ferrocarril*: Cuenta con servicio de paso hacia la ciudad de México y al norte a la ciudad de Nuevo Laredo Tamps., con sus puntos intermedios, además cuenta con servicio de carga, teniendo infraestructura ferroviaria a las ciudades de Aguascalientes y Tampico, Tams.

#### 2.1.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios:** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos: maíz, frijol, cebada, jitomate y chile; como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región. En cuanto a la producción de alfalfa esta se comercializa en el ámbito estatal y nacional; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999, hay una población total de 18,830 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 37,975 cabezas de ganado porcino; 9,003 cabezas de ganado ovino; 14,035 de ganado caprino; 3,005,468 aves de corral para carne y huevo; (iii) *Silvicultura*: La actividad forestal de productos maderables se da con unidades de producción rural; (iv) *Minería*: El municipio de San Luis Potosí tiene actividad minera en la extracción de cobre, plomo, plata y oro, por lo que en el aspecto económico ésta actividad es muy importante; (v) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son establecimientos industriales que dan empleo a gran cantidad de personas; (vi) *Construcción*: Es importante en el municipio la industria de la construcción en sus diversas modalidades desde la micro, pequeña, mediana, grande y gigante industria; (vii) *Electricidad*: La generación de energía eléctrica para el consumo interno en el municipio es muy importante tanto en su producción como en la modalidad de los servicios que da; (viii) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a diversas personas. El sector oficial participa con establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (ix) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa (PEA) por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 253,227 personas, mientras que la ocupada es de 250,386 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.6 PEA por sector en el municipio**

Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	1.51
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	32.07
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	63.47
Otros	2.95

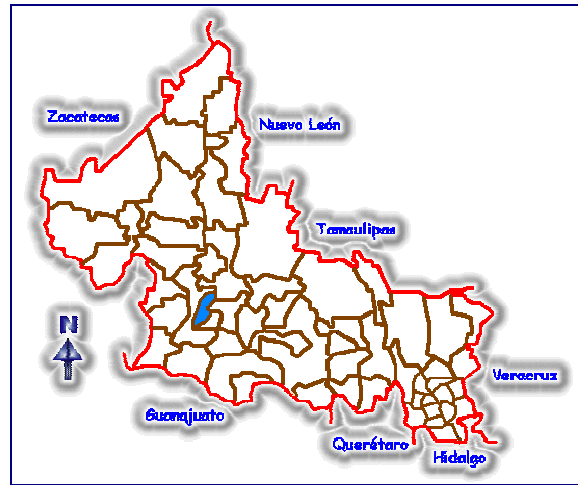
## 2.2 Municipio: Soledad de Graciano Sánchez

### 2.2.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la parte norte del estado, en la zona centro, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 100°56' de longitud oeste y 22°11'

de latitud norte, con una altura de 1,850 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte, Villa Hidalgo; al este, Armadillo de los Infante y Cerro de San Pedro; al sur y al oeste, San Luis Potosí. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 8 kilómetros.

**Figura C.5 El municipio de Soledad de Graciano Sánchez**



**Extensión.** La superficie total del municipio es de 280.95 km<sup>2</sup>, de acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del [INEGI](#) del año 2000 y representa un 0.46% del territorio estatal.

**Orografía.** El municipio se encuentra prácticamente establecido en una planicie y sólo se encuentran formaciones montañosas de poca consideración en la parte norte, formadas por los cerros Guapillas, Gordo y Santa Cruz, que varían en una altura promedio de los 1,900 metros sobre el nivel del mar.

**Hidrografía.** Los recursos acuíferos no son muy pródigos en el municipio, pues la existencia de cuerpos de aguas superficiales sólo benefician en cierta manera a la parte este de su territorio, mismos que son de carácter intermitente, entre los más importantes se tienen el Arroyo La Morita, Arroyo Las Trancas y Las Canoas, además de contar con mantos de aguas subterráneas que han sido aprovechadas para el consumo agropecuario y doméstico, mediante la perforación de pozos.

**Clima.** Predomina en el municipio el clima seco templado, con una franja al suroeste de clima semi seco templado. La temperatura media anual es de 17.1°C, la temperatura cálida comprende los meses de marzo a octubre y el periodo frío de noviembre a febrero. Su precipitación pluvial es de 362 mm.

**Principales Ecosistemas:** (i) *Flora:* El área del municipio se encuentra cubierta por una población vegetal típica de las zonas templadas áridas, entre las que pueden encontrarse mezquite, matorral espinoso, nopaleras y pastizal; (ii) *Fauna:* La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: coyote, liebre, pájaro y víbora.

**Características y Uso del Suelo.** Casi en su totalidad el municipio se haya asentado en suelo aluvial, ausente de roca, únicamente al norte y noreste se encuentran pequeños afloramientos de

caliza, así como reolita, basalto y toba. Predomina el tipo litosoleutrítico al norte, noroeste; el xerosol háplico de textura media al oeste y sureste y el phaeozem lúvico y castañozem lúvico de textura media y pendientes planas menores al 8% al norte. Son suelos aptos para uso pecuario, el uso actual del suelo es agrícola con bajo rendimiento y pastoreo extensivo.

### 2.2.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 747 personas. Su lengua indígena es el náhuatl y en segundo lugar el huasteco.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 180,296 habitantes, de los cuales 87,150 son hombres y 93,146 son mujeres. La población total del municipio representa el 7.84 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 814.34 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.7 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	64,873	68,106	132,979
1995	76,036	80,462	156,498
2000	87,150	93,146	180,296

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 22,277 hombres y 25,040 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en esa década es de 47,317 habitantes.

**Tabla C.8 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	10,208	
1960	12,591	2.09
1970	29,061	7.91
1980	64,617	7.56
1990	132,937	6.95
1995	156,498	3.24
2000	180,296	2.87

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994. INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 148,006 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 8,814 personas.

### 2.2.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica, preescolar, primaria, secundaria, nivel medio superior y profesional medio. Cuenta con una infraestructura de:

- 57 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 78 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 29 escuelas secundarias en el área urbana rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo: 8 de bachillerato general y 2 de profesional medio. De la población de 15 años y más se tienen 109,881 alfabetas contra 5,541 analfabetas que representan el 4.80% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 11 unidades médicas.

**Tabla C.9 Unidades médicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
7	1	1	1	1

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 99.8% de la población total, quedando el 0.2% de la población sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con 8 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Abasto.** El municipio cuenta con una bodega de almacenamiento de Liconsa.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 38,287 viviendas y su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 95.32% de viviendas cuenta con agua entubada, el 94.22% cuenta con drenaje y el 97.36% con el servicio de energía eléctrica

**Servicios Públicos.** Los recursos financieros, humanos y de infraestructura alcanzan al municipio para tener una cobertura de servicios públicos en el orden de:

**Tabla C.10 Cobertura de servicios públicos en el municipio**

Servicio	Cobertura %
Agua potable, alcantarillado y saneamiento	97
Alumbrado público	50
Limpia (recolección de basura y limpia en vías públicas)	75
Mercados y centrales de abasto	2
Panteones	100
Rastro (número de rastros)	1
Seguridad pública	45

Cabe decir que el ayuntamiento también administra los servicios de parques y jardines, edificios públicos, unidades deportivas y recreativas, monumentos y fuentes, entre otros.



**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio*: No hay radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan algunas de cobertura estatal, mismas que se encuentran en el área metropolitana S.L.P.- Soledad, en A.M. se escuchan todas las de cobertura estatal; (ii) *Televisión*: No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura estatal y nacional, viéndose libremente con antena aérea 3 canales locales, 5 de la ciudad de México y existe una compañía de televisión por cable; (iii) *Prensa*: Circulan 5 periódicos del estado y 2 nacionales así como revistas de diversa índole; (iv) *Correos*: El municipio cuenta con 2 administraciones, una agencia de correos, 10 expendios en pequeños comercios y 2 expendios con esquema de nuevas agencias; (v) *Telégrafos*: El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con una administración (vi) *Teléfonos*: El municipio cuenta con este servicio, la administración de este servicio depende de la oficina matriz que se encuentra en la ciudad de San Luis Potosí; (vii) *Estaciones radioeléctricas de aficionados*: Se cuenta con una estación de radio aficionados en el municipio.

**Vías de Comunicación.** (i) *Caminos*: El municipio cuenta con un total de 128.8 kilómetros de los cuáles 97.6 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:

**Tabla C.11 Vías de Comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Terracería	Revestida
Alimentadora Estatal	28.9 Km.		
Caminos Rurales			2.3 Km.

Es importante señalar que al municipio de Soledad de Graciano Sánchez lo atraviesa la carretera federal No. 57 México-Piedras Negras, de la cuál entroncan otras carreteras federales con diferentes destinos como son: al norte Saltillo, Coah., y Monterrey N L., al este con Rioverde, S.L.P., Ciudad Valles, S.L.P., Tampico, Tamps; al sur con Querétaro, Qro. y México, D.F; al suroeste, Guadalajara, Jal; al noroeste con Zacatecas, Zac.

#### 2.2.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos: maíz, frijol y cebada; como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región. En cuanto a la producción de alfalfa esta se comercializa en el ámbito estatal y nacional; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999, hay una población total de 14,181 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 26,905 cabezas de ganado porcino; 5,112 cabezas de ganado ovino; 8,421 de ganado caprino; 4,132,932 aves de corral para carne y huevo; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables y la actividad de recolección se realiza con varias unidades de producción rural; (iv) *Minería*: El municipio de Soledad de Graciano Sánchez tiene actividad minera en la extracción de Yeso, por lo que en el aspecto económico ésta actividad es muy importante; (v) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son establecimientos industriales que dan empleo a diversas personas; (vi) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a varias personas. El sector oficial participa con

establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (vi) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por varios establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera diversos empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 64,744 personas, mientras que la ocupada es de 63,914 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.12 PEA en el municipio**

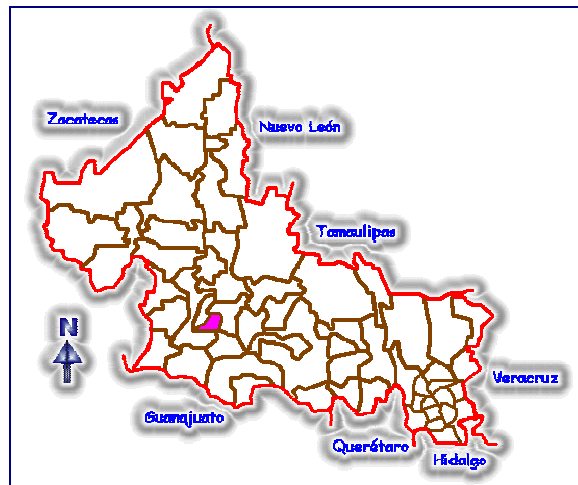
Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	3.70
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	35.54
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	57.57
Otros	3.18

## 2.3 Municipio: Cerro de San Pedro

### 2.3.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la zona centro del estado, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas 100°48' de longitud oeste y 22°13' de latitud norte con una altura de 2,040 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte y al oeste con Soledad de Graciano Sánchez; al este Armadillo de los Infante; al sur San Luis Potosí.

**Figura C.6 El municipio de Soledad de Graciano Sánchez**



**Extensión.** De acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI, al año 2000, la superficie total del municipio es de 127.48 Km<sup>2</sup> y representa el 0.21% del territorio estatal,

**Orografía.** Prácticamente todo el municipio de Cerro de San Pedro se encuentra enclavado en la zona montañosa, destacando en la parte norte el Cerro Reposa que se encuentra a 2,356 metros

sobre el nivel del mar. Además hay otros cerros de importancia como son: San Pedro, Portezuelo, Lobo, Chiquihuitillo, las Cruces y el Ranchito.

**Hidrografía.** Existen muchos arroyos en este municipio siendo todos de carácter intermitente, los más significativos en su parte norte son: Arroyo Siempre Viva, Arroyo las Cuevas, San Nicolás, Jesús María y los Agustines. En la parte sur: Arroyo El Grande, río El Monte, arroyo Quemado; al este arroyo El Rayo, El Encino, El Hundido, El Salado y al oeste los arroyos Cuesta de Campa, San Pedro y las Tinajas.

**Clima.** Al oriente seco templado y al poniente semiseco templado. La temperatura media anual es de 16.8°C y precipitación pluvial anual de 304.5 mm.

**Principales Ecosistemas.** (i) *Flora:* El área del municipio está cubierta por una población vegetal típica de las zonas áridas de mayor extensión que son: matorral micrófilo, matorral espinoso, nopales y craci-rosulizal; (ii) *Fauna:* La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: coyote, gato montés, liebre, conejo y alguna variedad de aves y reptiles.

**Características y Uso del Suelo.** Se encuentra totalmente asentado en terreno cerril el cual está constituido por rocas sedimentarias, principalmente en su parte norte: al sur, sureste y norte, encontramos rocas volcánicas del tipo riolita que ocupan extensiones de importancia. La mayor parte del municipio esta asentado en suelo de tipo litosol eútrico con pendientes que van al 8% a mayores de 20%. Al oeste y al sur se detecta una zona constituida por xerosol calcárico donde se localiza una porción de suelo medianamente salino. El uso del suelo es para pastoreo extensivo.

### 2.3.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 16 personas.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 3,404 habitantes, de los cuales 1,679 son hombres y 1,725 son mujeres. La población total del municipio representa el 0.15 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 23.06 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.13 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	1,143	1,131	2,274
1995	1,539	1,547	3,086
2000	1,679	1,725	3,404

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 536 hombres y 1,130 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en ésta década es de 1,666 habitantes. Población total y tasa de crecimiento intercensal.

**Tabla C.14 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	3,032	
1960	2,105	-3.61
1970	1,975	-.64
1980	1,938	-.19
1990	2,274	1.59
1995	3,086	6.05
2000	3,404	1.98

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994. INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 2,850 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 68 personas.

### 2.3.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica (preescolar, primaria y secundaria).

- 8 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 7 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 5 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

De la población de 15 años y más se tienen 1,944 alfabetas contra 220 analfabetas que representan el 10.17% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con una unidad médica de la Secretaría de Salud. Esta cobertura de servicio médico alcanza al 70.2 % de la población total, quedando el 29.8 % de la población sin acceso al servicio médico. El municipio cuenta con 2 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 697 viviendas. Su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 86.66 % de viviendas cuenta con agua entubada, el 76.90 % cuenta con drenaje y el 92.11 % con el servicio de energía eléctrica.

**Servicios Públicos.** Los recursos financieros, humanos y de infraestructura alcanzan al municipio para tener una cobertura de servicios públicos en el orden de:

**Tabla C.15 Cobertura de servicios públicos**

Servicio	Cobertura %
Alumbrado público	70
Limpia (recolección de basura y limpia en vías públicas)	50
Seguridad pública	35

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio*: No existen radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan otras con cobertura estatal como: 960 AM "La Ranchera" 1070 AM "La Mexicana" entre otras, dada la cercanía con la capital del estado; (ii) *Televisión*: No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura estatal y nacional como: canal 13 y 7 de la capital del estado y Canal 2 de Televisa; (iii) *Prensa*: Circulan 2 periódicos de la capital del estado; (iv) *Correos*: El municipio cuenta con una agencia de correos; (v) *Teléfonos*: El municipio cuenta con servicio telefónico.

**Vías de Comunicación.** (i) *Caminos*: El municipio cuenta con un total de 31.4 kilómetros de los cuáles 12.0 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:

**Tabla C.16 Vías de comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Terrecería	Revestida
Alimentadora Estatal	11.7 Km		
Caminos Rurales			7.7 Km

Es importante señalar que las principales vías de comunicación se dirigen a la carretera que une a San Luis Potosí, S.L.P., con Rioverde, S.L.P.

#### 2.3.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos maíz y frijol; como cultivo perenne de gran importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999 hay una población total de 1,768 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 1,848 cabezas de ganado porcino; 1,799 cabezas de ganado ovino; 4,913 de ganado caprino; 1,300 cabezas de ganado equino y 500 aves; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables y la actividad de recolección se realiza en varias unidades de producción rural; (iv) *Minería*: El municipio de Cerro de San Pedro tiene actividad minera en la extracción de cobre, plomo, plata y oro, por lo que en el aspecto económico ésta actividad es muy importante; (v) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio dan empleo a varias personas; (vi) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en establecimientos de diferentes giros y tamaños de propiedad privada. El sector oficial también participa; (vii) *Servicios*: Los productos básicos para el hogar y de uso personal son la comercialización general de pequeños establecimientos en el municipio integrándose, en la localidad de Portezuelo.

**Población Económicamente Activa por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 1,035 personas, mientras que la ocupada es de 1,025 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.17 PEA en el municipio**

Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	21.36
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	38.04
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	35.80
Otros	4.8

## 2.4 Municipio: Villa de Arista

### 2.4.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la parte norte de la capital del estado, en la zona centro, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 100°51' de longitud oeste y 22°39' de latitud norte, con una altura de 1,610 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte, al este y al sur con Villa Hidalgo; al oeste con Moctezuma; al suroeste San Luis Potosí. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 97 kilómetros.

**Extensión.** La superficie total del municipio de acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI al año 2000, es de 564.22 km<sup>2</sup> y representa un 0.93% del territorio estatal.

**Orografía.** Se localizan formaciones montañosas, al norte Sierra Las Pilas, al sur se localizan formaciones que alcanzan su mayor altura en Villa Hidalgo. La mayor parte es planicie y en menor grado lomerío suave.

**Hidrografía.** No existen corrientes superficiales de importancia, la única alternativa es la explotación de mantos acuíferos.

**Clima.** Predomina en el municipio el clima semi cálido.

**Principales Ecosistemas.** (i) *Flora:* Matorral macrófilo espinoso, desértico, izotal, nopalero y pastizal. La vegetación se define en el área del municipio por las siguientes especies: gobernadora, mezquite, huizache, hojaseén, castela, corolaria, lechuguilla, maguey, guapilla, zotol, guayule y candelilla; (ii) *Fauna:* La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: liebre, víbora de cascabel, aves silvestres, tejón, gato montes y tlacuache.

**Características y Uso del Suelo.** El suelo es de origen sedimentario con formación aluvial de desarrollo joven, de textura franco arenosa y de estructura de bloque sub angular, es apto para la agricultura y también para la ganadería.

### 2.4.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 21 personas. Su lengua indígena es mixteco y en segundo lugar náhuatl.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 13,747 habitantes, de los cuales 6,965 son

hombres y 6,782 son mujeres. La población total del municipio representa el 0.60 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 27.55 hab/km<sup>2</sup>.

**Tabla C.18 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	6,079	5,864	11,943
1995	6,905	6,582	13,487
2000	6,965	6,782	13,747

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 886 hombres y 918 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en esa década es de 1,804 habitantes.

**Tabla C.19 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1980	9,410	
1990	11,943	2.37
1995	13,487	2.42
2000	13,747	0.38

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994.  
 INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Migración.** En el municipio la tasa neta de migración en el año de 1996 fue de -0.55%.

**Natalidad.** En el año de 1980 el promedio de hijos por mujer era de 6.1 y en el año de 1990 es de 3.3.

**Mortalidad.** La tasa bruta de mortalidad en el municipio en el año de 1980 fue de 4.14%, y en el año de 1996 es de 2.96%.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 11,371 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 486 personas.

#### 2.4.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica, preescolar, primaria, secundaria, capacitación para el trabajo y bachillerato general. Cuenta con una infraestructura de:

- 19 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 25 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 12 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo un bachillerato general y uno de capacitación para el trabajo. De la población de 15 años y más se tienen 6,435 alfabetas contra 1,494 analfabetas que representan el 18.82% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 4 unidades médicas.

**Tabla C.20 Unidades médicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
2			2	

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 92.2% de la población total, quedando el 7.8% sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con 10 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 2,667 viviendas y su promedio de ocupación es de 5 habitantes por vivienda. De esta cifra el 80.09% de viviendas cuenta con agua entubada, el 26.66% cuenta con drenaje y el 84.21% con el servicio de energía eléctrica

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio:* No hay radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan algunas de cobertura estatal: (ii) *Televisión:* Las señales que llegan al municipio son de cobertura estatal y nacional, siendo: 13 estatal; 2, 5 de Televisa y 13 de Tv. Azteca: (iii) *Prensa:* Circulan periódicos del estado siendo: “Pulso”, “El Sol de San Luis”, “El Heraldó” y “San Luis Hoy”, así como revistas de diversa índole; (iv) *Correos:* El municipio cuenta con una agencia de correos; (v) *Teléfonos:* El municipio cuenta con una central telefónica, 5 casetas que se ubican 3 en Villa de Arista, una en Salitrillo y una en el Charquito; (vi) *Estaciones radioeléctricas de aficionados:* Se cuenta con 8 estaciones de radio teléfonos privados de onda corta y 25 usuarios de banda civil permitida.

**Vías de Comunicación.** (i) Caminos: El municipio cuenta con un total de 70.3 km como sigue:

**Tabla C.21 Vías de comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Terracería	Revestida
Alimentadora Estatal	41.9 Km		
Caminos Rurales			28.4 Km.

Es importante señalar que las principales vías de comunicación se dirigen al este con la carretera federal 57 que une a la ciudad de San Luis Potosí; con Matehuala, al noroeste con Moctezuma, S.L.P.

#### 2.4.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura:* Esta actividad tiene como principales cultivos: jitomate, chile, maíz y frijol; como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa a nivel local o hacia la misma región. En cuanto a la producción de jitomate y alfalfa, estas se comercializan en el ámbito



estatal y nacional; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999, hay una población total de 4,975 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 3,690 cabezas de ganado porcino; 748 cabezas de ganado ovino; 8,267 de ganado caprino; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables y la actividad de recolección se realiza con varias unidades de producción rural; (iv) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son establecimientos industriales que dan empleo a varias personas; (v) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en diversos establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a varias personas. El sector oficial participa con establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (vi) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por diversos establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera varios empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 2,832 personas, mientras que la ocupada es de 2,776 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.22 PEA en el municipio**

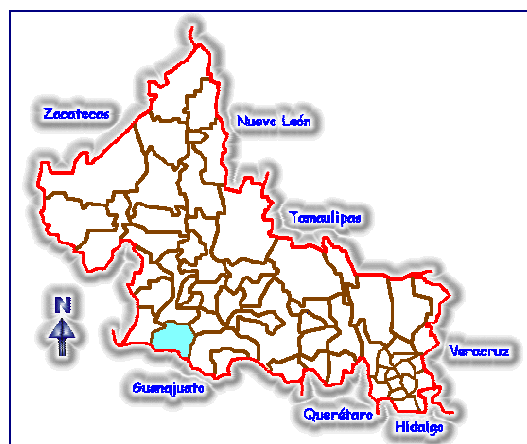
Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	46.10
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	17.18
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	32.38
Otros	4.34

## 2.5 Municipio: Villa de Reyes

### 2.5.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la parte sur del estado, en la zona centro, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 100°56' de longitud oeste y 21°48' de latitud norte, con una altura de 1,820 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte, San Luis Potosí; al noreste, Villa de Zaragoza; al este, Santa María del Río; al sur, el estado de Guanajuato; al oeste, Villa de Arriaga. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 45 kilómetros.

**Figura C.7 El municipio de Villa de Reyes**



**Extensión.** La superficie total del municipio de acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI al año 2000, es de 1,041.09 km<sup>2</sup> y representa el 1.72% del territorio estatal.

**Orografía.** En la parte noreste del municipio se encuentra la sierra de San Miguelito con una altura de 2,780 metros. La parte central son llanuras y el resto del municipio está formado por cerros y lomeríos.

**Hidrografía.** Cuenta con un excepcional sistema de arroyos, que ha permitido levantar gran cantidad de presas de importancia como son: La Providencia, Plan de San Luis, Golondrinas, Cabras, Dolores de Jesús, San Vicente, Boca de Santiago; así mismo se cuenta con lagunas de importancia como la de Arriba y la de Abajo. Comprende dos regiones hidrológicas: la 37 y la 26; sus arroyos son: El Paso Hondo y El Grande, sólo conducen agua durante la época de lluvias. Existen aproximadamente 60 pozos de bombeo que se explotan para agua potable y uso pecuario, agrícola, industrial y doméstico. En el municipio se encuentra el río Altamira y la presa de San Isidro. En la zona riolítica del municipio, por el rumbo de Bledos, se da origen al arroyo Enramadas, que junto con el Fuerte de Santa María del Río y el de Tierra Nueva, del municipio de Tierra Nueva, dan origen al Río Santa María.

**Clima.** Semi seco templado al poniente y al sureste, una franja que va de sur a norte y de sur a oriente de clima seco templado; en la parte noreste colindando con San Luis Potosí, Zaragoza y Santa María del Río, su clima es seco semi cálido. La temperatura media anual es de 19.5°C con una máxima absoluta de 35°C y una mínima absoluta de 3°C. La temperatura cálida se extiende de abril a septiembre y el período frío de octubre a marzo; las heladas se presentan entre noviembre y febrero, aunque con mayor frecuencia en diciembre y enero. Precipitación pluvial anual de 360 mm.

**Principales Ecosistemas:** (i) *Flora:* El tipo de vegetación es típico de las zonas templadas áridas, teniendo asociaciones como matorral desértico micrófilo, matorral espinoso, crasirosifolios espinoso, nopalera cardonal, izotal y pastizal, de cuyas combinaciones se tienen las siguientes especies: gobernadora, mezquite, huizache, hojasén, corolaria, guayule, maguey, lechuguilla, guapilla, zotal, nopalera, palma china, garambullo, guiotilla, teteches, zacates, navajita, lobero, borreguero y banderilla; (ii) *Fauna:* La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: liebre, conejo, ardilla, coyote y venado.

**Recursos Naturales.** El municipio cuenta con el parque nacional Gogorrón como área natural protegida con decreto del Diario Oficial de la Federación del 22 de septiembre de 1936, con una superficie de 25,000.00 ha.

**Características y Uso del Suelo.** Son de origen sedimentarios con formación insituvial; el color varía de café claro a café grisáceo, de textura franco a franco arenosa, estructura fina en los horizontes superficiales y de bloques sub angulares con desarrollo débil. La permeabilidad moderada a rápida y el drenaje interno es deficiente. El suelo es apto para la agricultura.

### 2.5.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 46 personas. Su lengua indígena es el huasteco y el náhuatl.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 40,602 habitantes, de los cuales 20,045 son hombres y 20,557 son mujeres. La población total del municipio representa el 1.77 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 36.18 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.23 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	17,165	17,260	34,425
1995	19,442	19,484	38,926
2000	20,045	20,557	40,602

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 2,880 hombres y 3,297 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en ésa década es de 6,177 habitantes.

**Tabla C.24 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	14,174	
1960	16,906	1.76
1970	20,665	2.00
1980	27,196	2.73
1990	34,425	2.35
1995	38,926	2.45
2000	40,602	0.84

Fuente: [CONAPO](#), La población de los municipios de México 1950-1990, 1994.  
[INAFED](#), Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 34,474 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 591 personas.

### 2.5.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica (preescolar, primaria, secundaria), capacitación para el trabajo, profesional medio y nivel medio superior. Cuenta con una infraestructura de:

- 50 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 62 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 30 escuelas secundarias en el área urbana rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo: 1 de capacitación para el trabajo, 1 de profesional medio y 1 de nivel medio superior. De la población de 15 años y más se tienen 20,670 alfabetas contra 3,263 analfabetas que representan el 13.63% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 9 unidades médicas.

**Tabla C.25 Unidades médicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
4	1		4	

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 97.8% de la población total, quedando el 2.2% de la población sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con 10 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Abasto.** El municipio cuenta con un centro receptor de productos básicos, además cuenta con una bodega de Boruconsa.

**Deporte.** Existen canchas para la práctica de fútbol, básquetbol, voleibol, béisbol, fútbol rápido. Asimismo se practica el atletismo y el ciclismo.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 7,158 viviendas particulares y su promedio de ocupación es de 5 habitantes por vivienda. De esta cifra el 66.86% de viviendas cuenta con agua entubada, el 35.86% cuenta con drenaje y el 89.54% con el servicio de energía eléctrica

**Servicios Públicos.** Los recursos financieros, humanos y de infraestructura alcanzan al municipio para tener una cobertura de servicios públicos en el orden de:

**Tabla C.26 Servicios públicos en el municipio**

Servicio	Cobertura %
Agua potable, alcantarillado y saneamiento	80
Alumbrado público	80
Limpia (recolección de basura y limpia en vías públicas)	80
Mercados y centrales de abasto	90
Panteones	100
Rastro	90
Seguridad pública	40

Cabe decir que el ayuntamiento también administra los servicios de parques y jardines, edificios públicos, unidades deportivas y recreativas, monumentos y fuentes, entre otros.

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio*: No hay radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan algunas de cobertura estatal con un aproximado de 20 a 22 estaciones de radio AM y FM; (ii) *Televisión*: No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura estatal y nacional, siendo: 7 y 13 de la capital del estado, 2,5 y 9 de Televisa así como 7 y 13 de TV Azteca; (iii) *Prensa*: Circulan periódicos regionales, del estado y nacionales, así como revistas de diversa índole; (iv) *Correos*: El municipio cuenta con una administración y una agencia de correos; (v) *Telégrafos*: El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con una agencia; (vi) *Teléfonos*: El municipio si cuenta con este servicio; (vii) *Estaciones radioeléctricas de aficionados*: Se cuenta con 3 estaciones de radio aficionados en el municipio.

**Vías de Comunicación.** (i) *Caminos*: El municipio cuenta con un total de 82.0 kilómetros de los cuáles 26.3 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:

**Tabla C.27 Vías de comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Terracería	Revestida
Alimentadora Estatal	36.4 Km.		
Caminos Rurales			19.3 Km.

Es importante señalar que las principales vías de comunicación se dirigen al noreste con la carretera federal 57 que une a la ciudad de México, D.F., con la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P., al sur con San Felipe, Gto; (ii) *Ferrocarril*: Debido a la reestructuración de la empresa de ferrocarriles, el municipio cuenta con el servicio de carga, habiendo desaparecido el servicio de pasajeros.

#### 2.5.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos: maíz, frijol y chile; como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región. En cuanto a la producción de alfalfa esta se comercializa en el ámbito estatal y nacional; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999, hay una población total de 53,374 cabezas de ganado bovino; destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 1,190 cabezas de ganado porcino; 101,800 cabezas de ganado ovino; 33,386 de ganado caprino; 23,517 aves de corral para carne y huevo; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables y la actividad de recolección se realiza con varias unidades de producción rural; (iv) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son establecimientos industriales que dan empleo a varias personas; (v) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en varios establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a varias personas. El sector oficial participa con establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (vi) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por diversos establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 11,159 personas, mientras que la ocupada es de 11,071 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.28 PEA en el municipio**

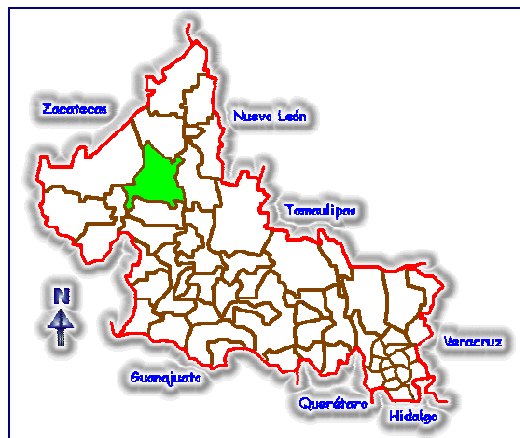
Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	27.60
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	42.04
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	27.04
Otros	3.32

## 2.6 Municipio: Charcas

### 2.6.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la parte norte del estado, en la zona altiplano, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas 101°07' de longitud oeste y 23°08' de latitud norte, con una altura de 2,010 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte con Catorce, al este Villa de Guadalupe, al sur Venado, al oeste Santo Domingo y Salinas.

**Figura C.8 El municipio de Charcas**



**Extensión.** De acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI, al año 2000, la superficie total del municipio es de 2,164.66 Km<sup>2</sup> y representa el 3.58% del territorio estatal.

**Orografía.** Se distinguen dos regiones montañosas formadas por las sierras Los Picachos del Mulillo, atraviesa de norte a sur. En la parte central del municipio se localiza la principal zona minera con yacimientos de mercurio y antimonio.

**Hidrografía.** Tiene pocos lugares de escurrimientos superficiales. Existen arroyos intermitentes que en épocas de lluvias arrastran gran cantidad de guijarros y arenas; los principales ríos son: San Pedro, Laguna los Codornices, Los Mireles y Las Cuevas.

**Clima.** En la mayor parte del municipio predomina el seco templado, al sur seco semi cálido y al este semi seco templado.

**Principales Ecosistemas.** (i) *Flora*: La vegetación se define en el área del municipio por las siguientes especies: gobernadora, mezquite, huizache, hojasén, granjeno y nopaleras; (ii) *Fauna*: La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: liebre, aves silvestres, víboras, venados, gato montes, tigrillo y arácnidos.

**Recursos Naturales.** Su territorio destaca por que en él se encuentran productos minerales como oro, plata, zinc, cobre, plomo, ónix y mármol.

**Características y Uso del Suelo.** Se clasifica como litosol eútrico calcárico con textura media, es de topografía plana con pendientes menores del 8%. El uso del suelo es pecuario.

### 2.6.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 45 personas. Su lengua indígena es el huasteco y el náhuatl.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 21,070 habitantes, de los cuales 10,389 son hombres y 10,681 son mujeres. La población total del municipio representa el 0.92 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 9 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.29 Población el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	10,449	10,363	20,812
1995	10,723	10,678	21,401
2000	10,389	10,681	21,071

**Tabla C.30 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	19,065	
1960	20,792	.87
1970	22,235	.67
1980	21,470	-.35
1990	20,812	-.31
1995	21,401	.55
2000	21,071	-.31

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994.  
 INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 17,960 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 595 personas.

### 2.6.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica, preescolar, primaria, secundaria, nivel medio superior y profesional medio. 44 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.

- 67 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 24 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo: 2 escuelas de bachillerato general y una escuela de profesional medio. De la población de 15 años y más se tienen 11,516 alfabetas contra 1,918 analfabetas que representan el 14.25% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 7 unidades médicas.

**Tabla C.31 Unidades Médicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
2	1	1	3	

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 75.2% de la población total, quedando el 24.8% de la población sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con una casa de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 4,632 viviendas y su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 62.67% de viviendas cuenta con agua entubada, el 56.11% cuenta con drenaje y el 68.50% con el servicio de energía eléctrica

**Servicios Públicos.** Los recursos financieros, humanos y de infraestructura alcanzan al municipio para tener una cobertura de servicios públicos en el orden de:

**Tabla C.32 servicios públicos en el municipio**

Servicio	Cobertura %
Agua potable, alcantarillado y saneamiento	73
Alumbrado público	48
Limpia (recolección de basura y limpia en vías públicas)	80
Mercados y Centrales de Abasto	1
Panteones	1
Rastros	1
Seguridad pública	5

Cabe decir que el ayuntamiento también administra los servicios de parques y jardines, edificios públicos, unidades deportivas y recreativas, monumentos y fuentes, entre otros.



**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio*: No existen radiodifusoras locales sin embargo se escuchan de cobertura estatal las siguientes: 98.3 F.M. Estéreo Globo 98.5 F.M. Estéreo Rey 93.3 F.M. Estéreo Vida 96.1 F.M. Estéreo Sensación 97.7 F.M. La Comadre 5.40 A.M. La Ke Buena; (ii) *Televisión*: No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura nacional, siendo las siguientes: canal 2 y 9 de Televisa y canal 7 y 13 de TV Azteca; (iii) *Prensa*: Circulan 3 periódicos de la capital del estado y son: “El Sol de San Luis”, “Pulso” y “Heraldo”, así como revistas de diversa índole; (iv) *Correos*: El municipio cuenta con una administración y 5 expendios en pequeños comercios además de diversos expendios en instituciones públicas; (v) *Telégrafos*: El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con una administración; (vi) *Teléfonos*: El municipio si cuenta con este servicio, además tiene el servicio de telefonía rural en las localidades más lejanas.

**Vías de Comunicación.** El municipio cuenta con un total de 213.3 kilómetros de caminos, de los cuáles 46.9 son de carretera troncal federal, 36.7 de alimentadora estatal pavimentada, teniendo 129.7 km de caminos rurales revestidos.

#### 2.6.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos al maíz y frijol. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999 hay una población total de 6,400 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 2,344 cabezas de ganado porcino; 18,574 cabezas de ganado ovino; 22,380 de ganado caprino; 4,685 de ganado equino; 15,762 aves de corral para carne y huevo; 150 colmenas para producción de miel; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables y la actividad de recolección se realiza con unidades de producción rural; (iv) *Minería*: El municipio de Charcas tiene actividad minera en la extracción de zinc, cobre, plomo, plata y oro, por lo que en el aspecto económico ésta actividad es muy importante; (v) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son industriales que dan empleo a varias personas; (vi) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a varias personas. El sector oficial participa con establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana (vii) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 6,019 personas, mientras que la ocupada es de 5,971 y se presenta de la siguiente manera:

Tabla C.33 PEA en el municipio

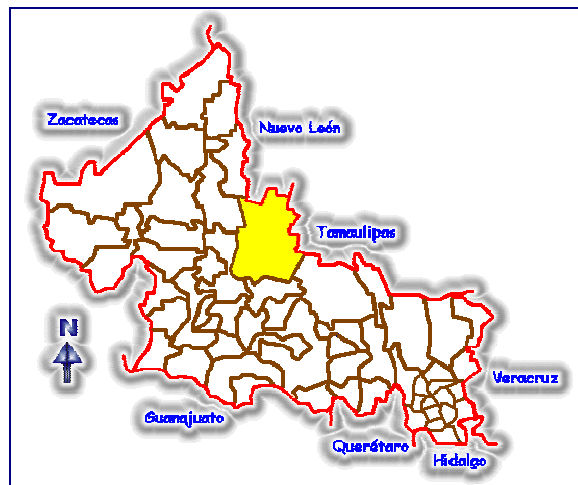
Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	24.75
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	33.77
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	39.70
Otros	1.78

## 2.7 Municipio: Guadalcázar

### 2.7.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la zona altiplano, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 100°24' de longitud oeste y 22°37' la latitud norte, con una altura de 1,640 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte, Nuevo León, al este, Ciudad del Maíz y estado de Tamaulipas, al sur, Cerritos, al oeste, Villa Hidalgo y Villa de Guadalupe.

Figura C.9 El municipio de Guadalcázar



**Extensión.** De acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI, al año 2000, la superficie total del municipio es de 3,783.95 km<sup>2</sup> y representa el 6.25% del territorio estatal.

**Orografía.** El municipio se encuentra configurado principalmente por las derivaciones que se orientan de sur a norte de los sistemas topográficos del sur del estado sobre la cual se localiza la sierra de Álvarez, que constituye el macizo montañoso que separa el altiplano de las llanuras que forman la cuenca de Rioverde. Así también se encuentra la sierra de Guadalcázar y numerosos cerros como el Del Grande, el de Son Lucas, el de Las Comadres, el de los arcos, etc.

**Hidrografía.** No existen ríos ni arroyos, sin embargo existen escurrimientos superficiales, además cuenta con un manto acuífero subterráneo denominado Guadalcázar-Villa Hidalgo.

**Clima.** Toda la región este y gran parte de la noroeste es seco semicálido y en el suroeste predomina semi seco, semi cálido y semi seco templado y en una pequeña porción es templado sub húmedo con algunas lluvias en verano. La temperatura media anual es de 18.1°C, la máxima se presenta en el mes de mayo, la mínima absoluta es de 7°C para el mes de diciembre; la precipitación pluvial es de 780.3

mm. La precipitación media anual es de 355 milímetros, que se distribuyen de forma desigual en el municipio, por lo que en la mayor parte del territorio hay sequías recurrentes.

**Principales Ecosistemas.** El municipio cuenta con el Real de Guadalcázar, como área natural protegida en la modalidad de Reserva Estatal, según Decreto de fecha 20 de septiembre de 1997.

(i) *Flora:* Los tipos de vegetación se han definido por su fisonomía, derivada a su vez de la forma de sus espacios dominantes; así encontramos los siguientes tipos: matorral desértico, espinoso, micrófilo, nopalera, izotal, cardonal y pastizal; (ii) *Fauna:* La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: liebres, víboras de cascabel y aves silvestres. Algunas especies en peligro de extinción como la víbora de cascabel, aguilillas y venado de cola blanca.

**Recursos Naturales.** Se cuenta con yacimientos de yeso y mármol factibles de ser explotados.

**Características y Uso del Suelo.** En su totalidad cuenta con suelos de origen sedimentario, derivándose de rocas calcáreas, lutitas y areniscas. Su modo de formación es aluvial y coluvial; su topografía es variable, existen áreas planas y otras como la ladera y cerros con pendientes mayores y relieve ondulado.

### 2.7.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 81 personas. Su lengua indígena es el huasteco y el otomí.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 25,359 habitantes, de los cuales 12,702 son hombres y 12,657 son mujeres. La población total del municipio representa el 1.10 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 5.97 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.34 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	13,826	13,313	27,139
1995	13,795	13,179	26,974
2000	12,702	12,657	25,359

**Tabla C.35 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	20,373	
1960	27,103	2.83
1970	25,786	-0.50
1980	28,357	0.95
1990	27,139	-0.44
1995	26,974	-0.09
2000	25,359	-1.22

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994. INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 20,063 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 2,280 personas.

### 2.7.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica (preescolar, primaria, secundaria) y nivel medio superior.

- 55 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 71 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 42 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo este 2 escuelas de bachillerato general. De la población de 15 años y más se tienen 12,021 alfabetas contra 3,538 analfabetas que representan el 22.73% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 13 unidades médicas.

**Tabla C.36 Unidades médicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
4	1		8	1

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 82.1 % de la población total, quedando el 17.9 % de la población sin acceso a los servicios médicos.

**Abasto.** El municipio cuenta con un total de 2 centros receptores de productos básicos, además cuenta con 2 bodegas de Boruconsa.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 5,320 viviendas y su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 28.25% de viviendas cuenta con agua entubada, el 7.42% cuenta con drenaje y el 75.04% con el servicio de energía eléctrica.

**Servicios Públicos.** La cabecera municipal cuenta con tiene todos los servicios de urbanización en un 80% de la población: Energía eléctrica, agua potable, drenaje, pavimentación y un panteón municipal.

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio:* No existen radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan otras con cobertura estatal y son: XEWA-540 A.M. XECZ-960 A.M; (ii) *Televisión:* No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura nacional con los canales 2 de Televisa, 7 y 13 de TV Azteca; (iii) *Correos:* El municipio cuenta con 2 agencias de correos; (iv) *Teléfonos:* El municipio si cuenta con servicio telefónico en la cabecera municipal y en casi todas las localidades existen casetas telefónicas; (v) *Transporte:* En cuanto a medios de transporte, existe

la línea de Autobuses Potosinos, que cubre la ruta Guadalcázar - San Luis Potosí y viceversa con corridas todos los días cada dos horas a partir de las 6:00 A.M. hasta las 20:00 P.M.

**Vías de Comunicación.** El municipio cuenta con un total de 540.9 kilómetros de caminos, de los cuáles 177.4 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:

**Tabla C.37 Vías de comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Terracería	Revestida
Alimentadora Estatal	52.0 Km		
Caminos Rurales		46.8	264.7 Km.

Es importante señalar que la principal vía de comunicación se dirige a la carretera que une a San Luis Potosí, S.L.P., con Matehuala, S.L.P.

#### 2.7.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura:* Esta actividad tiene como principales cultivos maíz, frijol y sorgo; y como perennes que tienen importancia en la región están la alfalfa y la caña de azúcar. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región; (ii) *Ganadería:* Según el censo al 31 de diciembre de 1999 hay una población total de 22,060 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 1,500 cabezas de ganado porcino; 1,900 cabezas de ganado ovino; 41,950 de ganado caprino; 9,875 cabezas de ganado equino; 5,200 aves de corral para carne y huevo; 280 colmenas para producción de miel; (iii) *Silvicultura:* La actividad forestal de productos maderables se da con unidades de producción rural. Por otra parte la actividad de recolección se realiza con diversas unidades de producción rural; (iv) *Minería:* El municipio de Guadalcázar tiene actividad minera en la extracción del yeso por lo que en el aspecto económico ésta actividad es muy importante; (v) *Industria manufacturera:* Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio dan empleo a varias personas; (vi) *Comercio:* La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando varias personas. El sector oficial participa con establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (vii) *Servicios:* La demanda de servicios en el municipio es atendida por diversos establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera empleos en la población local.

**Población Económicamente Activa por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 6,295 personas, mientras que la ocupada es de 6,132 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.38 PEA en el municipio**

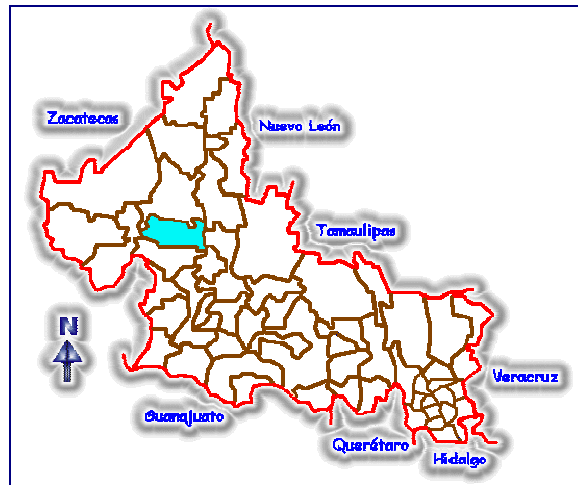
Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	46.60
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	25.45
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	22.97
Otros	4.8

## 2.8 Municipio: Venado

### 2.8.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la parte norte del estado, en la zona altiplano, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 101°06' de longitud oeste y 22°56' de latitud norte, con un altura de 1,790 metros sobre el nivel del mar. Sus límites son: al norte, Charcas; al este, Villa de Guadalupe y Villa Hidalgo; al sur, Moctezuma; al oeste, Salinas de Hidalgo. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 113 kilómetros.

**Figura C.10 El municipio de Venado**



**Extensión.** La superficie total del municipio, de acuerdo al Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística, del INEGI al año 2000, es de 1,218.20 km<sup>2</sup> y representa el 2.01% del territorio estatal.

**Orografía.** Al noreste del municipio se encuentra la sierra de Coronado, que tiene alturas hasta de 2,650 metros y se forman pequeñas serranías con los límites del municipio de Charcas.

**Hidrografía.** El municipio carece de corrientes superficiales importantes. Existen solamente pozos a cielo abierto de poca profundidad, los mantos acuíferos son la única solución para incorporar áreas de riego; algunos pozos ya perforados han reportado alta salinidad con bajo contenido de sodio. Algunos arroyos intermitentes son: Arroyo Cañada Verde, cruza el municipio de Venado y Magdalenas, en el extremo suroeste se encuentra el Arroyo El Tule y cruzando la cabecera municipal el Arroyo de Los Elotes y entre otros de menor importancia que se localizan en el territorio son: El Culebra, El Laurel, El Sotol, Las Canteritas y el Tepozán.

**Clima.** Se define como semi seco templado, domina la parte poniente del municipio del centro al sur, en la parte central seco semi cálido; al oriente una franja de seco semi cálido, en el extremo noreste una porción de seco semi cálido. La precipitación pluvial anual en el municipio es de 460 mm.; la temperatura media anual es de 18.5°C, con una máxima absoluta de 37.7°C que se presenta en mayor y julio y una mínima absoluta de 3°C para el mes de enero.

**Principales Ecosistemas.** (i) *Flora:* Predomina el matorral desértico, micrófilo espinoso, nopalera, izotal y pastizal; las principales especies de estas combinaciones que existen en el

municipio son: gobernadora, mezquite, huizache, hojasén, granjeno, castela, corolaria, guayule, candelilla, maguey, lechuguilla, guapilla, sotol, palma china, palma loca, candelabros, órganos y teteches; (ii) *Fauna*: La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: liebre, venado, aves silvestres, víbora de cascabel y roedores.

**Características y Uso del Suelo.** Sedimentarios de formación coluvial aluvial, de textura media que predomina en todo el municipio, apto para el pastoreo, ganado menor, ovino y caprino.

### 2.8.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 29 personas. Su lengua indígena es el náhuatl y el mixteco.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 14,205 habitantes, de los cuales 7,063 son hombres y 7,142 son mujeres. La población total del municipio representa el 0.62 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 10.44 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.39 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	7,040	7,033	14,073
1995	7,508	7,268	14,794
2000	7,063	7,142	14,205

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 23 hombres y 109 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en ésta década es de 132 habitantes.

**Tabla C.40 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	11,359	
1960	12,493	.95
1970	12,265	-.18
1980	13,720	1.12
1990	14,073	.25
1995	14,794	.99
2000	14,205	-.80

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994. INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 11,930 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 661 personas.

### 2.8.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica, preescolar, primaria, secundaria, capacitación para el trabajo y nivel medio superior. Cuenta con una infraestructura de:

- 34 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 52 escuelas primarias en el área urbana y rural.
- 22 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo uno de capacitación para el trabajo y uno de nivel medio superior. De la población de 15 años y más se tienen 7,626 alfabetas contra 1,313 analfabetas que representan el 14.68% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 8 unidades médicas

**Tabla C.41 Unidades medicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
2	1		5	

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 95.5% de la población total, quedando el 4.5% de la población sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con 6 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc. Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 95.5% de la población total, quedando el 4.5% de la población sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con 6 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 3,080 viviendas particulares y su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 57.86% de viviendas cuenta con agua entubada, el 34.42% cuenta con drenaje y el 72.63% con el servicio de energía eléctrica

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio*: No hay radiodifusoras locales, sin embargo se escuchan algunas de cobertura estatal en banda A.M; (ii) *Televisión*: No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura nacional, siendo: los canales 2 y 5 de Televisa y 13 de TV. Azteca; (iii) *Correos*: El municipio cuenta con una administración de correos; (iv) *Telégrafos*: El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con una agencia; (v) *Teléfonos*: El municipio si cuenta con este servicio; (vi) *Estaciones radioeléctricas de aficionados*: Se cuenta con 3 estaciones de radio aficionados en el municipio

**Vías de Comunicación.** (i) *Caminos*: El municipio cuenta con un total de 162.5 kilómetros de los cuáles 25.0 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:



**Tabla C.42 Vías de comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Terracería	Revestida
Alimentadora Estatal	25.7 Km		
Caminos Rurales			111.8 Km.

Es importante señalar que las principales vías de comunicación se dirigen al norte a Charcas, S.L.P., y al sur a Moctezuma, S.L.P.: (ii) *Ferrocarril*: Debido a la reestructuración de la empresa de ferrocarriles, el municipio cuenta con el servicio de carga, habiendo desaparecido el servicio de pasajeros.

#### 2.8.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos: maíz, jitomate, frijol y chile; como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa a nivel local o hacia la misma región. En cuanto a la producción de jitomate y alfalfa estas se comercializan en el ámbito estatal y nacional; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999, hay una población total de 6,690 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 2,170 cabezas de ganado porcino; 15,775 cabezas de ganado ovino; 23,590 de ganado caprino; 14,295 aves de corral para carne y huevo; 1,147 colmenas para producción de miel; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables y la actividad de recolección se realiza con varias unidades de producción rural; (iv) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son establecimientos industriales que dan empleo a varias personas; (v) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en diversos establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a varias personas. El sector oficial participa con diversos establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (vi) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por diversos establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera varios empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 3,760 personas, mientras que la ocupada es de 3,744 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.43 PEA en el municipio**

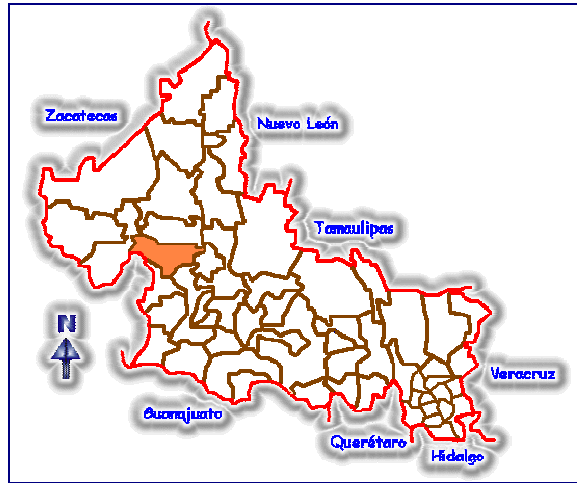
Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	42.41
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	21.34
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	32.15
Otros	4.1

## 2.9 Municipio: Moctezuma

### 2.9.1 Medio físico

**Localización.** El municipio se encuentra localizado en la parte noroeste del estado, en la zona altiplano, la cabecera municipal tiene las siguientes coordenadas: 101°05' de longitud oeste y 22°45' de latitud norte, con una altura de 1,720 metros sobre el nivel del mar, sus límites son: al norte, Venado, al este, Villa de Arista, al sureste San Luis Potosí, al sur Ahualulco y el estado de Zacatecas, al oeste Salinas. Su distancia aproximada a la capital del estado es de 85 kilómetros.

**Figura C.10 El municipio de Moctezuma**



**Extensión.** De acuerdo con el Sistema Integral de Información Geográfica y Estadística del INEGI, al año 2000, la superficie total del municipio es de 1,268.53 km<sup>2</sup> y representa el 2.10% del territorio estatal.

**Orografía.** Se localizan dos regiones montañosas bien definidas dentro de este municipio; una es la denominada El Durazno, la cual se sitúa en la porción norte y El Jacalón, que se localiza al suroeste del municipio.

**Hidrografía.** No existen corrientes superficiales aprovechables, sólo en épocas de extraordinaria precipitación. La explotación de mantos acuíferos subterráneos es la única solución para emplear aguas de riego.

**Clima.** Su precipitación anual es de 349 mm., abarcando el periodo lluvioso de junio a septiembre; la temperatura media anual es de 18.2°C, con una máxima absoluta de 9°C para el mes de diciembre.

**Principales Ecosistemas.** (i) *Flora:* Su flora predominante es propia de zonas semi desértica: matorral desértico, macrófilo espinoso, nopalera, izotal, cardonal y pastizal. (ii) *Fauna:* La fauna se caracteriza por las especies dominantes como: venado, (casi en extinción), liebre, víbora, aves silvestres, reptiles, ardillas y arácnidos.

**Características y Uso del Suelo.** Sus suelos son de origen sedimentario, de textura franco a franco arcilloso, con drenaje deficiente y permeabilidad moderada; presenta variables de relieve y es ondulado, se explota su suelo en la actividad pecuaria.

### 2.9.2 Perfil sociodemográfico

**Grupos Étnicos.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) la población total de indígenas en el municipio asciende a 52 personas. Su lengua indígena es el náhuatl.

**Evolución Demográfica.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda 2000 efectuado por el INEGI, la población total del municipio es de 19,904 habitantes, de los cuales 9,656 son hombres y 10,248 son mujeres. La población total del municipio representa el 0.87 por ciento, con relación a la población total del estado. Su densidad de población es de 14.67 habitantes por kilómetro cuadrado.

**Tabla C.44 Población en el municipio**

Año	Población		
	Hombres	Mujeres	Total
1990	9,453	9,584	19,037
1995	9,234	9,642	18,876
2000	9,656	10,248	19,904

Entre el año de 2000 y 1990 la diferencia es de 203 hombres y 664 mujeres, por lo que el crecimiento absoluto en esa década es de 867 habitantes.

**Tabla C.45 Población total y tasa de crecimiento intercensal**

Año	Población	Tasa de Crecimiento
1950	11,760	
1960	14,766	2.27
1970	14,650	-0.08
1980	16,710	1.31
1990	19,037	1.30
1995	18,876	-0.16
2000	19,904	1.06

Fuente: CONAPO, La población de los municipios de México 1950-1990, 1994. INAFED, Sistema Nacional de Información Municipal, México, 2002.

**Religión.** Al año 2000, de acuerdo al citado Censo efectuado por el INEGI, la población de 5 años y más que es católica asciende a 16,915 habitantes, mientras que los no católicos en el mismo rango de edades suman 493 personas.

### 2.9.3 Infraestructura social y de comunicaciones

**Educación.** El municipio cuenta con servicios de educación básica (preescolar, primaria, secundaria) y nivel medio superior.

- 50 jardines de niños, tanto en el área urbana como rural.
- 63 escuelas primarias en el área urbana y rural.

- 31 escuelas secundarias en el área urbana y rural.

El municipio cuenta con planteles de educación media, siendo: una escuela de bachillerato general. De la población de 15 años y más se tienen 9,820 alfabetas contra 2,037 analfabetas que representan el 17.17% de analfabetismo.

**Salud.** La demanda de servicios médicos de la población del municipio, es atendida por organismos oficiales y privados, tanto en el medio rural como urbano. El municipio cuenta con un total de 7 unidades médicas.

**Tabla C.46 Unidades medicas en el municipio**

Unidades de Primer Nivel de Atención Médica				
S.S.A.	I.M.S.S.	I.S.S.S.T.E	I.M.S.S. Oportunidades	Brigada Médica Móvil
3	1		3	

Esta cobertura de servicios médicos alcanza al 88.1% de la población total, quedando el 11.9% de la población sin acceso a los servicios médicos. El municipio cuenta con 9 casas de salud con su respectiva auxiliar de comunidad en donde se dan pláticas y orientaciones en materia de salud reproductiva, primeros auxilios, etc.

**Vivienda.** De acuerdo al XII Censo General de Población y Vivienda efectuado por el INEGI, el municipio cuenta al año 2000 con 4,001 viviendas y su promedio de ocupación es de 4 habitantes por vivienda. De esta cifra el 36.29% de viviendas cuenta con agua entubada, el 25.57% cuenta con drenaje y el 87.26% con el servicio de energía eléctrica.

**Medios de Comunicación.** En el capítulo de comunicaciones, este municipio presenta el siguiente panorama: (i) *Radio:* No hay radiodifusoras locales sin embargo se escuchan algunas de cobertura estatal siendo: XEWA-540 A.M. de la capital del estado. XECZ- 960 A.M. de la capital del estado; (ii) *Televisión:* No hay canal de televisión local, las señales que llegan al municipio son de cobertura estatal y nacional, siendo: el 13 estatal, 2 de Televisa y 7 y 13 de Tv Azteca; (iii) *Correos:* El municipio cuenta con una administración y un expendio en institución pública; (iv) *Telégrafos:* El servicio de telégrafos que se proporciona en el municipio es para telegramas, giros, fax y cuenta con una agencia; (v) *Teléfonos:* El municipio si cuenta con este servicio, la infraestructura telefónica es de 2 líneas con 4 aparatos telefónicos.

**Vías de Comunicación.** El municipio cuenta con un total de 210.6 kilómetros de caminos, de los cuáles 42.9 son de carretera troncal federal pavimentada, quedando el resto como sigue:

**Tabla C.47 Vías de comunicación en el municipio**

	Pavimentada	Revestida
Alimentadora Estatal	47.0 Km	
Caminos Rurales		120.7 Km

Es importante señalar que las principales vías de comunicación se dirigen al norte a Venado, S.L.P. , al este a Villa de Arista, S.L.P., y al sur a Aqualulco, S.L.P.

### 2.9.4 Actividad económica

**Principales Sectores, Productos y Servicios.** (i) *Agricultura*: Esta actividad tiene como principales cultivos: maíz, frijol y jitomate, como cultivos perennes que tienen importancia en la región está la alfalfa. La comercialización de los productos debido a las necesidades humanas se destina al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializa en el ámbito local o hacia la misma región. En cuanto a la producción de jitomate este se comercializa en el ámbito estatal y nacional; (ii) *Ganadería*: Según el censo al 31 de diciembre de 1999, hay una población total de 10,031 cabezas de ganado bovino, destinado para la producción de leche, carne y para el trabajo; 12,300 cabezas de ganado porcino; 15,338 cabezas de ganado ovino, 32,672 de ganado caprino; (iii) *Silvicultura*: En el municipio se lleva a cabo la actividad forestal de productos maderables; (iv) *Industria manufacturera*: Las diversas empresas manufactureras dentro del municipio son establecimientos industriales que dan empleo a varias personas; (v) *Comercio*: La actividad comercial del municipio se lleva a cabo en establecimientos de diferentes giros y tamaños, de propiedad privada, empleando a varias personas. El sector oficial participa con establecimientos comerciales, tanto en la zona rural como urbana; (vi) *Servicios*: La demanda de servicios en el municipio es atendida por establecimientos y la oferta es diversificada para atender necesidades personales, profesionales, de reparación y mantenimiento, de bienestar social, cultural y de recreación entre otros. Esta actividad genera empleos entre la población local.

**Población Económicamente Activa por Sector.** De acuerdo con cifras al año 2000 presentadas por el INEGI, la población económicamente activa total del municipio asciende a 3,674 personas, mientras que la ocupada es de 3,650 y se presenta de la siguiente manera:

**Tabla C.48 PEA en el municipio**

Sector	Porcentaje
Primario (Agricultura, ganadería, caza y pesca)	47.91
Secundario (Minería, petróleo, industria manufacturera, construcción y electricidad)	20.95
Terciario (Comercio, turismo y servicios)	25.53
Otros	5.61

### 3. Características del crecimiento de la población y la demanda en la zona central de San Luis Potosí

De acuerdo con el Consejo Nacional de Población, y tomando como dato de partida la información correspondiente al Censo General de Población y Vivienda en el Año 2000, se tienen los siguientes datos correspondientes a población actual y futura para el año 2030 (ver **Tabla C.49**).

**Tabla C.49 Proyecciones de población en los municipios de la zona de estudio, CONAPO, 2000-2030**

Clave	Entidad federativa o municipio	2000	2004	2005	2010	2015	2020	2025	2030
	República Mexicana	100 569 263	105 349 837	106 451 679	111 613 906	116 344 933	120 639 160	124 329 636	127 205 586
	San Luis Potosí	2 338 436	2 398 690	2 409 311	2 452 198	2 489 133	2 522 680	2 547 201	2 555 979
	Valle de San Luis Potosí	870 353	907 478	915 236	951 003	985 853	1 020 740	1 053 292	1 080 426
24009	Cerro de San Pedro	3 480	3 716	3 769	4 020	4 263	4 503	4 730	4 927
24028	San Luis Potosí	682 075	702 322	706 153	722 789	738 457	753 917	767 459	776 967
24035	Soledad de Graciano Sánchez	184 798	201 440	205 314	224 194	243 133	262 320	281 103	298 532
	Villa de Reyes	41 251	41 855	41 909	41 920	41 722	41 375	40 790	39 866
24050	Villa de Reyes	41 251	41 855	41 909	41 920	41 722	41 375	40 790	39 866
	Villa de Arista	95 604	95 671	95 505	94 250	92 693	90 960	88 903	86 353
24056	Villa de Arista	13 948	14 061	14 075	14 114	14 123	14 109	14 062	13 965
24015	Charcas	21 397	21 645	21 659	21 616	21 491	21 321	21 053	20 637
24017	Guadalcázar	25 630	24 986	24 785	23 709	22 613	21 533	20 446	19 328
24022	Moctezuma	20 203	20 390	20 390	20 267	20 040	19 740	19 330	18 765
24045	Venado	14 426	14 589	14 596	14 544	14 426	14 257	14 012	13 658

### 3.1 La demanda de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el acuífero de Villa de Reyes<sup>1</sup>

Como se ha comentado anteriormente, el acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes se ubica en la porción centro de la República Mexicana cubriendo el extremo norte del estado de Guanajuato, que corresponde al Valle de Jaral de Berrios, y parte del suroeste del estado de San Luis Potosí, correspondiente al área de Villa de Reyes<sup>2</sup>.

Con base en la información disponible en los Censos Generales de Población y Vivienda del año 2000, así como en las proyecciones de población que ha formulado el Consejo Nacional de Población, se presenta a continuación las condiciones actuales y futuras de la demanda de agua con fines urbano-industriales de la región.

En primer término, se presenta a continuación la información correspondiente a la población de la zona de estudio, en donde se asientan algunas comunidades: Jaral de Berrios, San Bartolo de Berrios, San Pedro Almoloya, Villa de Reyes, Laguna de San Vicente, Emiliano Zapata, Pardo, Bledós, La Ventila y el Rosario que se abastecen de agua del acuífero.

La población actualmente asentada en esta zona asciende a 28,546 habitantes que hacen uso del agua del acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes en los estados de Guanajuato y San Luis Potosí.

Se tomó la información del Consejo Nacional de Población sobre el crecimiento esperado de la zona de estudio, obteniéndose lo siguiente:

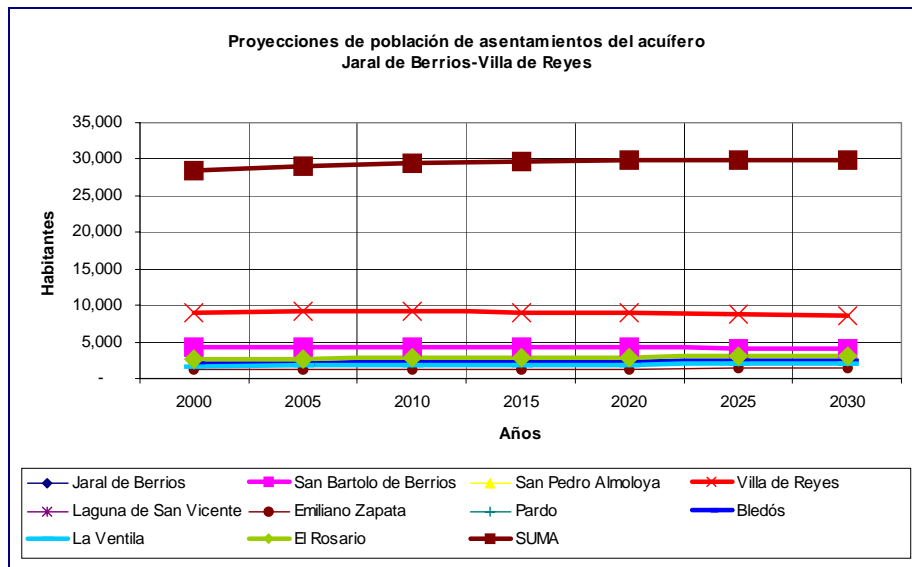
<sup>1</sup> Anexo E. Manejo Sostenible del Agua Subterránea del acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, 2003. CNA-BM-OMM.

<sup>2</sup> Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, estados de Guanajuato y San Luis Potosí, Colegio de Postgraduados, Instituto de Recursos Naturales, Especialidad en Hidrociencias, noviembre de 2000

**Tabla C.50 Proyección de población en localidades del acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, CONAPO**

Localidad	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Jaral de Berrios	2,112	2,149	2,154	2,142	2,117	2,078	2,023
San Bartolo de Berrios	4,232	4,306	4,316	4,292	4,243	4,165	4,054
San Pedro Almoloya	2,155	2,193	2,198	2,186	2,160	2,121	2,064
Villa de Reyes	9,000	9,144	9,146	9,103	9,027	8,899	8,698
Laguna de San Vicente	2,656	2,731	2,807	2,886	2,967	3,050	3,136
Emiliano Zapata	1,183	1,216	1,250	1,285	1,322	1,359	1,397
Pardo	1,943	1,998	2,054	2,111	2,170	2,231	2,294
Bledos	2,078	2,136	2,196	2,258	2,321	2,386	2,453
La Ventila	1,718	1,766	1,816	1,867	1,919	1,973	2,028
El Rosario	2,652	2,726	2,803	2,882	2,963	3,046	3,131
<b>SUMA</b>	<b>28,546</b>	<b>29,148</b>	<b>29,490</b>	<b>29,727</b>	<b>29,888</b>	<b>29,950</b>	<b>29,882</b>

**Figura C.11 Proyecciones de población en la zona Jaral de Berrios-Villa de Reyes**



Con base en las dotaciones estimadas para el tipo de clima y tamaño de ciudad que se analizan, se consideró una dotación de 200 l/h/d, obteniéndose de esta forma la demanda de agua en l/s que se tendría con fines de uso doméstico.

Por otra parte, se dispone de información referente a la Planta papelera que consta de la explotación de 8 pozos que producen un caudal del orden de 100 l/s; por su parte, la termoeléctrica de Villa de Reyes, reporta la explotación de 16 pozos con una capacidad original de 820 l/s, que en la actualidad con las rehabilitaciones que han realizado a los equipamientos disponibles es de 800 l/s, capacidad muy superior a la requerida para la generación de energía que maneja la planta.

De esta forma, se integra la demanda de agua en la zona, con fines urbano-industriales como sigue:

**Tabla C.51 Demanda de agua potable en localidades e industria del acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes**

Localidad	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Jaral de Berrios	5	5	5	5	5	5	5
San Bartolo de Berrios	10	10	10	10	10	10	9
San Pedro Almoloya	5	5	5	5	5	5	5
Villa de Reyes	21	21	21	21	21	21	20
Laguna de San Vicente	6	6	6	7	7	7	7
Emiliano Zapata	3	3	3	3	3	3	3
Pardo	4	5	5	5	5	5	5
Bledos	5	5	5	5	5	6	6
La Ventila	4	4	4	4	4	5	5
El Rosario	6	6	6	7	7	7	7
<b>SUMA</b>	<b>66</b>	<b>67</b>	<b>68</b>	<b>69</b>	<b>69</b>	<b>69</b>	<b>69</b>
CFE Villa de Reyes	800	800	800	800	800	800	800
Papelera	100	100	100	100	100	100	100
<b>TOTAL</b>	<b>966</b>	<b>967</b>	<b>968</b>	<b>969</b>	<b>969</b>	<b>969</b>	<b>969</b>

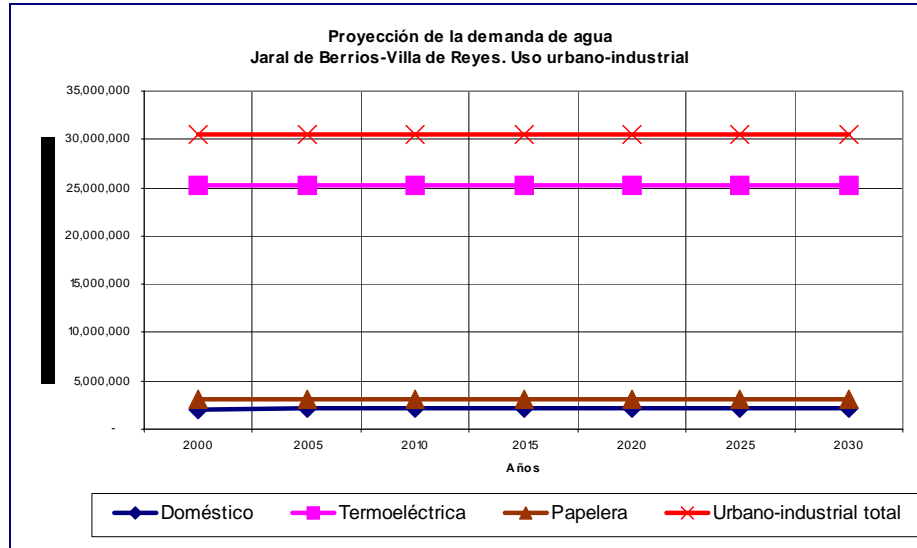
Datos que transformándose a volumen, nos genera la tabla siguiente:

**Tabla C.52 Demanda de agua potable en localidades e industria del acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes**  
(Datos en metros cúbicos)

Localidad	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Jaral de Berrios	154,176	156,859	157,237	156,379	154,565	151,728	147,696
San Bartolo de Berrios	308,936	314,313	315,070	313,350	309,715	304,031	295,952
San Pedro Almoloya	157,315	160,053	160,439	159,562	157,712	154,817	150,703
Villa de Reyes	657,000	667,480	667,655	664,502	658,975	649,658	634,941
Laguna de San Vicente	193,888	199,330	204,924	210,676	216,589	222,668	228,917
Emiliano Zapata	86,359	88,783	91,275	93,836	96,470	99,178	101,961
Pardo	141,839	145,820	149,913	154,120	158,446	162,893	167,465
Bledos	151,694	155,952	160,329	164,829	169,455	174,211	179,100
La Ventila	125,414	128,934	132,553	136,273	140,098	144,030	148,072
El Rosario	193,596	199,030	204,616	210,359	216,263	222,333	228,573
<b>SUMA</b>	<b>2,083,858</b>	<b>2,127,770</b>	<b>2,152,735</b>	<b>2,170,049</b>	<b>2,181,816</b>	<b>2,186,369</b>	<b>2,181,420</b>
CFE Villa de Reyes	25,228,800	25,228,800	25,228,800	25,228,800	25,228,800	25,228,800	25,228,800
Papelera	3,153,600	3,153,600	3,153,600	3,153,600	3,153,600	3,153,600	3,153,600
<b>TOTAL</b>	<b>30,466,258</b>	<b>30,510,170</b>	<b>30,535,135</b>	<b>30,552,449</b>	<b>30,564,216</b>	<b>30,568,769</b>	<b>30,563,820</b>



**Figura C.12 Demanda de agua en el acuífero Villa de Reyes. Usos urbano e industrial**



De acuerdo con lo establecido en el documento anteriormente citado sobre la disponibilidad de agua en el acuífero, este uso no influiría de manera importante en la sobreexplotación del acuífero. Sin embargo, debido a lo que se ha gestado en la zona por la presencia de la empresa papelera y de la termoeléctrica, conviene indicar que mediante un adecuado control de la calidad de los efluentes, se podría revertir esta situación.

Por otra parte, conviene indicar que la papelera por una parte, y la termoeléctrica por otra tienen concebidos proyectos que auxiliarán al manejo del agua en la zona. La primera de ellas a través de la información que nos fue proporcionada de instrumentar proyectos orientados a la reducción de los consumos del uso del agua en la producción. De esta manera la empresa papelera tiene proyectada esta reducción de 39 m<sup>3</sup>/ton a 7 m<sup>3</sup>/ton producida. Esta condición deberá complementarse con el correcto tratamiento que se le dé al agua de descarga de la planta, debido a que durante la visita realizada a las instalaciones, la descarga entregada a los agricultores a simple vista no cumplía con las normas de descarga, pues contenía altos niveles de cartón y productos que cubren la superficie de cultivo e impiden cualquier desarrollo.

La información del aprovechamiento del recurso en la planta, se resume en la **Tabla C.53** que se presenta a continuación, en donde se observa que los valores medios de aprovechamiento del agua en esta industria es del orden de 100 l/s.

**Tabla C.53 Equipamiento en la Termoeléctrica Villa de Reyes**

Pozo No.	características del equipo				Profundidad total del pozo (m)			extracción				niveles						consumo y costo de energía eléctrica			
	Clase de alubramiento	Motor hp	Diámetro perforación plg	adame (clase)				Consumo anual			concesión m <sup>3</sup> /año	estáticos metros			Dinámicos metros			kwh/m <sup>3</sup>	\$/m <sup>3</sup>		
					2000	2001	2002	2000	2001	2002		2000	2001	2002	2000	2001	2002				
	TOTAL							2,339,756	2,269,510	2,977,060											
1	pozo profundo	250	24.0	**	411	411	411	451,964	286,425	568,225	2,419,200	56	58	60	*	98	98	0.840	0.55		
3	pozo profundo	250	17.5	**	377	377	377	135,893	49,007	174,301	2,788,600	59	60	62	*	96	96	1.195	0.79		
4	pozo profundo	250	17.5	**	550	550	550	778,389	692,142	573,685	2,531,088	51	54	57	*	*	95	0.840	0.55		
5	pozo profundo	250	17.5	**	565	565	565	28,022	155,495	340,778	2,531,088	69	68	67	*	*	98	0.942	0.62		
6	pozo profundo	250	17.5	**	650	650	650	172,753	39,163	177,659	2,531,088	70	69	69	*	*	95	1.195	0.79		
7	pozo profundo	250	17.5	**	651	651	651	554,044	633,223	589,206	2,617,488	70	71	73	104	104	103	0.818	0.54		
8	pozo profundo	250	28.0	**	512	512	512	218,691	414,055	553,206	1,965,600	72	73	75	109	108	108	0.840	0.55		

\* No se tomaron estas lecturas

\*\* Tubo de fierro y filtro de grava

Resulta importante observar que adicionalmente a los valores correspondientes a la energía eléctrica, el costo de pago de derechos de agua en la zona, tienen el siguiente comportamiento:

**Tabla C.54 Costos por m<sup>3</sup> del pago de derechos**

Año	\$/ m3
2000	9.7862
2001	8.3726
2002	8.7629

De acuerdo con el título de concesión otorgado a la “**Productora Nacional de Papel Destintado, S.A. de C.V.**”, número 07SLP100301/26FMGE98, tiene autorizada la explotación de 7 aprovechamientos subterráneos hasta por un volumen anual de 12’056,000 m<sup>3</sup>, de los cuales, reporta que para el año 2002, realizó una extracción de tan sólo 2’977,060 m<sup>3</sup>. (sólo menos del 25% del volumen concesionado)

Por su parte, la termoeléctrica de Villa de Reyes, emplea el agua procedente del acuífero de acuerdo con las condiciones de capacidad instalada, establecidas en la **Tabla C.55** siguiente:

**Tabla C.55 Información de extracción por pozo**

Bateria	Pozo No.	Q (Recomendado por la GEIC en 1987)	Q después del mantenimiento
I	5	40	30
	7	65	65
	8	50	50
	9	45	19
	12	50	50
	16	40	26
	21	65	65
II	13	20	15
	14	20	20
III	2	60	60
	3	50	50
	4	80	80
	11	30	30
	17	75	75
	18	30	30
	19	35	35
	20	65	65
<b>SUMA</b>		<b>820</b>	<b>765</b>

La extracción de agua del acuífero durante 2003, asciende a un volumen promedio anual de 11.26 Mm<sup>3</sup>, equivalente a un gasto de 357 l/s. De acuerdo con estudios y convenios establecidos entre el Gobierno Federal, a través de la Comisión Federal de Electricidad, la Comisión Nacional del Agua, y el Gobierno Estatal, se tiene contemplado el envío de 450 l/s a la termoeléctrica procedente del agua residual de San Luis Potosí en el Tanque Tenorio, para hacer un intercambio de agua entre la extracción de aguas claras que se realizan hoy del acuífero de Villa de Reyes y la ciudad de San Luis Potosí.

De esta forma, no se incrementaría la extracción en el acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, sino que se sustituiría por el gasto que se enviaría a la ciudad. Por otra parte, de acuerdo con el reporte del año 2003, el gasto extraído es casi la mitad al que originalmente tiene concesionada la Comisión Federal de Electricidad, de acuerdo con el título: 07SLP100302/26FMGC99 cuyo volumen otorgado es de 26'837,136 m<sup>3</sup>/año. De esta forma, el volumen extraído es de tan sólo el 42% del concesionado.

Por otra parte, conviene indicar que la Presidencia municipal de Villa de Reyes, cuenta con un número importante de títulos de concesión, mismos que se muestran en la **Tabla C.56** a continuación.

De esta forma, las necesidades de los usuarios de tipo doméstico en la región, se encuentran en estos momentos con una oferta de agua por debajo de la concesión total que equivale a alrededor de 40 l/s.

Bajo estas condiciones, el intercambio de agua con la papelería o con la termoeléctrica por un valor bajo, quizás el equivalente a uno de los pozos concesionados permitiría a la región entregar los volúmenes requeridos por la población.

**Tabla C.56 Listado de concesiones**

Número de título	Número de aprovechamientos	Volumen concesionado (m3/año)
07SLP100288/26HMGC99	1	16,288
07SLP100486/26HMGC99	1	142,300
07SLP102649/26HMGC99	1	72,324
07SLP102650/26HMGC99	1	58,716
07SLP102673/26HMGC99	1	58,537
07SLP102675/26HMGC99	1	105,000
07SLP110015/26HMGC00	1	10,038
07SLP110036/26HMGC00	3	415,900
07SLP110109/26HMGC00	1	56,940
07SLP110209/26HMGC00	1	111,325
07SLP110210/26HMGC00	1	23,934
07SLP110211/26HMGC00	1	121,910
07SLP110240/26HMGC00	1	22,000
07SLP110446/26HMGC00	1	19,892
<b>AGUA SUBTERRANEA</b>	<b>16</b>	<b>1'235,104</b>
07SLP104441/26HDGE98	1	1,643
07SLP104623/26HDGE99	1	4,325
07SLP104624/26HOGE98	1	10,676
07SLP104625/26HBGE98	1	33,836
07SLP104626/26HOGE98	1	15,385
07SLP104627/26HOGE98	1	11,936
07SLP104929/26HDGE98	1	5,968
<b>AGUA SUPERFICIAL</b>	<b>7</b>	<b>83,769</b>
<b>SUMA CONCESIONES</b>	<b>23</b>	<b>1'318,873</b>

En el caso de las concesiones entregadas a los usuarios del Estado de Guanajuato, en uso público-urbano son las siguientes:

**Tabla C.57 Concesiones en Guanajuato**

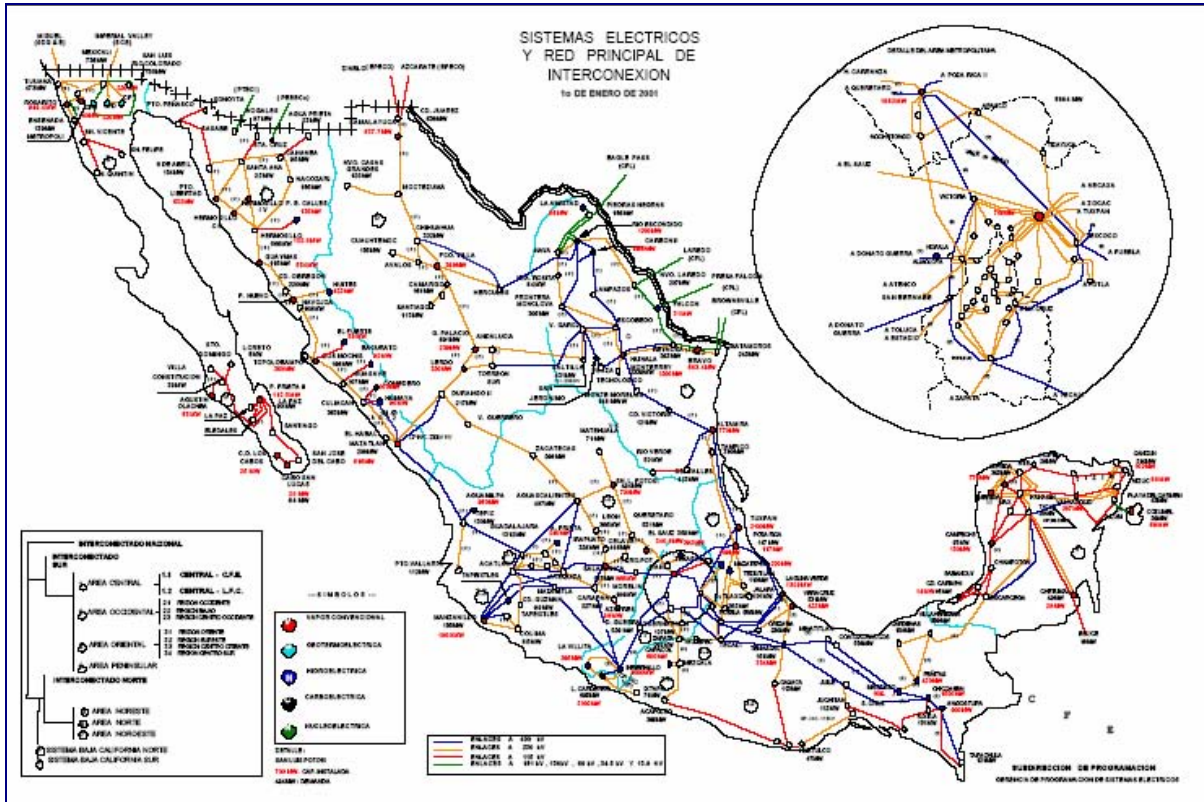
Número de título	Número de aprovechamientos	Volumen concesionado (m3/año)
08GUA110468/26HMGE98	1	22,221
08GUA110469/26HMGE98	1	22,221
08GUA108327/26HMGE97	1	20,850
08GUA108493/26HMGE97	1	273,750
08GUA108602/26HMGE97	1	27,375
<b>SUMA CONCESIONES</b>	<b>5</b>	<b>366,417</b>

Todas las concesiones anteriores, con titular de la Presidencia Municipal de San Felipe, Gto., y derivada a las comisiones o delegaciones del municipio.

De esta manera el volumen total concesionado para uso público urbano en el acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes, asciende a 40'494,657 m3/año. El uso de este volumen podría poner en serias condiciones de sobreexplotación al acuífero.

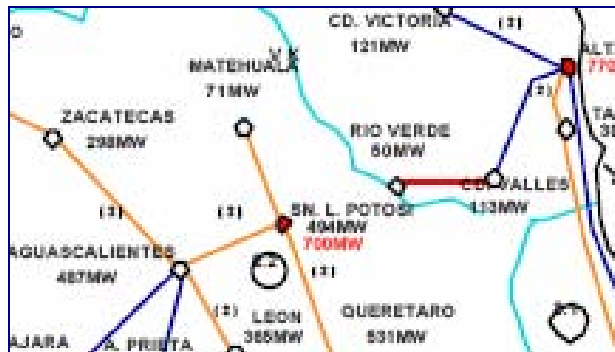
Conviene indicar adicionalmente que para el Estado de San Luis Potosí, la localización de la termoeléctrica es fundamental para proporcionar la energía a la capital del estado, como se puede observar en la siguiente figura:

**Figura C.13 Sistema Interconectado de la Red Eléctrica Nacional**



Datos que de manera más puntual nos indican la demanda que tiene la ciudad de San Luis Potosí y que consume un altísimo porcentaje de la energía generada en la planta, y otro valor importante se envía a Matehuala dentro del mismo Estado. Esto indica que de los 700 MW que puede generar la Central Termoeléctrica de Villa de Reyes, aproximadamente el 71% se utiliza en la capital del Estado, y otro 10% en Matehuala.<sup>3</sup>

**Figura C.14 Interconexión de la Red Eléctrica con la Termoeléctrica Villa de Reyes**



<sup>3</sup> “El Desarrollo del Mercado Eléctrico. 1996-2010”, Comisión Federal de Electricidad, 1996.

De esta forma, el intercambio de aguas claras con residuales, resulta quizás en el punto más adecuado para continuar con el desarrollo de la ciudad de San Luis Potosí en todos sentidos.

Por otra parte, las inversiones que se requieren para incrementar la cobertura del servicio de agua potable, alcantarillado y saneamiento estarían indicadas con las siguientes obras y acciones requeridas en las comunidades de los estados de San Luis Potosí y Guanajuato que se localizan y hacen uso del agua subterránea de la zona.

**Tabla C.58 Coberturas existentes y futuras en agua potable y alcantarillado**

Estado	Cobertura actual		Cobertura futura	
	A.P.	Alc.	A.P.	Alc.
Guanajuato	51%	25%	75%	60%
San Luis Potosí	60%	30%	80%	70%

En el caso de San Luis Potosí, se requiere realizar muchas acciones tendientes a disponer de un mejor servicio de agua potable, tanto en el ámbito comercial, operativo, como en la definición de acciones en el manejo de los recursos, por tanto se requiere:

**Tabla C.59 Acciones para el mejoramiento de los servicios de agua y saneamiento en Villa de Reyes**

Acción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
Padrón de usuarios	toma	4,500	40	180,000
Sistema comercial	Lote	1	125,000	125,000
Catastro de instalaciones	Localidad	6	100,000	600,000
Macromedidores	Medidor	8	2,300	18,400
Estudio tarifario	Lote	1	75,000	75,000
Rehabilitación infraestructura	Sistema	12	250,000	3,000,000
Incremento cobertura A.P.	Habitante	5,770	2,100	12,117,000
Incremento cobertura Alc.	Habitante	9,830	1,500	14,745,000
<b>SUMA</b>				<b>30,860,400</b>

Esta inversión cubriría los requerimientos del año 2005 al 2030, para las localidades ubicadas en San Luis Potosí, y asentadas en el acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes. Para el caso de las localidades del Estado de Guanajuato, las inversiones requeridas son:

**Tabla C.60 Acciones para el mejoramiento de los servicios de agua y saneamiento en Jaral de Berrios**

Acción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Importe
Padrón de usuarios	toma	1,200	40	48,000
Catastro de instalaciones	Localidad	3	100,000	300,000
Macromedidores	Medidor	3	2,300	6,900
Estudio tarifario	Lote	1	75,000	75,000
Rehabilitación infraestructura	Sistema	3	250,000	750,000
Incremento cobertura A.P.	Habitante	1,770	2,100	3,717,000
Incremento cobertura Alc.	Habitante	2,760	1,500	4,140,000
<b>SUMA</b>				<b>9,036,900</b>

Finalmente, la inversión total requerida será de 39'897,300 para cubrir los requerimientos públicos-urbanos de las localidades asentadas en el acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato.

La distribución de esta inversión, podría realizarse de la siguiente forma:

**Tabla C.61 Inversiones en asentamientos del acuífero Villa de Reyes-Jaral de Berrios**

Programa	2005	2006	2007-2009	2010-2030
Mejoramiento de eficiencias	1'089,150	339,150		
Rehabilitación de infraestructura	1'250,000	1'250,000	1'250,000	
Incremento de cobertura A.P.	609,000	609,000	2,436,000	12'180,000
Incremento de cobertura Alc.	715,960	715,960	2'863,840	14'589,240
<b>SUMA</b>	<b>3,664,110</b>	<b>2,914,110</b>	<b>6,549,840</b>	<b>26,769,240</b>
<b>SUMA ACUMULADA</b>	<b>3,664,110</b>	<b>6,578,220</b>	<b>13,128,060</b>	<b>39,897,300</b>

### 3.2 La demanda de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento en el acuífero de San Luis Potosí

De acuerdo con el Proyecto Integral de Agua Potable de la ZM de San Luis Potosí<sup>4</sup>, la dotación que se maneja en la ciudad es del orden de 300 l/h/d, cifra que considerando las características del tamaño de la ciudad, clima y condiciones socioeconómicas, aunque ligeramente alta, se considera adecuada. Por otra parte, derivado de los estudios referidos en el mencionado estudio, el valor del agua no contabilizada dentro de la zona de estudio, asciende al 54.5%, por lo que se confirma que el valor considerado de dotación, resulta adecuado para una zona como la analizada.

Derivado de los supuestos analizados, y considerando que el acuífero de San Luis Potosí se encuentra en franca sobreexplotación, se han integrado por una parte los valores correspondientes a la población a atender en la zona, y por otra, la demanda que resulta necesario cubrir con las fuentes actuales y aquellas que sean viables a ser incorporadas a la zona de estudio.

Como se plantea dentro de los diversos documentos existentes, así como de las minutas de trabajo de las reuniones que han sostenido la Comisión Nacional del Agua a través de sus Gerencias Regional y Estatal, así como las dependencias del Gobierno del Estado y Municipales involucradas con el tema: Comisión Estatal del Agua, INTERAPAS, se han realizado diversas revisiones sobre las fuentes a ser consideradas para resolver la problemática de la zona, distinguiéndose entre otras:

- a). Intercambio de uso agrícola del Valle de San Luis Potosí
- b). Intercambio de uso agrícola de Villa de Reyes y línea de conducción a SLP
- c). Acuífero Fuerte Villela
- d). Proyecto El Realito
- e). Rehabilitación de las Presas San José y San Antonio
- f). Proyecto de recarga artificial de acuíferos
- g). Aprovechamiento de los manantiales Puerta del Río
- h). Aprovechamiento de los manantiales Media Luna

<sup>4</sup> Proyecto Integral de Agua Potable para la ciudad de San Luis Potosí y su zona conurbada, UASLP, 2002

Existen desde luego, algunas otras opciones del abastecimiento, pero de acuerdo con la revisión de los materiales estudiados, estos son los que se encuentran en un estado más desarrollado.

A partir de las características de la demanda de servicios en la zona, se procedió a revisar los costos de las diversas opciones analizadas, llegándose a lo siguiente:

**Tabla C.62 Evaluación de opciones de abastecimiento a la zona conurbada de SLP**

Alternativa	1	2	3	4	5	6	7	8
	UA SLP	UA+UI VR	A. Fte-Villela	El Realito	Reh. SJ+SA	RECARGA	Puerta Río	Media Luna
Costos de Inversión								
Presas M\$	0	30	100	270	30	50	120	580
Bombes M\$	190	13	22	150	0	70	530	1,290
Acueductos M\$	0	192	120	280	22	30	195	750
<b>Totales M\$</b>	<b>190</b>	<b>235</b>	<b>242</b>	<b>700</b>	<b>52</b>	<b>150</b>	<b>845</b>	<b>2,620</b>
Gasto m3/s	1	1	0.2	1	0.3	0.2	1	3
Costos por m3								
Amortización/m3	0.91	1.13	5.81	3.36	2.16	4.23	4.77	4.19
Energía/m3	0.54	0.42	0.35	2.82	0.00	0.20	3.69	3.29
Operación/m3	1.23	1.10	0.71	0.39	0.96	3.05	0.72	0.34
<b>Costo total \$/m3</b>	<b>2.68</b>	<b>2.66</b>	<b>6.87</b>	<b>6.56</b>	<b>3.12</b>	<b>7.49</b>	<b>9.18</b>	<b>7.81</b>

En cada una de las opciones de abastecimiento, se han considerado los costos de inversión requeridos para la construcción de presas u obras de captación; bombes y potabilización requerida, así como las líneas de conducción requeridas para poder entregar los volúmenes correspondientes a la zona de estudio.

En cuanto a los costos de operación, se consideraron costos de personal, energía eléctrica, reposiciones y sustancias químicas requeridas, mismas que se han traducido a una tasa de descuento del 12% al costo equivalente por metro cúbico de cada una de las opciones analizadas.

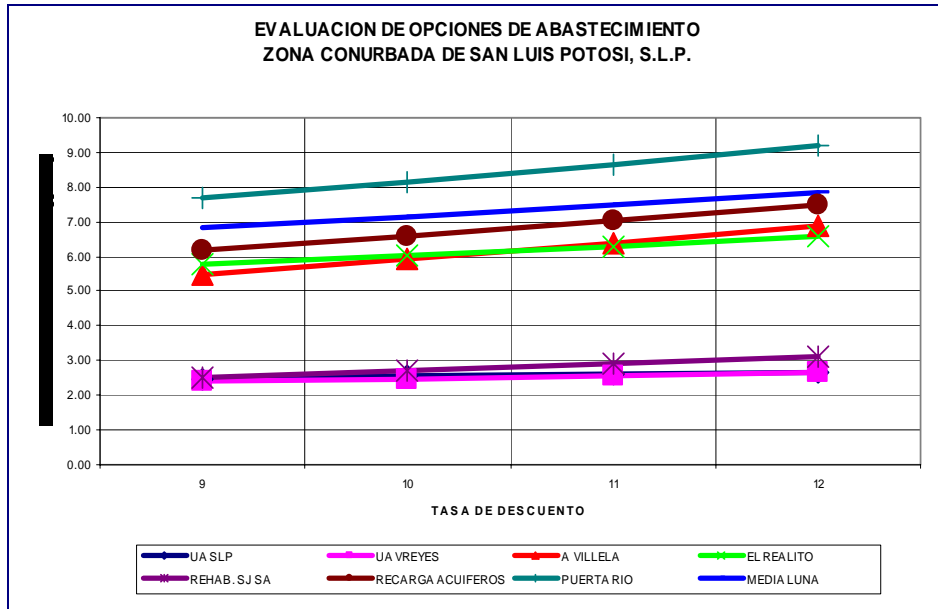
Con objeto de presentar la sensibilidad de las opciones, se ha determinado con una variación del 9 al 12% anual de tasa de descuento, los valores que se podrían obtener de cada una de las opciones analizadas, obteniéndose los valores que se presentan en la figura 3.5. De aquí se puede observar que el intercambio con los agricultores, resultará en la opción más económica para el abastecimiento a la ciudad. Resulta importante mencionar, que como se ha indicado a lo largo de los estudios realizados dentro del Programa **MASAS** (Manejo Sostenible del Agua Subterránea), lo que se busca primordialmente es la **“Industrialización de la Agricultura”** y no la desaparición de la misma. Esto se debe fundamentalmente a que este sector es el más alto consumidor de los recursos y obtiene beneficios realmente bajos por el tipo de producto y los métodos de producción que actualmente emplean.

De la **Tabla C.62** y de la **Figura C.15** se puede observar que el orden de entrada de las obras corresponden al intercambio con los productores agrícolas, posteriormente la rehabilitación de las presas San José y San Antonio y a continuación el Proyecto “El Realito”, mismo que el Gobierno Federal conjuntamente con los Gobiernos de los Estados de Guanajuato y San Luis Potosí llevan muy avanzados.

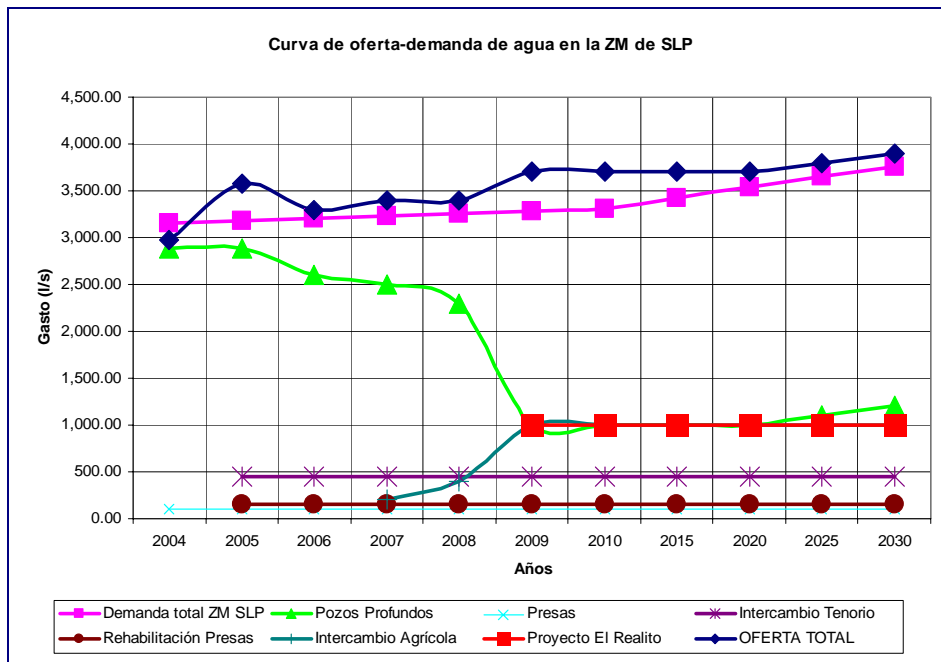


Como puede observarse, los valores iniciales de intercambio, permitirán atender las deficiencias que en materia de oferta se tienen actualmente, y en el mediano y largo plazos, la incorporación de nuevas fuentes de abasto permitirán proteger la zona acuífera de manera importante. En la figura 3.6 se presenta la oferta existente, así como la que se generaría en el mediano y largo plazos para mantener el desarrollo urbano-industrial de la zona conurbada de San Luis Potosí.

**Figura C.15 Análisis de sensibilidad de las opciones de abastecimiento a la zona conurbada de SLP**



**Figura C.16 Curva de oferta-demanda actual y futura para la zona conurbada de SLP**



Por otra parte, las condiciones de prestación del servicio en SLP hacia la población no es del todo adecuado, y los índices de gestión que presenta el Organismo Operador, denominado

INTERAPAS, deberá realizar un conjunto de acciones tendientes al mejoramiento en la prestación de los servicios.

De esta forma, se tienen previstas las siguientes acciones para mejorar de manera importante la forma en que actualmente se proporcionan los servicios a la población:

- a. Sectorización de la red
  - i. Instrumentación de zonas de atención
  - ii. Instalación de macromedidores
  - iii. Homogeneización de presiones en la red
  - iv. Mejoramiento de la calidad del agua en la red
- b. Mejoramiento de la Gestión Comercial
  - i. Actualización del padrón de usuarios
  - ii. Instalación de micromedidores en zonas seleccionadas
  - iii. Reposición de micromedidores en zonas de buena captación de recursos
  - iv. Instrumentación de programas de recuperación de cartera
  - v. Mejoramiento del sistema de cómputo comercial del INTERAPAS

Estas acciones se deberán realizar en el corto plazo, año 2005, para que le de al INTERAPAS la opción de disponer de manera ágil de mejores condiciones financieras y operativas de manera que finalmente cambie la imagen que tiene el organismo en la ciudad. Bajo estas circunstancias, se podrá iniciar un proceso de mejoramiento definitivo de la operación del sistema. Resulta conveniente indicar que derivado de diversos estudios, se cuenta en la actualidad con el modelo de la red calibrado y adicionalmente se podrán verificar condiciones de operación de los sistemas, mejorar presiones con lo que de manera eficiente se podrá buscar una reducción del agua no contabilizada muy rápida y a bajo costo.

Otro elemento que resulta importante considerar para el INTERAPAS, lo constituye la sectorización de la red. Este punto deberá realizarse en etapas y con sectores amplios en una primera etapa, para posteriormente ir reduciendo niveles y mejorando el control del flujo en la ciudad.

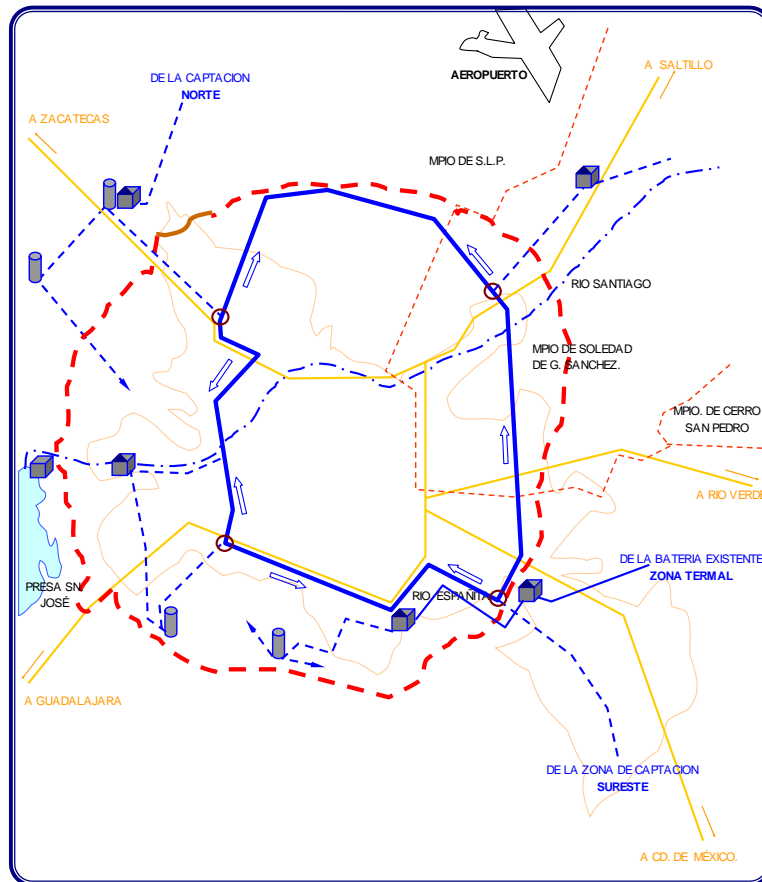
También resulta indispensable el manejo de la cartera vencida, ya que los reportes observados, indican que el INTERAPAS cuenta con casi 11 meses de rezagos en pagos, y aunque también indican que una parte de este rezago corresponde al defasamiento existente entre la facturación y la recepción y registro de la cobranza, las condiciones operativas del sistema se han venido deteriorando de algunos años hacia la fecha. Por esta razón, se sugiere que una actividad fundamental en las acciones inmediatas a tomar en consideración será la de arreglar las condiciones de cartera.

Para el mediano plazo, INTERAPAS deberá concentrar sus acciones en los rubros que se mencionan de manera resumida a continuación:

- I. Incorporación de nuevas fuentes de abastecimiento
  - a. Construcción conjunta con el Gobierno de Guanajuato de la Presa El Realito
  - b. Construcción de la línea de conducción de la Presa El Realito a San Luis Potosí
- II. Integración de fuentes
  - a. Manejo conjunto de fuentes superficiales y subterráneas: compra de derechos en Villa de Reyes

- b. Construcción de la línea de conducción Villa de Reyes-San Luis Potosí
- III. Recarga del acuífero
  - a. Estudios y proyectos
  - b. Plan piloto de recarga de acuíferos
- IV. Mejoramiento en la eficiencia en la gestión
  - a. Reposición de micromedidores
  - b. Recuperación de cartera
  - c. Recuperación de agua no contabilizada
    - i. Tomas domiciliarias
    - ii. Redes secundarias
  - d. Reposición de pozos
- V. Mejoramiento en la eficiencia en la infraestructura
  - a. Construcción del anillo distribuidor de agua potable
  - b. Rehabilitación y reforzamiento de la red de distribución
  - c. Construcción de tanques de almacenamiento y rebombeos
  - d. Planta de tratamiento de fluor

**Figura C.17 Mejoramiento en la eficiencia de la infraestructura**



Para resolver la problemática así planteada, las inversiones requeridas son las siguientes:

**Tabla C.63 Inversiones requeridas**

Tiempo/Acción	Inversión (Millones de pesos)
Corto Plazo	
a. Rehabilitación de la Presa San José y Planta Potabilizadora	85
b. Rehabilitación Presa San Antonio y Línea	15
c. Sectorización y recuperación de pérdidas	50
d. Mejoramiento en la gestión comercial	20
SUMA	170
Mediano Plazo	
a. Presa El Realito	370
b. Línea de conducción a SLP	330
c. Integración acuífero Villa de Reyes	300
d. Recarga del acuífero	35
e. Mejoramiento en la eficiencia de la gestión	60
f. Mejoramiento en la eficiencia de la infraestructura	250
SUMA	1,345
TOTAL	1,515

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo D – Política de los Subsidios al Campo**

## **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

### **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

#### **Anexo D – Política de los Subsidios al Campo**

#### **1. Subsidios directos e indirectos asignados al sector agropecuario en el nivel nacional**

La promoción del desarrollo rural implica la concurrencia de programas y recursos de diferentes dependencias públicas y significa una suma equivalente al 8% del gasto programable de la federación.

El gasto en desarrollo rural persigue dos grandes propósitos:

- ◆ El combate a la pobreza.
- ◆ El impulso de las actividades productivas.

En el gasto denominado productivo figuran tanto programas con orientación distributiva como programas propiamente de impulso a la producción rural, principalmente agropecuaria.

Los subsidios directos a las actividades agropecuarias que están vigentes y que ejercen alguna influencia en la extracción de agua subterránea y que, asimismo, ofrecen posibilidades para alinearse con los objetivos del aprovechamiento sustentable y rentable de los acuíferos<sup>1</sup>, se canalizan a través de programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), de los diferentes gobiernos estatales y de la Comisión Nacional del Agua (CNA)

En calidad de subsidio indirecto (implícito) destaca el canalizado través de la tarifa 09 y es administrado por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), cuyo beneficio es exclusivo para la agricultura de riego por bombeo.

#### **1.1 PROCAMPO**

Ante la firma del TLCAN y con propósitos de protección del ingreso, el PROCAMPO fue instituido en 1994, teniendo como población objetivo principalmente a los minifundistas productores de granos y oleaginosas que se localizan mayoritariamente en la agricultura de temporal y manifiestan las mayores asimetrías en relación con los productores de USA y Canadá.

Aunque una importante proporción de los productores integrantes de la población objetivo no participan en el mercado, y los que si participan cuentan con el Programa de Apoyos a la

---

<sup>1</sup> Obviamente no puede incluirse en esta categoría a los apoyos a la salud, la alimentación, la educación, ni otros como los destinados a las comunicaciones y el equipamiento urbano, en los cuales se conjunta la mayor proporción del presupuesto público destinado al desarrollo rural.

Comercialización, el PROCAMPO formó parte de las medidas que justificaron la eliminación del régimen de precios de garantía.

Entre los programas a cargo de la SAGARPA, el PROCAMPO ha sido desde el inicio de su vigencia el programa que recibe la más importante dotación de recursos presupuestales.

Para el año 2004 se programó canalizar, a través de este instrumento, transferencias por 14 mil 410 millones de pesos, considerando cuotas de 905 pesos por hectárea en el otoño-invierno y de 935 pesos en el primavera-verano; además de una cuota preferente de 1,120 pesos para los propietarios de menos de una hectárea. La superficie a apoyar se ubicó en 13.9 millones de hectáreas y el número de productores a beneficiar en 2 millones 907 mil.

**Tabla D.1 PROCAMPO. Ejercicio 2003 y programa 2004**

	Datos anuales	
	2003 <sup>1/</sup> Observado	2004 Meta <sup>1/</sup>
Recursos otorgados	13 060.7	14 143.1
Apoyo por hectárea (Pesos/hectárea)		
Otoño-Invierno	873	905
Primavera-Verano		
Cuota preferente	1 030	1 120
Cuota normal	905	935
Superficie apoyada (Miles de hectáreas)	13 776	13 900
Productores beneficiados (Miles)	2 849	2 907

## 1.2. Programa de Apoyos Directos a la Comercialización Agropecuaria.

Esta es una versión ampliada del programa que fue conocido como Apoyos a la Comercialización, que se instituyó porque la apertura comercial trajo consigo que los precios de los granos básicos se indexaran a las cotizaciones internacionales reemplazando esquemas de precios de garantía y poniendo al comprador pecuario o industrial en posición de indiferencia entre abastecerse en el mercado nacional o en el exterior. En la nueva versión del programa se incluyen 7 subprogramas:

- ◆ Apoyos Directos a la comercialización.
- ◆ Apoyos a la Pignoración y Desarrollo de Mercados Nacionales
- ◆ Apoyos Directos para la Conversión de Cultivos.
- ◆ Apoyos para la Adquisición de Coberturas.
- ◆ Apoyos para el Sacrificio de Ganado Bovino y Porcino en Rastros TIF.
- ◆ Programa Especial de Apoyo al Maíz
- ◆ Otros Esquemas de Apoyo.

En la **Tabla D.2** siguiente puede apreciarse que el monto originalmente programado para 2004 es inferior en 11% al ejercido en 2003, lo que probablemente motivará ajustes presupuestales al alza.

**Tabla D.2 Apoyos a la comercialización agropecuaria**

Concepto	2003		Metas 2004 <sup>1/</sup>	
	Volumen miles de toneladas	Monto millones de Pesos	Volumen miles de toneladas	Monto millones de pesos
Apoyos Directos a la Comercialización	9 062.2	3 072.1	9 424.7	3 089.8
Apoyos a la Pignoración	111.5	75.0	309.0	143.6
Apoyos Directos para la Conversión (hectáreas)	182.8	148.3	166.6	133.2
Apoyos para la Adquisición de Coberturas	4 992.9	498.0	3 471.3	277.4
Otros Esquemas de Apoyo	4 356.9	1 459.3	3 876.3	1 218.7
Apoyos para el Sacrificio en Rastros TIF. (Cabezas de Ganado)	4 529.0	366.4	2 989.7	216.4
Programa Especial de Apoyo al Maíz	265.8	79.7	-	-
<b>Total</b>	<b>18 789.3</b>	<b>5 698.9</b>	<b>17 081.3</b>	<b>5 079.1</b>

FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Porque la demanda de apoyos a la comercialización –que equivale a decir al precio- ha ido en crecimiento; por el patrón de cultivos a que están destinados los recursos, que incluye siete básicos con apreciables requerimientos de agua por hectárea y porque absorberá la mayor parte de los recursos, el Subprograma de Apoyos Directos a la Comercialización (Ingreso Objetivo) es, sin duda, un subprograma de interés para los propósitos de este estudio.

De acuerdo con lo establecido en las Reglas de Operación el Ingreso Objetivo busca certidumbre para los productores respecto de sus ingresos, mejorar la competitividad y la rentabilidad e impulsar la diversificación productiva, la integración de las cadenas agroalimentarias y el desarrollo regional, mediante el recurso de garantizar un ingreso por tonelada de producto, cuyo monto es anunciado con anticipación a las siembras. El apoyo complementario al ingreso se define como la diferencia entre el ingreso objetivo y el precio de mercado.

Con estos apoyos a la comercialización se busca proteger los ingresos de los productores y al mismo tiempo fortalecer la competitividad de las cadenas agroindustriales, pues el comprador paga lo mismo que le costaría abastecerse del exterior, pero los apoyos permiten que el productor de básicos alcance precios mejores que los internacionales. A continuación se muestran los ingresos objetivos por tonelada de los nueve cultivos elegibles.

**Tabla D.3 Ingreso Objetivo por cultivo elegible**

Productos elegibles	Ingreso Objetivo (Pesos por Tonelada)
Maíz	1,650.00
Trigo	1,800.00
Sorgo	1,270.00
Canola	3,500.00
Arroz	2,100.00
Soya	3,000.00
Triticale	1,800.00
Trigo forrajero	1,525.00
Algodón	Se garantizan 64 centavos de dólar por libra de algodón pluma



### 1.3. Alianza para el Campo.

Para lograr la recuperación de la rentabilidad y el fortalecimiento de la capacidad que requiere el sector agropecuario para abastecer las necesidades internas y competir con éxito en los mercados internacionales, se instituyó la Alianza para el Campo.

La Alianza para el Campo persigue el objetivo de impulsar la capitalización y la productividad a través de acciones de transferencia de tecnología, fomento agrícola, fomento pecuario, sanidades y desarrollo rural, que se integran en programas específicos donde se suman los apoyos federales y los estatales para complementar las inversiones de los particulares.

La creciente importancia de la Alianza para el Campo, en el contexto de los apoyos al campo mexicano, queda de relieve en el hecho de que el presupuesto federal del año fiscal de 2004 (7,159 millones de pesos) contiene un incremento del 76% respecto a la asignación presupuestal del 2001, que fue el primer ejercicio fiscal de la presente administración federal.

De manera particular, el presupuesto del ejercicio 2004 asignado a los programas de agricultura y de ganadería - que son los que inciden más directamente en las actividades productivas en las zonas bajo riego- registró un incremento de 32% respecto del monto ejercido en 2001, al pasar de 1,687 a 2,239 millones de pesos. Este incremento es inferior a la mitad del incremento registrado en los programas de desarrollo rural.

**Tabla D.4 Presupuesto alianza para el campo**

PROGRAMAS	2001	2002	2003	2004
Total	4,064.4	6,438.4	6,555.4	7,158.8
Desarrollo Rural	2,027.8	3,737.0	3,058.1	3,424.2
Fomento Agrícola	1,225.5	1,403.3	1,893.0	1,564.1
Fomento Ganadero	461.8	744.1	840.0	675.0
Fomento Pesquero			122.0	734.3
Sanidad e inocuidad	281.9	490.0	507.6	676.7
Otros Programas	49.4	64.0	134.7	84.5

En materia de fomento agrícola, interesan de manera particular las acciones de tecnificación del riego, por su concurrencia a un uso más racional del agua subterránea usada en la producción agrícola, y tratándose de los programas de ganadería es de interés el de fomento lechero, considerando que la producción de forrajes influye de manera notable en la sobre explotación

Con relación al programa de tecnificación del riego habrá que considerar que en 2003 entró en vigencia un apoyo adicional para quienes adopten sistemas de riego que reduzcan el consumo de agua y energía. Dicho apoyo es del 5% sobre el valor de la factura de consumo eléctrico y es claro que persigue el propósito de estimular la inversión en sistemas avanzados de riego, pero sólo podrá beneficiar a aquellos productores que pueden aportar la proporción que les corresponde en el programa de fertirrigación, lo que no resuelve el uso dispendioso de agua por parte de las mayorías que siembran básicos con riego rodado por falta de recursos para acceder a los apoyos de tecnificación e incluso pueden ser excluidos quienes ahorren agua y energía con sólo cambiar de cultivo.

#### 1.4. Diesel Agropecuario.

En los años 2003 y 2004 se acumuló un ejercicio de \$ 2,300 millones de pesos, como subsidio al diesel agropecuario. Con base en este dato y dado que el número de beneficiarios ha sido creciente, se puede estimar que dos tercios de la referida suma, sea 1518 millones, corresponden al año de 2004. El monto total de 2300 millones se ha canalizado a favor de 450 mil productores que han consumido 1,800 millones de litros.

#### 1.5. Investigación.

A través de éste programa se persigue fortalecer la generación y transferencia de las tecnologías que satisfagan las demandas específicas de agricultores y ganaderos en cada región, para el mejor aprovechamiento del potencial productivo del sector, y el logro de márgenes que lo doten de capacidad para competir.

Tratándose del sector agropecuario, la suma de los recursos públicos y privados se conjunta en fundaciones denominadas PRODUCE, en cuyo seno los propios productores asignan los recursos a las acciones que son de su interés.

Para financiar al Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología que se realiza bajo la coordinación directa de la SAGARPA, se destinaron 1,413 millones de pesos del Presupuesto Federal de 2004, los cuales serán ejercidos principalmente a través del INIFAP y de las Fundaciones PRODUCE.

**Tabla D.5 Investigación y Transferencia de Tecnología. Presupuesto Ejercido 2004**  
(Millones de pesos)

Conceptos	Totales
INIFAP*	1, 153.8
Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT	40.0
Alianza-PRODUCE	355.0
Recursos Filogenéticos	13.2
Total	1,562.0

En relación con el Manejo sustentable del Agua Subterránea cabe tener en cuenta que el Programa de Trabajo del INIFAP incluye:

- ◆ **El Proyecto de Horticultura protegida e intensiva, como alternativa para el minifundio**, que ahora únicamente se ejecuta en el Estado de Morelos y se ocupa del uso de bioespacios – cubiertos con malla- en hortalizas, mediante la integración de tecnologías agronómicas para el manejo de la planta y la regulación parcial del ambiente.
- ◆ **El Proyecto de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología de Canola**, que busca integrar un paquete tecnológico para la producción de ésta oleaginosa que ofrece ventajas para la diversificación productiva porque el país es importador de productos oleaginosos y porque la canola tiene bajos requerimientos de agua.
- ◆ **El Sistema Experto en Red para el Uso Eficiente del Agua en los Distritos de Riego**, que tiene como propósito mejorar la eficiencia del calendario de riego de 50 cultivos.

- ◆ **Mejoramiento Genético del Ganado Bovino de Doble Propósito**, para impulsar la producción de leche en el trópico. Lo que eventualmente contribuirá a reducir la presión de la producción de forrajes en los acuíferos.

### 1.6. Modernización del riego.

Por otra parte, la agricultura de riego es beneficiaria de apoyos para la rehabilitación y modernización de distritos de riego, desarrollo parcelario, uso eficiente del agua y la energía eléctrica y uso pleno de la infraestructura hidroagrícola, que se canalizan a través de diferentes programas de la C.N.A. El presupuesto de estos programas para el ejercicio fiscal de 2002 ascendió a 881.9 millones de pesos y para el ejercicio fiscal de 2003 se tiene un programa de 1,535.6 millones de pesos

**Tabla D.6 Inversión de C.N.A en programas hidroagrícolas**  
(miles de pesos)

CONCEPTO	2002			2003		
	Total	Ejercicio directo	P.A.C. <sup>2</sup>	Total	Ejercicio Directo	P.A.C.
Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego. <sup>1</sup>	568,042	346,005	222,037	1,333,647	769,247	564,400
Programa de Desarrollo Parcelario.	97,702	9,278	88,424	34,096	3,196	30,900
Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.	95,014	15,348	79,666	40,640	9,140	31,500
Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola.	121,185	17,437	103,748	127,240	14,496	112,744
<b>TOTAL</b>	<b>881,943</b>	<b>388,068</b>	<b>493,875</b>	<b>1,535,623</b>	<b>796,079</b>	<b>739,544</b>

<sup>1</sup> Incluye la inversión de los programas de Uso Sustentable del Agua en la Cuenca del Río Bravo y de la Cuenca Lerma Chapala

<sup>2</sup> Alianza para el Campo.

### 1.7. Tarifa 09.

De manera particular la agricultura de riego por bombeo se beneficia con el subsidio implícito en la tarifa 09, que es la aplicada al consumo de energía eléctrica para bombeo agrícola, y que en su origen tuvo por objetivo el reemplazo de equipos de combustión interna –que operaban con costos mayores– y el apoyo de la expansión de la frontera agrícola bajo riego, la cual formó parte de una política agrícola sustentada en la sustitución de importaciones y en la autosuficiencia alimentaria.

Para la agricultura de riego por bombeo éste es el subsidio más apreciado y es, asimismo, el que ejerce mayor influencia en la sobreexplotación de los acuíferos y el que tiene el mayor potencial para contribuir a avanzar en la armonización de rentabilidad y sustentabilidad.

De acuerdo con cifras del Cuarto Informe de Gobierno, los subsidios canalizados a través de la tarifa eléctrica a los diferentes sectores podrán alcanzar un monto total de 75 mil 772 millones de pesos en 2004 y se estima que los destinados al sector agrícola podrán ascender a 8,518 millones de pesos, representando el 11.24% (10.6% en 2003) del total del subsidio a consumidores.

Según estas cifras el subsidio medio es cercano a un peso por Kwh., lo que implica un apreciable incremento respecto de estimaciones anteriores, el cual es consistente con la estandarización de la tarifa en 30 centavos por Kwh y el ahorro del 50% sobre este precio para quienes rieguen entre las cero horas y las 8 de la mañana.

De acuerdo con la estimación citada, el subsidio a la agricultura canalizado a través de la tarifa eléctrica será equivalente al 59%<sup>2</sup> de los subsidios que se canalizan a través del PROCAMPO; pero, mientras este se destina a 14 millones de hectáreas mayoritariamente de productores marginales de cultivos básicos, el subsidio a la energía eléctrica se destina a sólo dos millones de hectáreas que tienen la ventaja de contar con riego seguro que es, a su vez, sustento de otras ventajas que también concurren a constituir la capacidad –no siempre aprovechada- para practicar cultivos de la mayor densidad económica, bajo condiciones de competitividad.

Además, mientras el PROCAMPO es neutro en relación con los cultivos a practicar, el subsidio a la tarifa eléctrica – medido por hectárea- crece en función de los requerimientos de agua de cada cultivo y por tanto es mayor para aquellos cultivos que más inciden en la sobre explotación de los acuíferos, como es evidente en el caso de la alfalfa.

Desde luego, el monto transferido también es función del tamaño de cada explotación.

### **1.8.- Programa de adquisición de derechos de uso de Agua.**

El programa entró en vigencia el 2003 año y fue dotado con un presupuesto de 495 millones de pesos a fondo perdido “para promover la sustentabilidad de los distritos de riego con problemas de disponibilidad de agua”.

Es claro que el programa está destinado a reestablecer el equilibrio entre los volúmenes de agua disponibles y los concesionados y en tal sentido puede constituir un importante paso hacia la armonía entre la rentabilidad y la sustentabilidad en el aprovechamiento del agua.

Según las Reglas de Operación del PADUA, en una primera etapa son destinatarios de los apoyos los Distritos de Riego 005 Delicias, Chih.; 006 Palestina, Coah., 011, Alto Río Lerma, Gto.; 025 Bajo Río Bravo, Tamps.; 026 Bajo Río San Juan, Tamps.; 031, Las Lajas, N. L. 037 Altarpitiquito y Caborca, Son.; 066 Valle de Santo Domingo, B. C. S.; 085 La Begoña, Gto.; 086 Río Soto La Marina, Tamps., y 090 Bajo Río Conchos, Chih.

Sin embargo, las reglas de operación dejan en claro que el programa tiene cobertura nacional y está abierto a cualquier propuesta que encuadre en las citadas reglas y a condición de que se cuente con presupuesto.

Por lo anterior, y dado que el objetivo y la mecánica del programa son coincidentes con la propuesta de compra de derechos<sup>3</sup> que está contenida en los proyectos MASAS, es procedente proponerlos como destinatarios de los apoyos de que se trata, con la ventaja de que en estos proyectos es posible que los recursos públicos operen básicamente como una fuente de financiamiento y sean total o parcialmente recuperables.

<sup>2</sup> 8,518/14,410

<sup>3</sup> En estos casos es correcto hablar de compra de derechos, porque la propuesta considera que serán los productores que permanezcan en los acuíferos quienes pagarán el importe de los derechos, si bien mediante un mecanismo de financiamiento que busca facilitar la operación.

**Tabla D.7 Subsidios directos e indirectos al sector agropecuario. Nivel nacional**  
(millones de pesos)

Administrador del subsidio	Instrumento de canalización	Presupuesto 2004
SAGARPA	PROCAMPO	14,410.0
	Apoyo a Comercialización	5,079.1
	Alianza para el Campo	7,158.8
	Diesel agropecuario	1518.0
	Investigación	1,562.0
	Derechos de agua	227.9
CNA	P. Hidroagricolas	1,535.6
CFE	Tarifa 09.	8,518.0
<b>S U M A</b>		<b>40,009.4</b>

## 2. Subsidios directos al sector agropecuario de San Luís Potosí y Guanajuato.

### 2.1 San Luís Potosí.

Entre los años de 2003 y 2004 (primero del actual gobierno estatal), las asignaciones presupuestales para subsidios directos al sector agropecuario del Estado de San Luís Potosí prácticamente se duplicaron. Al respecto cabe subrayar lo siguiente:

- En el año 2004 aparecen 7 rubros de apoyo que no se registraron en el año 2003.
- El conjunto de programas de la alianza para el Campo registró un incremento de 27.5%. Los incrementos más importantes en la Alianza para el Campo correspondieron a Desarrollo Rural y Sanidad e Inocuidad.
- No obstante que declinó el Programa de Fomento Ganadero, los apoyos a la ganadería, que además incluyen al PROGAN y los Apoyos a Rastros TIF, registraron un crecimiento de 137.2%.
- El subsidio al diesel agropecuario aparece por primera vez, pero con un monto equivalente a la suma de fomento agrícola, fomento ganadero y fomento a los agronegocios.
- Ya que el incremento normal es equivalente a la inflación (4.45% en 2003), PROCAMPO registró un incremento desmesurado (77%), debido al reconocimiento de nuevos beneficiarios y a cuotas especiales para los minifundistas. En 2004, la asignación a PROCAMPO (\$523.631 millones) fue equivalente a casi tres veces la suma (\$182.218 millones) de las asignaciones a los programas de fomento agrícola, ganadero, de sanidad e inocuidad, PROGAN, rastros TIF, agronegocios, y reconversión de frijol y PAASFIR)
- Puede apreciarse que en S. L. P. los subsidios directos están orientados básicamente al apoyo del ingreso y a la atención de grupos y zonas marginadas, pues los programas con tal connotación (desarrollo rural, PROCAMPO, apoyos a la comercialización, diesel agropecuario, apoyos a productores de café y PIASRE) comprenden el cerca del 80% de la asignación presupuestal en 2004.
- Es decir, apenas una quinta parte de los subsidios directos están vinculados con el fortalecimiento de la competitividad, y sólo uno (fomento agrícola, en su vertiente de tecnificación del riego) guarda relación con el propósito de racionalizar el uso del agua subterránea.

- Por otra parte, los montos destinados a tecnificación de riego son pequeños<sup>4</sup> y, además, existen otros subsidios –como la vertiente de fomento lechero<sup>5</sup> en los programas ganaderos- que suelen operar en contra de la racionalización del uso agrícola del agua subterránea.

**Tabla D.8 San Luís Potosí. Subsidios directos al sector agropecuario**  
(millones de pesos)

PROGRAMAS	2003	2004	INC. (%)
FOMENTO AGRÍCOLA	18.146	21.845	20.4
FOMENTO GANADERO	19.685	15.024	-23.7
DESARROLLO RURAL	67.607	91.460	35.3
SANIDAD E INOCUIDAD	20.000	40.000	100.0
OTROS PROGRAMAS	4.563	4.600	0.1
CULTIVOS ESTRATÉGICOS	5.621		-100.0
<b>SUBTOTAL ALIANZA PARA EL CAMPO</b>	<b>135.622</b>	<b>172.929</b>	<b>27.5</b>
PROGAN	4.960	40.092	708.3
RASTROS TIF		3.334	100.0
PROCAMPO	295.615	523.631	77.1
DIESEL AGROPECUARIO		52.922	100.0
APOYOS COMERCIALIZACIÓN		2.700	100.0
FOMENTO A LOS AGRONEGOCIOS	20.000	16.923	-15.4
RECONVERSIÓN PRODUCTIVA DE FRIJOL		13.000	100.0
APOYOS A PRODUCTORES DE CAFÉ		8.153	100.0
P. de EMPLEO TEMPORAL	5.344		-100.0
PAASFIR*		32.000	100.0
PIASRE**		48.711	100.0
CONTINGENCIAS CLIMATOLÓGICAS		1.327	100.0
<b>TOTALES</b>	<b>461.541</b>	<b>915.722</b>	<b>98.4</b>

\*Programa de Apoyo para Acceder al Sistema Financiero Rural.

\*\*Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas con Siniestralidad Recurrente.

Fuente: SAGARPA

## 2.2. GUANAJUATO

Aunque resultó notoriamente menor que el registrado en San Luís Potosí, el incremento (22.9) en las asignaciones presupuestales para el sector agropecuario de Guanajuato (2004/2003) también fue apreciable, lo que de alguna manera demuestra una especial atención a la región:

- El incremento en el conjunto de la Alianza para el Campo resultó equivalente al incremento general y es interesante observar que fue particularmente acentuado en Fomento Agrícola porque en este programa se ubican los apoyos para la tecnificación del riego.
- En cambio, los apoyos a las actividades pecuarias propiamente no registraron cambio, considerando en 2003 los de Fomento Ganadero y de Apoyos a la Porcicultura, y en 2004 los de Fomento Ganadero y el PROGAN.

<sup>4</sup> En 2004 apenas se destinaron 8 millones de pesos a tecnificación del riego vía Alianza para el Campo.

<sup>5</sup> Fomento lechero tuvo una asignación de 6.9 millones de pesos en 2003 (aun no se conoce el dato para 2004)

- Los subsidios al diesel agropecuario registraron un incremento de 65.8% y alcanzaron un valor absoluto similar al de Apoyos a la Comercialización.
- El incremento en los apoyos canalizados a través del PROCAMPO alcanzaron un crecimiento equivalente a 5.7 veces la inflación.
- Los apoyos al ingreso y a los grupos y zonas marginadas (Desarrollo Rural, PROCAMPO, Diesel Agropecuario, Apoyos a la Comercialización, PIASRE y microcuencas), alcanzaron una suma de \$ 1,106 millones, que equivale a 4.6 veces la suma (\$ 239 millones) de los programas de fomento a la agricultura, la ganadería y los agronegocios, lo que deja en claro cual es la orientación de los subsidios directos.

**Tabla D.9 Guanajuato. Subsidios directos al sector agropecuario**  
(millones de pesos)

PROGRAMAS	2003	2004	INC. (%)
FOMENTO AGRÍCOLA	109.800	178.480	62.6
FOMENTO GANADERO	42.000	47.000	11.9
DESARROLLO RURAL	118.375	117.120	-1.1
SANIDAD E INOCUIDAD	46.900	46.634	-0.6
OTROS PROGRAMAS	3.101	3.281	5.8
<b>SUBTOTAL ALIANZA PARA EL CAMPO</b>	<b>320.176</b>	<b>392.515</b>	<b>22.6</b>
PROGAN		7.963	
PROCAMPO	639.050	801.642	25.4
DIESEL AGROPECUARIO	44.256	73.382	65.8
APOYOS A COMERCIALIZACIÓN	70.302	76.164	8.3
FOMENTO A LOS AGRONEGIOS	3.283	5.388	64.1
APOYOS A LA PORCICULTURA	11.804		
PIASRE**	45.500	37.204	-18.2
MICROCUENCAS		0.322	
<b>TOTALES</b>	<b>1,134.371</b>	<b>1,394,580</b>	<b>22.9</b>

\*Programa de Apoyo para Acceder al Sistema Financiero Rural.

\*\*Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva en Zonas con Siniestralidad Recurrente.

Fuente: SAGARPA

### 3. Subsidios aplicados en los acuíferos en estudio.

Los subsidios más frecuentes y relevantes con que actualmente se beneficia a la producción agrícola bajo riego por bombeo, corresponden a cuatro instrumentos:

- Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO) destinado a apoyar a los productores de básicos, que hayan acreditado tal condición en el momento que se levantó el censo del programa y sin importar que ahora dediquen sus tierras a otras actividades. El apoyo consiste en una cantidad por hectárea que se modifica anualmente en función de la inflación.
- Apoyos a la Comercialización o al Ingreso Objetivo, que igualmente está orientado a la producción de básicos y que se paga por tonelada producida y comercializada. El apoyo consiste en el pago de la diferencia entre el precio de mercado y el ingreso objetivo previamente concertado. Por tanto, el monto de apoyo depende del tamaño de la superficie

dedicada a básicos, de los rendimientos por hectárea y de la magnitud de la referida diferencia.

- El subsidio implícito en la tarifa de energía eléctrica que se cobra a quienes la utilizan para extraer agua subterránea para usos agropecuarios. El tamaño del subsidio está determinado por el costo de la energía eléctrica –que está muy influido por el precio del petróleo– y la tarifa que pague cada agricultor en función del consumo y del horario en que tiene lugar.
- Los apoyos otorgados para la tecnificación del riego a través de la Alianza para el Campo y de los Programas Hidroagrícolas.

Para el conjunto de los acuíferos en estudio se estiman subsidios por un total anual de 259 millones de pesos, por tres conceptos: PROCAMPO, Apoyos a la Comercialización (Ingreso Objetivo) y tarifa 09, todos los cuales corresponden al ámbito de apoyos al ingreso y no necesariamente ejercen influencia alguna sobre la rentabilidad de la actividad agrícola; en cambio, ejercen efectos contrarios al uso racional del agua subterránea.

Al lado del subsidio a la energía eléctrica los otros dos tienen un peso menor: en Villa de Arista son irrelevantes porque las siembras de básicos son marginales e incluso son reducidos en jaral de Berrios –Villa de Reyes donde las superficies dedicadas frijol y maíz grano son más importantes y donde el rendimiento reportado de maíz es alto.

Es claro que el subsidio de más interés –en todos los sentidos– es el implícito en la tarifa eléctrica sobre todo porque los posibles ahorros en ese rubro constituyen una fuente natural de compensación de las inversiones necesarias para corregir la sobre explotación

**Tabla D.10 Resumen de subsidios directos e indirectos por acuífero**  
(millones de pesos)

CONCEPTOS	J-Villa de Reyes	Villa de Arista	Valle de S. L. P.	TOTAL	(%)
PROCAMPO \$ 935/ha de básicos	6.653	0.487	2.124	9.264	4.0
Ingreso Objetivo <sup>1</sup>	14.944	0.679	3.077	18.700	7.9
TARIFA 09 <sup>3</sup>	97.588	89.619	19.083	206.290	88.1
SUMAS	119.185	90.785	24.284	234.254 <sup>4</sup>	100.0
Porcentajes	50.9	38.8	10.3	100.0	

<sup>1</sup> Véase Apéndice D-1

<sup>2</sup> Acumulado

<sup>3</sup> Véase Apéndice D-1

<sup>4</sup> Dado que las estadísticas de donde se han tomado las superficies sembradas corresponden al año agrícola de 2003, los cálculos que constan en esta Tabla tienen como base tales superficies, aunque el resto de los determinantes está actualizado a 2004

Formulado con información de SAGARPA y CFE, con las reglas de operación de los programas y mediante entrevistas directas

El subsidio canalizado a la tecnificación del riego, a través de la Alianza para el Campo, requiere una mención por separado porque la situación difiere considerablemente en cada acuífero. En efecto, para Villa de Arista se ha estimado que más de 2000 mil hectáreas están tecnificadas, pero se recogió información en el sentido de que las inversiones fueron sufragadas totalmente por los propietarios de los respectivos ranchos.



Por otra parte, se sabe que en el Valle de San Luís Potosí existen algunas áreas tecnificadas, pero se desconoce el dato y, además, también se recogió la versión de que los apoyos públicos para tal propósito han sido excepcionales.

Sólo en el caso de Jaral de Berrios - Villa de Reyes se captó información acerca de apoyos de la Alianza para el Campo en la tecnificación de una superficie superior a las 3600 hectáreas, con la importante aclaración de que casi la totalidad de esta superficie se en el Estado de Guanajuato.

Habida cuenta de que apenas un tercio de la citada superficie fue tecnificada con riego por goteo y de que abundan las áreas sólo tecnificadas con el sistema de compuertas, se ha estimado que la inversión acumulada tiene un valor aproximado de 26.2 millones de pesos, que no se suma a los montos referidos en la **Tabla D.10** anterior porque no es anual.

Respecto de la tecnificación del riego es conveniente tener en cuenta que el actual Gobierno Estatal ha iniciado acciones tendientes a intensificarla, aplicando subsidios de hasta el 85% del costo, sumando contribuciones federales, estatales y municipales.

#### 4. Estimación de los subsidios a diferentes explotaciones agrícolas en el acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Arista.

En el Acuífero de Jaral de Berrios figuran los subsidios directos canalizados a través del PROCAMPO, los apoyos a la comercialización y de tecnificación del riego Asimismo, figura de manera preponderante el subsidio implícito a la energía eléctrica.

En la **Tabla D.11** que se inserta continuación se establecen los subsidios por hectárea para cada uno de los principales cultivos, con apoyo en información consignada en el capítulo correspondiente al acuífero y, en la **Tabla D.12** posterior, se presentan las estimaciones para diferentes tamaños de explotaciones, mismas que son resultado de simples multiplicaciones.

No obstante que en alfalfa únicamente se computa el subsidio a la energía eléctrica y que, en cambio, los cultivos básicos pueden acceder a los tres subsidios que se analizan, es evidente que la alfalfa se beneficia con el subsidio más elevado, que comparándolo –por ejemplo- con el correspondiente a maíz forrajero –que es el menor- se tiene una relación de 3.1 a 1.

**Tabla D.11 Principales subsidios aplicables a los principales cultivos**  
(pesos por hectárea)

Cultivos	Procampo <sup>1</sup>	Ingreso objetivo <sup>2</sup>	Tarifa 09 <sup>3</sup>	Sumas
CHILE			8,172	8,172
FRIJOL	935	1,320	3,034	5,289
MAÍZ F.	935		3,638	4,573
MAÍZ G.	935	2,450	4,244	7,629
ALFALFA			15,766	15,766
PASTOS Y P.			4,763	4,763

<sup>1</sup> Únicamente aplicable a superficies que en el momento del censo demostraron permanencia en cultivos básicos. Por tanto, sólo se aplicará a frijol y maíz.

<sup>2</sup> También sólo aplicable a cultivos básicos.

<sup>3</sup> \$ 606.39 por millar de m<sup>3</sup>.

La trascendencia de la distorsión se aprecia mucho mayor al tener en cuenta que el subsidio crece en relación directa con el daño ambiental, puesto que a mayor extracción de agua por hectárea corresponde una mayor demanda de energía y por tanto un mayor subsidio por este concepto.

Por cuanto se refiere a los subsidios por tamaño y tipo de explotación agrícola, conviene tener en cuenta lo siguiente:

- Las explotaciones de cien y más hectáreas no son un fenómeno extraño, sobre todo en los ranchos lecheros, pues en esta actividad se tiende a maximizar la escala incluso antes que invertir en el mejoramiento genético y en otras áreas importantes para mejorar la productividad, como es la propia tecnificación del riego.
- Además, tampoco es extraño la acumulación de tierras por la vía del arrendamiento.
- Dada la necesidad y la práctica de rotación, es posible ubicar a cualquier cultivo en casi en todos los tamaños típicos de las explotaciones.
- Pero también es cierto que los cultivos diferentes de la alfalfa –incluido el chile- se encuentran preferentemente en explotaciones de menor tamaño, en primer lugar por la presencia de ejidatarios que, si bien pueden estar en cualquier cultivo, se ocupan sobre todo de los básicos y de los chiles.
- Además, es muy frecuente que a la producción de chiles se destinen áreas pequeñas, dada la alta inversión requerida, dado que la mayor parte se vende en seco y ello aumenta la inversión y el tiempo para recuperarla, y debido también a las fluctuaciones en los precios. Esto último significa el riesgo de perder el patrimonio, sobre todo en el caso de los que menos tienen.

**Tabla D.12 Estimación de los subsidios en diferentes tamaños de explotaciones**  
(pesos)

CULTIVOS	CINCO Hectáreas	DIEZ Hectáreas	CINCUENTA Hectáreas	CIEN Hectáreas
CHILE	40,860	81,720	408,600	817,200
FRIJOL	26,445	52,890	264,450	528,900
MAÍZ F.	22,815	45,630	228,150	456,300
MAÍZ G.	36,145	72,290	361,450	722,900
ALFALFA	78,830	157,660	788,300	1,576,600
PASTOS Y P.	23,815	47,630	238,150	476,300

## 5. Viabilidad financiera, socioeconómica e institucional de diferentes opciones de reducción de extracciones y reorientación de subsidios.

### 5.1. opciones de reducción de extracciones.

El ámbito y la magnitud de la reorientación de subsidios depende de las opciones viables –desde los ángulos financiero, socioeconómico e institucional- para reducir y aplicar a usos más rentables las extracciones de agua subterránea en los acuíferos sobre explotados, lo que constituye la razón de ser o el objetivo central de los proyectos MASAS.

Por tanto, hubo que proceder a determinar las opciones de reducción de extracciones para conocer la consecuente reorientación de subsidios.

La magnitud de la sobre explotación es diferente en cada acuífero, asimismo lo es la vida útil de los acuíferos bajo el supuesto de mantener los niveles actuales de extracción, pero las causas y las consecuencias de la sobre explotación son siempre las mismas, si bien alguna puede estar ausente en algún caso en particular.

En rigor, la primera y muy importante similitud corresponde al hecho de que la sobre explotación es atribuible muy principalmente a los usos agrícolas, como resultado de algunas de las siguientes causas:

- Concesiones en exceso de la capacidad de recarga
- Extracciones no concesionadas.
- Atraso tecnológico en las prácticas agrícolas y de riego.
- Patrones de cultivo altamente demandante de agua y con baja rentabilidad por m<sup>3</sup>.

La similitud en las causas de sobre explotación determina que las opciones de corrección tiendan a ser igualmente similares y la experiencia indica que se concentran en 2 grandes campos:

- La adecuación de los derechos de uso de agua.
- La reconversión del patrón de cultivos y la tecnificación del riego.

Tales campos pueden abordarse bajo diferentes opciones. La adecuación de los derechos de uso de agua puede apoyarse en:

- La aplicación de la Ley, sobre todo tratándose de extracciones no concesionadas.
- La promoción a la renuncia de derechos a cambio de apoyos públicos que compensen el ingreso que se sacrifica.

Asimismo, la tecnificación del riego puede sustentarse en dos opciones tecnológicas –cada una de las cuales significa una distinta situación de reconversión:

- La tecnología de invernaderos.
- La tecnología de riego por goteo.

## 5.2. Evaluación de las opciones

**La aplicación de la Ley.** Salvo algunas excepciones, entre las cuales figura el caso de Villa de Arista, aplicar la ley en forma irrestricta para reducir las extracciones no concesionadas supone costos mínimos pero implica serías complicaciones de toda índole, empezando porque se provocarían conflictos sociales con altos costos políticos que ninguna autoridad estaría dispuesta a afrontar. Por tanto, en lo general esta opción carece de toda viabilidad política y socioeconómica y conlleva implicaciones negativas para la institución encargada de hacerlo.

Bajo circunstancias excepcionales, por ejemplo que la alternativa de no aplicar la ley tenga riesgos socioeconómicos de mayor gravedad, como sería el caso de la imposibilidad de abasto de

agua potable a algún centro urbano, podría resultar inevitable la aplicación de la Ley, sin que dejara de presentarse el conflicto social, pero al menos el impacto (institucional) negativo para el sector público se vería compensado.

Por otra parte, la aplicación de la Ley no procede tratándose de la parte de la sobre explotación atribuible al exceso de concesiones, que en todo habría sido producto de un error de la autoridad.

En el caso del Acuífero de Villa de Arista existe una amplia posibilidad de implantar un proceso de restablecimiento de la legalidad que sólo significaría dar forma legal a una situación de facto, puesto que actualmente está fuera de operación un número de pozos que equivale a la mitad de los que operaron en la década previa al año 2000.

En este caso excepcional no habría conflicto socioeconómico y las instituciones ejecutoras no tendrían mayor problema que el de realizar el proceso con suma transparencia y equidad.

**La compensación a la renuncia de derechos.** Precisamente en reconocimiento de las dificultades y de los efectos negativos antes referidos y en atención de la imperiosa necesidad de contener la sobre explotación en acuíferos ubicados en regiones donde tal sobre explotación ya representa un atentado contra el futuro desarrollo y las oportunidades para las nuevas generaciones, el Gobierno Mexicano ha instituido el Programa de Adecuación de Derechos de Usos de Agua (PADUA).

Este programa conlleva la definición de presupuestos expresamente asignados a entregar apoyos para compensar los ingresos de quienes dejen de producir al renunciar voluntariamente a sus derechos para uso de agua en la producción agrícola.

Mediante este programa es posible rescatar de usos con rentabilidad mínima, nula, o incluso negativa, importantes volúmenes de agua, siempre que los apoyos ofrecidos representen alguna ventaja para los productores.

Dadas las circunstancias prevalecientes entre algunos grupos de productores (ancianos, viudas, ausentes en forma recurrente o simplemente personas arrinconadas en la producción de cultivos de baja densidad económica por dificultades de acceso a los medios financieros y tecnológicos y a los propios mercados) siempre existe la posibilidad de concertar montos que sean satisfactorios para ambas partes.

Obviamente, en caso de un acuerdo económico no habría conflicto social pues los renunciantes incluso mejorarían su condición de vida, el acuífero se preservaría y en su momento el agua sería asignada a usos con una productividad superior. Es decir, esta opción manifiesta una alta viabilidad socioeconómica.

Desde el punto de vista financiero, y hasta donde los presupuestos anuales lo permitan, la opción del rescate de derechos por la vía de su compensación tiene una alta viabilidad por virtud de la institucionalización del PADUA. Por otra parte, siempre será posible acrecentar los presupuestos dada la alta prioridad de la medida, e incluso es posible que la inversión en la adecuación de derechos pueda resarcirse estableciendo una contribución a cargo de quienes permanezcan en el acuífero puesto que también mejoran las condiciones actuales y las perspectivas de sus

inversiones. Desde luego también existe la posibilidad de resarcirse mediante la transferencia onerosa de parte de los volúmenes rescatados a inversionistas interesados en agricultura tecnificada, la urbanización o el establecimiento de alguna industria o negocio de servicios.

La viabilidad económica de la inversión pública está clara en el logro de la estabilización de los acuíferos y también –y de manera más tangible- en los importantes ahorros en subsidios a la energía eléctrica.

Sin embargo, es de tenerse en cuenta que en esta opción como en cualquier otra, se requieren otras medidas que concurren a garantizar los resultados apetecidos e igualmente cabe comentar que este requisito de garantía es satisfecho por los proyectos MASAS dado su carácter integral, que puede incluir la participación de la CFE para limitar el suministro de energía eléctrica a lo estrictamente necesarios para extraer los volúmenes concertados con los usuarios bajo nuevas circunstancias.

**Tecnificación del riego y reconversión del patrón de cultivos.-** las dos variantes arriba señaladas manifiestan viabilidad técnica, pues ambas se practican ya en diversos puntos del país, si bien el riego por goteo está más difundido

Desde el punto de vista social ninguna conlleva potencial de conflicto y ambas representan buenas alternativas para reducir las extracciones por unidad de superficie, lo que favorece a la sociedad en general.

Desde el ángulo de la viabilidad financiera si existen importantes diferencias: La tecnología de invernaderos requiere de inversiones muy superiores que la tecnología de riego por goteo, ya sea que se mida por unidad de superficie o por millar de metros cúbicos rescatados, por lo que la señalada en segundo termino permite una distribución más equitativa de los apoyos públicos, lo que constituye un requisito indispensable para satisfacer el requisito legal de que los subsidios no deben ser discriminatorios y satisface asimismo las exigencias de la cámara de diputados que es la que tiene ingerencia en la aprobación de los presupuestos de egresos .

En estricto rigor, para el impulso del riego por goteo se cuenta con presupuestos públicos relativamente amplios, que bajo circunstancias que lo justifique pueden acrecentarse para hacer posible los proyectos integrales de desarrollo regional, mientras que tal cosa no sucede para el caso de los invernaderos.

En otras palabras, la viabilidad financiera de la tecnología de riego por goteo está dada en los presupuestos públicos y su bajo requerimiento de inversión permite una rápida compensación vía la reducción de otros subsidios, y siempre será más fácil que el productor aporte la parte que le corresponda para sufragar la inversión en riego por goteo que en invernaderos.

Por otra parte, en términos de la diversificación de la oferta el riego por goteo tiene la ventaja de poder aplicarse en una gama mayor de cultivos, incluida la alfalfa cuya presencia es una constante en la sobreexplotación de los acuíferos con mayor problema.

Sin embargo, para cultivos destinados a los segmentos de mercado de mayor ingreso la ventaja competitivas de la tecnología de invernaderos es incuestionable.

En virtud de lo anterior, se ha planteado impulsar la tecnología de riego por goteo con apoyos públicos que en determinadas circunstancias podrían ser por el total de las inversiones y promover la inversión privada al establecimiento de invernaderos, lo que mayoritariamente sería realizado por empresarios con un buen posicionamiento en los mercados de los productos más frecuentemente cultivados bajo esta tecnología.

En la práctica esto está sucediendo en diferentes partes del país, sobre todo donde la agricultura de exportación tiene ya una reconocida tradición, y se tiene la percepción de que una vez mejorada la condición general de los acuíferos en estudio los inversionistas encontrarán un mayor atractivo.

También cabe considerar el hecho de que mediando una fuerte necesidad urbana por el agua en manos de los agricultores, como sería el caso de la ciudad de San Luís Potosí, habría los recursos privados suficientes para aplicar la tecnología de invernaderos en áreas suficientes para liberar el agua necesaria. En este caso, el proyecto consistiría en comprar una parte del agua a los agricultores anuentes a vender –lo que les capitalizaría- y establecer invernaderos en áreas suficientes para garantizarles un flujo constante que estimule la decisión de vender y evite el señalamiento de exclusión social.

Con este orden de ideas se han planteado los proyectos de Villa de Arista y Jaral de Berrios-Villa de Reyes, que constan en capítulos independientes, y que a continuación se resumen.

### **5.3. Acuífero Villa de Arista**

El impacto de la sobre explotación en los costos de producción, las fluctuaciones características en los mercados de hortalizas, la caída en cartera vencida y la consecuente carencia de crédito institucional, han tenido como consecuencia el retiro de la mitad de los pozos y ello ha permitido que en la actualidad -según los productores- el acuífero esté en equilibrio, pero esta situación podría modificarse en cualquier momento, por el fenómeno de concentración de la tierra y el agua y por el acceso a otros mercados de hortalizas. Además, existe la posibilidad real de mejorar sustancialmente la sustentabilidad y es relativamente barato y muy rentable.

Dado que actualmente se tienen unos 600 pozos fuera de operación cuya capacidad de extracción es similar al volumen estimado como extraído ilegalmente; la aplicación de la ley, para darle forma legal a una situación de facto, manifiesta viabilidad socioeconómica e institucional y su impacto financiero es mínimo pues se reduce a los costos de la promoción y los trámites. En este caso el restablecimiento de la legalidad podría acompañarse de un proceso de reglamentación del aprovechamiento del recurso que fortalecería la posibilidad de lograr y mantener el equilibrio del acuífero.

Asimismo, dadas las experiencias en otras partes del país y en la propia área del acuífero y considerado que de hecho está en marcha un programa para la introducción de riego por goteo – tecnología ya muy extendida en el área.- con apoyos públicos por el 85% de la inversión, se está proponiendo que tal tecnología y tal esquema de financiamiento se aplique en unas 4,700 ha que están pendientes de tecnificarse, dejando a los mecanismos de mercado el ritmo de establecimiento de invernaderos

Es decir, se ha perfilado de manera preliminar un proyecto integral para actuar sobre las causas que han motivado sobre explotación, el cual se sustenta en las siguientes estrategias:

- A. Restablecer y mantener la legalidad
- B. Redimensionar.
- C. Formular y poner en práctica un reglamento interno.
- D. Realizar la reconversión productiva.
- E. Realizar la tecnificación

Con estas estrategias se impediría el retorno a la situación anterior, con 1200 pozos operando y extrayendo 166 hm<sup>3</sup>, e incluso se reduciría la extracción actual estimada en 112 hm<sup>3</sup>, garantizando un importante avance hacia la sustentabilidad.

En virtud de que en materia de volúmenes extraídos y de láminas aplicadas se trabajó con estimaciones sustentadas en información de los productores, y de que el Colegio de Postgraduados está realizando un levantamiento de información que muy probablemente modifique la manejada en este estudio preliminar, en el planteamiento preliminar simplemente se establece la meta de reducir las extracciones en 37.3 hm<sup>3</sup>, que sería equivalente al 40% del volumen actualmente extraído para 4,700 hectáreas dónde se aplica riego rodado.

Esta reducción en las extracciones equivale a 30.907 millones de Kwh., que implican un subsidio de 29.7 millones de pesos.

Suponiendo que se sufrague hasta el 100% de la inversión con recursos públicos, el ahorro en los subsidios a energía eléctrica permitiría tecnificar con riego por goteo las 4700 hectáreas antes referidas, en menos de cinco años.

#### **5.4. Acuífero Jaral de Berrios-Villa de Reyes.**

El diagnóstico de la naturaleza, la magnitud, consecuencias y factores de la sobre explotación del acuífero interestatal de Jaral de Berrios-Villa de Reyes, Gto. y S.L.P., y el análisis de las posibles vías de corrección, permitieron determinar la viabilidad financiera, socioeconómica e institucional de las opciones de reconversión productiva y tecnificación, que pueden complementarse con una operación de transferencia onerosa de derechos entre particulares.

La viabilidad financiera radica en la existencia de programas públicos aplicables a las referidas opciones y en la rápida compensación del gasto público a través del ahorro en otros subsidios, particularmente en el destinado a la energía eléctrica. En otras palabras, se trata de un planteamiento de reasignación de los recursos naturales –tierra y agua- y de los apoyos públicos a las actividades agrícolas.

La propia existencia de apoyos públicos para subsidiar las acciones de que se trata muestra que desde el punto de vista institucional no existe conflicto; por el contrario, los programas a través de los cuales se canalizan los apoyos han acreditado una amplia aceptación entre los productores agrícolas, lo que es claro en su vigencia por casi una década.

La viabilidad socioeconómica se sustenta en que la tecnología a implantar conlleva equidad, no implica la exclusión de ningún estrato de productor y significa importantes incrementos en la rentabilidad.

El proyecto puede valorarse a través del potencial de armonización de la sustentabilidad y del impulso de la rentabilidad en el aprovechamiento del agua subterránea, el que a su vez puede apreciarse con las siguientes metas de mediano plazo:

- a) Reducir la extracción de agua subterránea para usos agrícolas en 44.5% ( $71.6 \text{ hm}^3$ ), al pasar de  $160.9 \text{ hm}^3$  a  $89.3 \text{ hm}^3$ , mediante tres acciones:
  - La transferencia onerosa de  $18.353 \text{ hm}^3$  que hoy se ocupan en 2000 hectáreas de productores marginales de básicos a productores de cultivos de mayor densidad económica que dejarían de extraer ilegalmente un volumen similar de agua subterránea. Esta operación sería entre particulares y por tanto no tendría costo público.
  - La reconversión de 1,866 hectáreas de alfalfa no tecnificada por maíz forrajero, lo que tiene un potencial de reducción de extracciones de  $37.320 \text{ hm}^3$ , dada la diferencia de 2.0 m entre las láminas de los cultivos citados. La realización de esta acción sólo requiere que el suministro de energía eléctrica se limite a la estrictamente necesaria para extraer los volúmenes concesionados y, complementariamente de algunos apoyos recuperables pero sin costo financiero –riesgo compartido- para las inversiones requeridas para el ensilaje.
  - La reconversión de 849 hectáreas de frijol y otros cultivos marginales a chiles, lo que haría un total de 2,500 de este último cultivo, mismas que se tecnificarían con riego por goteo. La reconversión y la tecnificación significarían un ahorro neto de  $5.441 \text{ hm}^3$ .
- b) Incrementar la **rentabilidad neta** del recurso en 9 veces, al pasar de 5.7 millones a 51.0 millones de pesos anuales, como efecto del cambio del patrón de cultivos; es decir, sin considerar otros impactos favorables de la tecnificación.
- c) Reducir el subsidio a la energía eléctrica en alrededor de 44 millones de pesos anuales, como resultado de la reconversión de cultivos.

Las metas referidas únicamente consideran los efectos de la reconversión del patrón de cultivos y de la tecnificación del cultivo de chile, pero no consideran otros efectos en los rendimientos unitarios, que la propia reconversión y tecnificación propician y que son igualmente importantes en el mejoramiento de la utilidad por hectárea, a saber:

- a) Un incremento del orden de una tonelada por hectárea de chile, así como la reducción de los costos de producción, como resultado de la mayor eficiencia en los riegos y la fertilización y de la reducción en el número de jornales.
- b) Un incremento de por lo menos 20% en los rendimientos de maíz grano y frijol, ya que se retirarían las superficies marginales.
- c) La reducción de las superficies de maíz y frijol abre la posibilidad de comercializar una proporción importante en calidad de ejotes y elotes en los mercados regionales, con menores costos de producción y mayores ingresos por hectárea.
- d) Un incremento importante en los rendimientos de alfalfa puesto que se retiraría la mitad de la superficie que aun se cultiva con riego rodado.



Las necesidades de inversión más trascendentes se constriñen a la incorporación de sistemas de riego por goteo y acolchados en 2,500 hectáreas de Chile, lo que no rebasaría un monto de 70 millones de pesos, de inversión pública y 70 millones de pesos de inversión de los productores, considerando un costo de 28 mil pesos por hectárea y la habilitación del doble de la superficie a cultivar a fin de establecer la práctica de año y vez, para propósitos sanitarios y de recuperación de la fertilidad.

Existe la posibilidad de que algunos productores –sobre todo del sector social- no estuviesen en condiciones de aportar la mitad que les corresponde y, en tal caso habría que recurrir al apoyo de recursos de riesgo compartido, que habría que retornar pero sin costo financiero.

En el caso extremo de aplicarse un subsidio del 100% a la totalidad de la superficie –caso sólo hipotético porque existen productores con capacidad de pago- la inversión pública se elevaría a 140 millones de pesos y resultaría equivalente a la reducción de los subsidios en la tarifa 09 en un poco más de tres años.

### 5.5. Acuífero del valle de San Luís Potosí.

La carencia de información relativa al sector agropecuario en el ámbito del Acuífero del Valle de San Luís Potosí es particularmente acentuada.

No obstante que se recurrió a diferentes instancias no fue posible conseguir información que permitiera distinguir siquiera aproximadamente cuanta superficie –y con que cultivos- se siembra con cada una de las diferentes calidades de agua, cual es el volumen total extraído para usos agrícolas y que parte procede del acuífero profundo y cual otra del acuífero superior. Tampoco es posible saber cuantos pozos están operando o si se presentan casos de extracciones ilegales. En fin, no se puede estimar cuanto habría que reducir las extracciones y como se traduciría dicha reducción a kwh.

Igualmente es improcedente recomendar riego por goteo, y desde luego invernaderos, porque se ignora si existen áreas que sólo utilicen agua limpia –cuestión que parece imposible, dada la mala calidad del agua del acuífero superior.

Según el resumen del REPDA, los volúmenes concesionados para usos agrícolas son de sólo 38.840 hm<sup>3</sup>, que corresponden a 840 aprovechamientos, pero se entiende que constantemente se registran transferencias de derechos agrícolas a otros usos y que los datos referidos no están al día.

**Tabla D.13 Acuífero Valle de San Luis Potosí**  
Cuadro Resumen del REPDA

USOS	Volúmenes concesionados (hm <sup>3</sup> )	Aprovechamientos (Número)
AGRÍCOLA	38.84	840
DOMÉSTICO	0.03	50
INDUSTRIAL	12.69	71
MÚLTIPLES	0.26	5
PECUARIO*	0.76	74
PÚBLICO-URBANO	94.87	278
SERVICIOS	1.68	55
TOTAL	149.13	1373

Por otra parte, según la CFE en los municipios ubicados en el ámbito del acuífero se tiene (2003) un consumo de 19.879 millones de Kwh., que luce reducido<sup>6</sup> al lado de la superficie y el patrón de cultivos que según SAGARPA se regó en el año agrícola de 2003.

Esta situación podría explicarse si la mayoría de los pozos corresponde al acuífero superior, la media de los niveles dinámicos es reducida y el gasto medio es alto.

Por otro lado, esta situación indica que la proporción de agua residual es de importancia, lo que corresponde con lo observado en el recorrido y con una disponibilidad de aproximadamente 55 hm<sup>3</sup>, que equivale al 60% del consumo de agua potable.

En estas condiciones, y dado que no hay una clara distinción entre áreas, cultivos y calidades de agua, llama poderosamente la atención que el 35% de la superficie cultivada corresponda a hortalizas y que entre las hortalizas con mayor superficie figure la lechuga.

**Tabla D.14 Superficie cultivada bajo riego. Área del acuífero del valle de S.L.P.<sup>1</sup>**

CULTIVOS	SUPERFICIES (ha)
<b>HORTALIZAS</b>	<b>3,373</b>
Chile	971
Lechuga	530
Tomate rojo	1,056
Otras hortalizas	616
<b>FORRAJEROS</b>	<b>3,894</b>
Alfalfa	3,060
Otros Forrajeros	834
<b>BÁSICOS</b>	<b>2,271</b>
Maiz Grano	2,068
Frijol	203
<b>OTROS</b>	<b>93</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9,631</b>

<sup>1</sup> Incluye los municipios de S. L. P., Soledad de Graciano S, Mexquitic y Cerro de San Pedro.

Dadas las muy particulares condiciones del acuífero del VSLP (falta de información elemental; se usa agua sin tratar en la producción agrícola para consumo humano; contaminación elevada y diversa en el acuífero superior; constante transferencia de derechos para uso agrícola a otros usos, lo que suele significar que un derecho sobre el acuífero superior se traduce en un aprovechamiento en el acuífero profundo), no puede sustentarse de manera elemental la recomendación de alguna opción de reducción de extracciones o del área agrícola y, consecuentemente, de reasignación de los recursos naturales y de los recursos públicos que concurren al apoyo de la agricultura de riego. Sólo puede afirmarse que, dada la frecuente transferencia de derechos de la agricultura a la urbanización y a la industria, no será necesario aplicar el PADUA a fin de reducir extracciones agrícolas y ampliar la oferta de agua para usos

<sup>6</sup> Sobre todo porque la suma del volumen estimado de agua residual que podría estar utilizando la agricultura (55 hm<sup>3</sup>) y el volumen concesionado, sin considerar posibles transferencias no registradas (38.8 hm<sup>3</sup>) parece insuficiente para el padrón de cultivos, pues sólo las tres mil hectáreas de alfalfa podrían estar utilizando 78 hm<sup>3</sup>.

urbanos e industriales; que no pude continuar la producción de cultivos para consumo humano y animal en las condiciones actuales de contaminación creciente del agua, que ya constituye una amenaza para el acuífero profundo.

En otras palabras, en las circunstancias actuales no puede recomendarse la canalización de apoyos públicos a la agricultura de riego del Valle de San Luís Potosí sin correr el riesgo de contribuir a fortalecer una situación inconveniente y de contribuir a que se subsidie la especulación con los terrenos y con el agua.

Por el contrario, previo a un programa de inversiones públicas en el sector agrícola del Acuífero del Valle de San Luís, conviene propugnar lo siguiente:

- Contar con un levantamiento detallado de información básica sobre las actividades agropecuarias.
- Impedir que los agricultores transfieran derechos del acuífero superior que se convierten en perforaciones en el acuífero profundo.
- Tener un adecuado conocimiento de la calidad del agua utilizada en cada una de las áreas en las que pueda dividirse la zona de riego.
- Eliminar la producción de hortalizas dado el riesgo sanitario del uso de aguas contaminadas y dada la propia contaminación de los suelos. La producción de hortalizas en el VSPL puede perjudicar las exportaciones de las hortalizas producidas en otras partes del estado.
- En estricto rigor, debería prohibirse cualquier cultivo destinado a consumo humano o animal y transformarse la producción agrícola a plantas de ornato y árboles, como los de navidad, y de viveros de especies que puedan prosperar en la región. Esto último por contrato con los programas de reforestación.
- Promover, paralelamente, la creación de áreas verdes.
- Disponer de un programa de tratamiento de agua residual que incluya lo relativo a su aplicación en usos agrícolas.

## **6. Vías de acceso al financiamiento.**

En el capítulo correspondiente al Acuífero de Villa de Arista consta un planteamiento integral sobre la organización y articulación del financiamiento, el abasto de insumos y la producción y comercialización de hortalizas, que marca un ruta al crédito institucional y a la capitalización. Este planteamiento también es aplicable a los productores del Acuífero de Jaral de Berrios- Villa de Reyes, particularmente tratándose de la producción de chiles. La descripción de la problemática se sintetiza en dicho capítulo:

“En la generalidad de los casos prevalece una situación de descapitalización y reducida competitividad que no se corresponden con la producción de hortalizas, que tiene un alto potencial de negocio. Esta situación encuentra explicación en diversas causas concatenadas:

- El minifundio que no permite la formación de excedentes para reinvertir.
- El rezago tecnológico, a su vez resultado de la mínima o nula inversión en innovaciones.

- Una vulnerable posición en mercados caracterizados por amplios márgenes de fluctuación, que redundan en la captación de una pequeña proporción del precio que pagan los consumidores finales.
- La carencia de garantías y la mínima capacidad de pago, precisamente originadas en el minifundio, el rezago tecnológico y la vulnerabilidad en el mercado, que junto con malos antecedentes crediticios impiden el acceso al financiamiento institucional.
- Alto costo del dinero accesible a través de proveedores, vendedores o la usura.
- Consecuentemente, elevados costos de producción y de transacción y reducida competitividad.

La carencia o mínimo acceso al crédito institucional ha traído consigo la nula o mínima presencia del servicio de seguro agrícola, no obstante que se enfrentan riesgos de daños como los que ha llegado a causar el granizo, por ejemplo.

Desde el punto de vista de la rentabilidad y la competitividad, la solución de estas carencias es tan importante como la reconversión del patrón de cultivos y la tecnificación del riego.”

La vía de solución considera el aprovechamiento de diversos instrumentos de fomento y la constitución de Fondos de Inversión y Contingencia (FINCAS) o Fideicomisos Irrevocables de Fuente Alternativa de Pago, y de Fondos de Aseguramiento.

También destaca la sugerencia de explorar la posibilidad de que los derechos de uso de agua se constituyan en garantía principal para acceder al crédito bancario –en forma independiente de la tierra- porque su valor es considerablemente mayor al requerido para el avío. Asimismo, cabe reiterar que el mecanismo pretende dar lugar a un proceso de capitalización.

## **I. El acuífero de Villa de Arista**

---

### **7. Antecedentes y situación actual.**

El aprovechamiento del acuífero de Villa de Arista, S. L. P. se inició hace 50 años, con la perforación de no más de tres pozos, y hasta el inicio de la década de los años setenta las nuevas perforaciones habían observado un ritmo pausado.

Sin embargo, los buenos resultados de la producción agrícola, particularmente de las hortalizas, trajeron consigo la intensificación del otorgamiento de autorizaciones de perforación, que no terminó sino hasta finales de la primera mitad de la década de los años ochenta, cuando se hizo ostensible el abatimiento de los niveles de bombeo. De acuerdo con información oficial que se consigna más adelante, en el periodo antes referido también tuvieron lugar numerosas perforaciones no autorizadas.

Ante la evidencia de la sobre explotación del acuífero se decretó la veda que, a la luz de los resultados, fue tardía.

Dado que hasta el momento de la veda las perforaciones –autorizadas y no autorizadas– simplemente respondieron a la demanda, y ya que con independencia de la veda –que prohíbe

nuevas perforaciones pero no corrige las perforaciones no autorizadas y tampoco impide la extracción de volúmenes en exceso de los concesionados a cada pozo- no ha habido intervención pública ni acuerdo de particulares en materia de regulación, se desprende que lo sucedido en el acuífero, desde el inicio de su aprovechamiento y hasta la fecha, propiamente ha correspondido al ejercicio del libre albedrío por parte de cada uno de los usufructuarios del agua subterránea.

El resultado del libre albedrío ha sido negativo, como se aprecia en los siguientes hechos:

- Acentuada sobre explotación del acuífero, sin una retribución adecuada al valor estratégico del agua subterránea y, por el contrario, con serios daños ambientales, económicos y sociales.
- Concentración de la tierra y el agua en manos de quienes han tenido mejores condiciones de financiamiento, de tecnología y de acceso a los mercados,
- Suspensión de la operación de la mitad de los 1200 pozos de uso agrícola que de acuerdo con los productores existen en el acuífero.
- Grave pérdida de empleos.
- Carteras vencidas, carencia de crédito institucional y consecuente encarecimiento del dinero requerido para el avío.
- Deterioro de la competitividad.

La situación de sobre explotación es conocida de tiempo atrás, ya que desde principios de los años 80 y hasta el año 2000 el nivel de bombeo ha registrado abatimientos de hasta 4 metros anuales, y ya que la presencia de grietas en el territorio del acuífero es ostensible desde hace cuatro lustros.

No obstante, el problema manifiesto y creciente no dio lugar al interés por la medición sistemática y por ello hoy día se carece de datos que deberían ser de conocimiento sistemático, como es el caso de la superficie asignada a los diferentes cultivos, las láminas aplicadas, la diferenciación de profundidades por áreas, la relación entre extracciones y consumo de energía eléctrica, el número de productores, el régimen de tenencia y la distribución de la tierra, las extracciones totales y la recarga, los rendimientos, los costos de producción y la mano de obra ocupada, así como la propia concentración de agua y tierra.

Sobre la mayor parte de esta información de carácter básico sólo se cuenta con estimaciones y conjeturas, lo único incuestionable es el proceso de sobre explotación, su importante incidencia sobre la rentabilidad de las inversiones y sus graves consecuencias sociales, que al fin promovieron el interés público por la adopción de medidas correctivas.

Entre otras medidas -como el inicio de una campaña de introducción de riego por goteo y la realización del estudio encargado a la OMM, del que forma parte este capítulo- figura el levantamiento de información encargado por la CNA al Colegio de Postgraduados, que tiene como propósito precisar información sobre los siguientes aspectos:

- Recarga.
- Extracciones.
- Superficie en producción.
- Superficie por cultivo.
- Tenencia de la Tierra.
- Número de productores.

- Ubicación de predios y pozos.
- Rendimientos.
- Costos.
- Precios.
- Mano de obra demandada por cultivo.

Entre tanto se dispone de los resultados que obtenga el Colegio de Postgraduados, y a fin de perfilar en este informe algunas propuestas orientadas a mejorar –en los plazos mediano e inmediato- las condiciones prevalecientes en el acuífero, fue necesario construir un marco de información, a partir de datos oficiales y de datos proporcionados por los usuarios.

## 8. La extracción actual.

El propósito central del presente trabajo es formular propuestas en materia de reasignación de recursos, y para la reorganización de su aprovechamiento, que contribuyan a la armonización de la sustentabilidad y la rentabilidad del agua subterránea de Villa de Arista.

Con ese propósito, y habida cuenta del dicho de los productores en el sentido de que actualmente las extracciones y la recarga se encuentran en equilibrio, es importante establecer la magnitud de la extracción actual y los determinantes de tal equilibrio. Por el momento, y para ambos efectos, se cuenta con órdenes de magnitud aportados por los productores, respecto de las láminas de riego, rendimientos y estimaciones de costos; con información de la SAGARPA respecto de las superficies sembradas por cultivo y municipio, y con datos sobre consumos de energía eléctrica proporcionados por la Comisión Federal de Electricidad.

Con información estadística de la SAGARPA, y algunos señalamientos de los productores,<sup>7</sup> se determinaron las superficies regadas por cultivo y la distribución entre riego rodado y tecnificado.

**Tabla D.15. Acuífero de villa de arista. Superficie sembrada**  
(ha)

CULTIVOS	RIEGO RODADO	RIEGO POR GOTEO	TOTAL
HORTALIZAS	2,600	2,170	4,770
CHILES	1,460	970	2,430
TOMATE ROJO	959	1,100	2,059
TOMATILLO	100	100	200
OTRAS*	81		81
BÁSICOS	521		521
FRIJOL	81		99
MAÍZ	422		422
ALFALFA	1200		1,200
OTROS**	388		388
<b>TOTAL</b>	<b>4,709</b>	<b>2,170</b>	<b>6,879</b>

\*Cebolla, pepino y calabaza, principalmente.

\*\*forrajes y frutales.

<sup>7</sup> La zona de riego del acuífero está comprendida en los municipios de Vila de Arista, Moctezuma, Venado, Charcas y San Luís Potosí; pero de este último municipio sólo se incluye un pequeña parte que corresponde a la Delegación de Bocas y que, con ayuda de los productores, se estimó en 700 hectáreas.

Sobre el particular, llama la atención la elevada proporción de superficie que ya cuenta con riego por goteo (45.5%), lo que es congruente con los siguientes hechos:

- La sobre explotación del acuífero se traduce en elevación de los costos de producción, situación que obliga a invertir en tecnología para reducir el consumo de energía eléctrica y los gastos en frecuentes profundizaciones.
- A pesar de los costos crecientes las hortalizas permiten excedentes para reinversión.
- Sin embargo, tal cosa no es posible si se es minifundista. En efecto, la tecnificación la han realizado aquéllos productores que poseen un promedio de 200 hectáreas, pues a decir de los lugareños la superficie tecnificada corresponde a no más de 10 propietarios.
- La tecnificación también ha sido impulsada por los mejores rendimientos. Un productor puso como ejemplo la producción de 60 toneladas de chile por hectárea.

También cabe apuntar que para algunos productores la superficie de alfalfa es mayor que la registrada en la estadística, ya que su cultivo se practica principalmente para realizar la rotación con hortalizas, si bien no es el único medio porque algunos dejan descansar el suelo y otros utilizan productos químicos para subsanar la pérdida de fertilidad que implica el monocultivo de hortalizas.

Por otra parte, entre la información captada destacan las elevadas láminas aplicadas a las hortalizas, no obstante que ya fueron ajustadas a la baja con apoyo en la energía eléctrica consumida y mediante una segunda ronda de consultas.

El referido patrón de cultivos y las elevadas láminas de riego determinan una extracción anual de 112 hm<sup>3</sup>, como se ve en la **Tabla D.17**

Esta cifra es consistente con la resultante de transformar 97 millones de kwh de consumo de energía eléctrica a hm<sup>3</sup>, que utilizando la estimación de los productores de 1.2 m<sup>3</sup> por cada kwh.<sup>8</sup> Arroja 116 hm<sup>3</sup>. (1.2 x 96,685,000= 116.0)

El consumo de energía eléctrica, que se presenta resumido en la siguiente **Tabla D.16**, corresponde a 2003 y fue proporcionado por la CFE .

**Tabla D.16 Acuífero de Villa de Arista. Consumo de energía eléctrica Tarifa 09.**

MUNICIPIOS	KWH
VENADO	7,077,016
VILLA DE ARISTA	38,436,075
CHARCAS	171,909
MOCTEZUMA*	48,000,000
SAN LUÍS POTOSÍ*	3,000,000
CONSUMO TOTAL	96,685,000

\*estimaciones

A diferencia de otros acuíferos que han sido estudiados por cuenta de MASAS, en este de Villa de Arista la mayor parte de la tierra (69%) y del agua (61%) corresponde al grupo de hortalizas.

<sup>8</sup>Esta estimación es a su vez consistente con el hecho de que la mayoría de los niveles dinámicos son del orden de 200m, no obstante la presencia de profundidades someras en algunas áreas del municipio de Venado y de la Delegación de Bocas

En cambio, los básicos que son cultivados por los más pobres figuran en medida marginal, con el 7.6% de la tierra y el 4% del agua.

A la alfalfa le corresponde el 17 % de la tierra, pero el 30% del agua, y en este caso la alfalfa no está vinculada a explotaciones lecheras de los propios agricultores, pues se cultiva por necesidades de rotación y mayoritariamente se vende fuera de la zona, incluso fuera del estado.

**Tabla D.17 Acuífero de villa de arista. Determinación de la extracción actual**

HORTALIZAS	RIEGO RODADO			RIEGO POR GOTEO			TOTALES	
	Hectáreas	Lámina (m.)	Extracción (hm <sup>3</sup> )	Hectáreas	Lámina (m.)	Extracción (hm <sup>3</sup> )	Hectáreas	(hm. <sup>3</sup> )
HORTALIZAS	2,600		49.234	2,170		18.930	4,770	68.164
CHILES	1,460	2.00	29.200	970	0.90	8.730	2,430	37.93
TOMATES	959	1.80	17.262	1,100	0.85	9.350	2,059	26.612
TOMATILLO	100	1.80	1.800	100	0.85	0.850	200	2.650
OTRAS*	81	1.20	0.972				81	.972
BÁSICOS	521		4.828				521	4.828
FRIJOL	81	0.75	0.608				99	0.608
MAÍZ	422	1.00	4.220				422	4.220
ALFALFA	1200	2.80	33.600				1,200	33.600
OTROS**	388	1.40	5.432				388	5.432
<b>TOTAL</b>	<b>4,709</b>		<b>93.094</b>	<b>2,170</b>		<b>18.930</b>	<b>6,879</b>	<b>112.024</b>

\*Cebolla, pepino y calabaza, principalmente.

Como puede apreciarse en la **Tabla D. 17** anterior, la mayor parte del problema del dispendio de agua subterránea en los usos agrícolas radica en las 4,709 hectáreas de riego rodado, pero las láminas aplicadas a las hortalizas con riego por goteo denotan la ausencia de asistencia técnica adecuada para garantizar la calidad de los equipos y de su instalación, así como el buen uso de los mismos.

## 9. Estimación de la recarga.

Como los registros de los productores indican que el abatimiento ha cesado y que la situación actual es de equilibrio, la recarga puede estimarse como equivalente a la extracción actual; es decir: 112 hm<sup>3</sup>.

## 10. Magnitud de la sobre explotación.

La carencia de información sistemática sobre la magnitud de la sobre explotación conlleva a ensayar una estimación indirecta, que se ha razonado como sigue:

- a) A explicar la contención del abatimiento, y la actual situación de equilibrio entre extracción y recarga, concurren dos hechos Principales:



- a.1. En primer lugar la suspensión de operaciones en aproximadamente 600 pozos, que representan la mitad de un total de 1,200 pozos que durante un largo periodo previo operaron en el acuífero.
- a.2. En los tres últimos años se han presentado precipitaciones pluviales de aproximadamente 500 mm., que equivalen al doble de la precipitación normal que se ha establecido en 250 mm., anuales.
- b) Dada la elevada evapotranspiración, lo errático de las lluvias, su irregular distribución y la concentración en un periodo reducido; y ya que la recarga no llega de inmediato al nivel de bombeo –que se ubica entre 80 y 200 metros- en un primer escenario la contención del abatimiento se atribuye al menor número de pozos en operación. En un escenario alternativo a la precipitación adicional podría concedérsele el valor de un riego.
- b.1. De lo anterior se desprende una primera base de estimación: Como el número de pozos en suspensión es igual al número de pozos en operación, y la situación actual es de equilibrio, la sobre explotación pudo alcanzar un volumen igual al que se está extrayendo ahora, que, de acuerdo a cálculos anteriores es del orden de 112.0 hm<sup>3</sup>.
- b.2. En estas condiciones, en los años pasados la extracción habría duplicado a la recarga.
- b.3. Por otra parte, existe la elevada probabilidad de que cada pozo actual esté regando una superficie mayor a la que regaba cuando operaban los 1200 pozos, como consecuencia del reciente establecimiento de una tarifa eléctrica nocturna igual a la mitad de la diurna. El estímulo adicional de la tarifa eléctrica nocturna ha hecho posible que el 80% de los productores rieguen también de noche, y quienes antes no lo hacían han ampliado en un tercio (8 horas del periodo nocturno) la capacidad de extracción de sus pozos, rebasando sistemáticamente los volúmenes que extraían antes del retiro de la mitad de los pozos y del establecimiento de la nueva tarifa.
- b.4. Estas extracciones adicionales pueden estimarse a partir de la extracción total que ha sido establecida en 112.0 hm<sup>3</sup>, teniendo como resultado que alcanzan un volumen de 59.0 hm<sup>3</sup>.

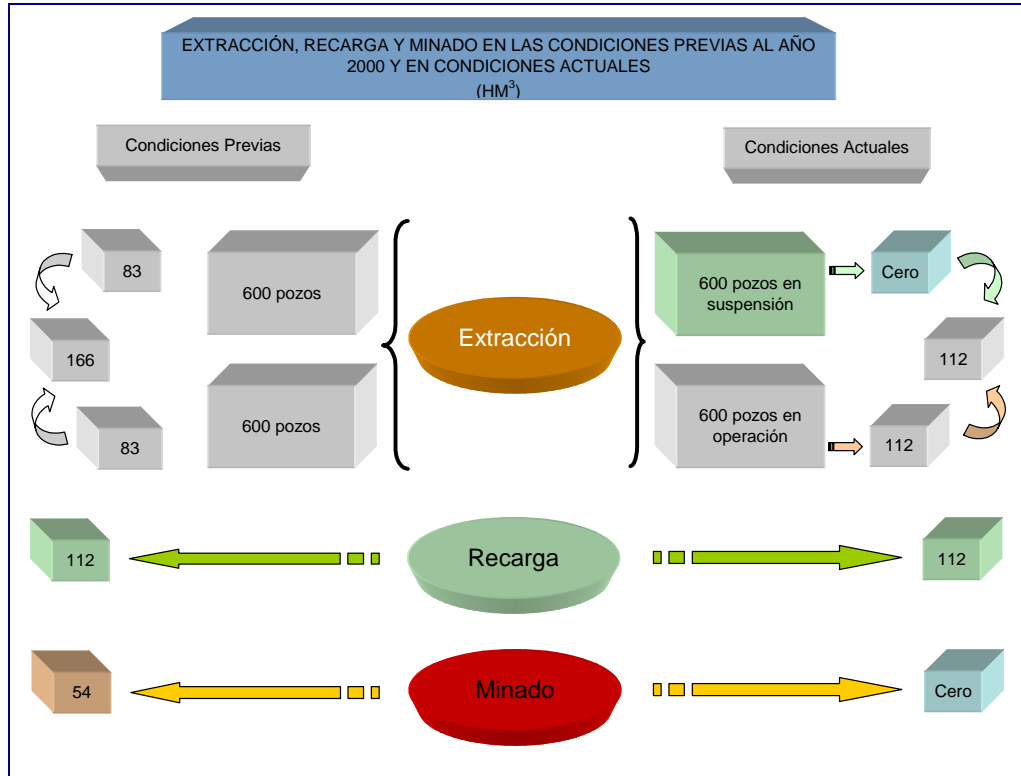
$$112 (.80) (.33) = 29.0 \text{ hm}^3.$$

- b.5. Entonces puede suponerse que antes de la tarifa eléctrica nocturna con los 600 pozos en operación sólo se extraían 83 hm<sup>3</sup> (112-29) y con los 600 pozos ahora fuera de operación se sacaba otro tanto para hacer una extracción total de 166 hm<sup>3</sup>, determinándose una sobre explotación de 54 hm<sup>3</sup> al año, equivalente al 48% de la recarga y al 32% de la extracción total.<sup>9</sup>

La **Figura D.1**, que se muestra a continuación, expresa de manera gráfica un resumen de la situación hasta aquí descrita:

<sup>9</sup> La hipótesis también encuentra sustento en la información recogida en el área en el sentido de que los pozos en operación están trabajando un promedio mayor de horas que antes y de que los pozos que pararon se ubicaban en los ranchos de mayor tamaño, donde había una mayor densidad de pozos, en razón de seguridad ante descomposturas o reducción del gasto y de rapidez de los riegos.

**Figura D.1 Extracción y recarga en el acuífero Villa de Arista**



## 11. Factores de la sobre explotación.

De acuerdo con la información recogida entre los productores, con las observaciones realizadas en el área del acuífero y con diversas experiencias anteriores, tratándose de los usos agrícolas, la sobre explotación del acuífero de Villa de Arista puede obedecer, principalmente, a los siguientes factores:

- El exceso de concesiones.
- Perforaciones clandestinas.
- Extracciones no autorizadas.
- El rezago tecnológico.
- El patrón de cultivos con altos requerimientos de agua
- Estímulos de mercado
- Estímulos públicos.

### 11.1 Exceso de concesiones.

Como se muestra en la **Tabla D.18**, que resume el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), en el acuífero de Villa de Arista la concesión para usos agrícolas únicamente comprende 96.91 hm<sup>3</sup> y el número de aprovechamientos autorizados es de sólo 759.

**Tabla D.18 Acuífero Villa de Arista**  
Cuadro Resumen del REPDA

USOS	Volúmenes concesionados (hm <sup>3</sup> )	Aprovechamientos (Número)
AGRÍCOLA	96.91	759
DOMÉSTICO	0.07	215
INDUSTRIAL	1.11	7
ACUACULTURA	0.03	3
PECUARIO*	0.78	483
PÚBLICO-URBANO	3.06	468
SERVICIOS	0.01	1
TOTAL	101.97	1936

\*Llama la atención el fuerte contraste entre el volumen y el número de aprovechamientos concesionados.

El volumen concesionado equivale al 86.5% de la estimación de extracción actual –que se supone equivalente a la recarga- y al 58.4% del volumen que se ha estimado como extraído anualmente cuando operaban los 1200 pozos agrícolas que se entiende existen en el acuífero.

Por su parte, el número de aprovechamientos autorizados representa el 63.3% del total de 1200 pozos y el 126.5% de los pozos que se mantienen en operación.

Lo antes expresado basta para dejar en claro que en las muy adversas condiciones naturales, técnicas y económicas que prevalecieron en el tramo más reciente de los años previos a 2000, no hubo minado atribuible al exceso de concesiones. El minado es atribuible a extracciones no concesionadas. La diferencia entre el número real de pozos agrícolas y el número concesionado resulta clara evidencia.

### 11.2. Perforaciones Clandestinas.

El propio resumen del REPDA pone de relieve la existencia de 441 perforaciones clandestinas, que representan una importante proporción (37%) del total de pozos (1200).

En función de la extracción media que se estima para cada pozo en el periodo en que operaban los 1200 pozos<sup>10</sup>, se puede estimar que la capacidad de extracción de los 441 pozos clandestinos asciende a 61.0 hm<sup>3</sup>, volumen que resulta el 113% del volumen minado hasta antes del 2001 y que explica con creces la sobre explotación a que fue sometido el acuífero de Villa de Arista.

Esto significa que en el caso del acuífero de Villa de Arista no se otorgaron concesiones en exceso de la capacidad de recarga, pero se registró una sistemática violación de la Ley haciendo perforaciones clandestinas, por insuficiencia de supervisión o por consentimiento.

La existencia de pozos propiamente clandestinos es un hecho conocido en el acuífero y asimismo se sabe que tales perforaciones fueron realizadas en los ranchos de mayor tamaño, a principios de la década de los años ochenta, cuando fueron adquiridos por inversionistas de otras regiones, principalmente Sinaloa.

<sup>10</sup>  $166 \text{ hm}^3 / 1200 \text{ pozos} = 138 \text{ hm}^3 (441) = 61.0 \text{ hm}^3$ .

Aparentemente, se conseguía alguna autorización de parte del Gobierno del Estado y ello permitía obtener el permiso de suministro de parte de la CFE.

### 11.3 Extracciones no autorizadas.

En el apartado *Magnitud de la sobreexplotación*, se estimó que en el periodo durante el cual operaron los 1200 pozos tuvo lugar una extracción anual del orden de 166 hm<sup>3</sup>, que comparada con los volúmenes concesionados por 96.91 hm<sup>3</sup> arroja extracciones ilegales o no concesionadas por un volumen total de 69.090 hm<sup>3</sup>.

En la **Tabla D.19**, que se inserta enseguida, queda de relieve que casi la totalidad (88%) de la extracción ilegal pudo realizarse a través de las perforaciones clandestinas, que el gasto medio de cada pozo fue y es muy reducido.

**Tabla D.19 Acuífero Villa de Arista. Estimación de las extracciones no autorizadas y realizadas a través de pozos clandestinos y de pozos autorizados**

CONCEPTOS	VOLÚMENES		
	UN POZO	TOTALES	ILEGALES
1.-Total de pozos		1,200	
2.-Pozos Autorizados		759	
3.-Pozos Clandestinos		441	
4.-Extracción total (hm <sup>3</sup> )		166.000	
5.-Extracción Autorizada (hm <sup>3</sup> )		96.910	
6.-Extracción media autorizada (m <sup>3</sup> )	127,681		
7.-Extracción Ilegal (hm <sup>3</sup> )			69.090
8.- Extracción media por pozo (m <sup>3</sup> ) (166,000,000/1,200)	138,333		
9.-Extracción con pozos clandestinos (hm <sup>3</sup> ) (138,333)(441)			61.000
10.-Extracción ilegal con pozos autorizados(hm <sup>3</sup> ) (69.090 – 61.000)			8.090
11.- Extracción ilegal por pozo autorizado (m <sup>3</sup> )	10,646		

La estimación de la extracción actual en 112 hm<sup>3</sup> implica un exceso de 15 hm<sup>3</sup> sobre los volúmenes concesionados y revela que la extracción media de cada uno de los 600 pozos en operación alcanza 186,667 metros cúbicos y resulta 46% superior a la concesión media.

Ahora bien, tanto las perforaciones clandestinas como las extracciones en exceso a los volúmenes concesionados a cada pozo, que además de constituir violaciones a la legalidad terminan por causar sobre explotación de los acuíferos, están motivadas por el afán de cultivar la mayor superficie posible, por el predominio de patrones de cultivo altamente demandantes de agua, por prácticas de riego y de cultivo atrasadas. A su vez, el patrón de cultivos obedece a estímulos de mercado y la presencia de estímulos públicos.

### 11.4. Patrón de cultivos con altos requerimientos de agua.

La optimización de los equipos de riego por goteo y de su aprovechamiento propiciará que las hortalizas cultivadas en Villa de Arista sean consistentes con el objetivo de armonizar la sustentabilidad y la rentabilidad del acuífero.

Por tanto, en términos de patrón de cultivos el inconveniente se reduce prácticamente al cultivo de alfalfa.

Al respecto, es de señalarse que es sorprendente –e inadmisible- que en un acuífero con indicadores fehacientes de grave minado, que por añadidura se localiza en una región con severa carencia de agua<sup>11</sup>, y que ni siquiera es cuenca lechera, se destine el 30% del agua a la producción de alfalfa, con aplicación de láminas de riego no inferiores a 2.80 metros.

Como la alfalfa se siembra con el propósito de recuperar la fertilidad de los suelos el ahorro podría ser de hasta 34 hm<sup>3</sup> si la nueva rentabilidad de las hortalizas permitiera un sistema de rotación de año y vez.

Asimismo, el agua destinada a alfalfa podría reducirse en 2.0 metros por hectárea (24 hm<sup>3</sup>) utilizando otro cultivo que funcione como mejorador de suelos, que genere ingresos y tenga una menor necesidad de agua, como la remolacha forrajera, la sesbania, el frijol, haba, garbanzo o chícharo.

### **11.5. El Rezago Tecnológico.**

Por otra parte, la sobre explotación y sus consecuencias han tenido lugar en un marco de creciente desigualdad en las oportunidades, la cual ha redundado en una acentuada desigualdad en la distribución de la tierra y del agua, a grado tal que en la actualidad el 20% de los productores explota el 80% de los recursos, mientras que en el otro extremo el 80% de los productores usufructúa el 20% de la tierra bajo riego. En este extremo, la propiedad de tierra y los derechos sobre el agua están sumamente atomizados.

Esta desigualdad ha propiciado un círculo vicioso que concurre a alimentar el rezago tecnológico: la mayoría de los productores no logra excedentes suficientes para invertir en tecnología y la falta de tecnología limita las posibilidades de lograr excedentes para mejorar sus condiciones de vida y para invertir en innovaciones, originando un rezago tecnológico que juega un importante papel en la sobre explotación del acuífero y que adquiere expresión concreta en el hecho de que el 31.5% de la superficie actualmente en explotación (2170 ha), cuenta con riego por goteo, mientras que en el 68.50% se aplica riego rodado, pese a que se trata de una zona productora de hortalizas y que opera bajo marcadas condiciones de aridez.

Aunque no incide en el índice de minado, la ínfima eficiencia electromecánica prevaleciente en los equipos de bombeo –que apenas alcanza 25% cuando el mínimo estipulado en la tarifa 09 CU es de 52%- es una causa de la pérdida de competitividad y de la imposibilidad de reinvertir, así como una manifestación del rezago tecnológico.

Asimismo, en la medida que significa el desconocimiento y carencia de opciones menos demandantes de agua, también es una manifestación de rezago tecnológico el sistema de rotación de hortalizas con alfalfa para recuperar la fertilidad de los suelos, cuyo significado en términos de volumen de agua subterránea se estimó en el apartado relativo al patrón de cultivos.

Las estimaciones gruesas recogidas en el acuífero indican que en las áreas equipadas con sistemas de riego por goteo se utilizan láminas equivalentes a la mitad de las aplicadas con riego rodado.

<sup>11</sup> En el altiplano potosino la disponibilidad de agua por habitante es de sólo 243 m<sup>3</sup>.

Por tanto, usando la información proporcionada por los productores puede estimarse el valor del rezago tecnológico, en términos de sobre explotación:

- a) Mil doscientas hectáreas de alfalfa con riego rodado utilizan  $33.6 \text{ hm}^3$ , cifra que contra el sistema de riego por goteo implica un dispendio de  $16.8 \text{ hm}^3$ .
- b) Por otra parte, en las **Tablas D.15 a D. 17**, se establece la existencia de 2,600 hectáreas de hortalizas bajo riego rodado, con el consumo de un volumen anual de  $49.2 \text{ hm}^3$ , que al compararse con los requerimientos de riego por goteo implica un dispendio de  $26.5 \text{ hm}^3$
- c) En consecuencia, las extracciones evitables mediante la generalización de riego por goteo ascienden a  $43.3 \text{ hm}^3$ , que son equivalentes al 80.2% del minado ( $54 \text{ hm}^3$ ) que se estima se registraba cuando operaban los 1200 pozos.
- d) Al comparar con las láminas aplicadas a hortalizas con riego por goteo en otras zonas con condiciones climatológicas igualmente severas, como la Costa de Hermosillo, se aprecia que las láminas utilizadas en Villa de Arista son excesivas, por lo que el cuidado en la calidad de los sistemas que se instalen y una adecuada asistencia técnica para optimizar su aprovechamiento pueden arrojar mayores ahorros que los logrados hasta ahora.

Hasta aquí, puede concluirse que erradicando la alfalfa y generalizando el riego por goteo en la superficie de hortalizas podría evitarse el dispendio de  $50.5 \text{ hm}^3$ . En otras palabras, existe la posibilidad de mantener bajo riego la superficie actual utilizando únicamente  $61.5 \text{ hm}^3$ .

Una situación semejante resultaría satisfactoria incluso frente a las estimaciones geohidrológicas más conservadoras de la recarga, que la ubican en el orden de  $50 \text{ hm}^3$ .

## 11.6. Estímulos Públicos y Estímulos de Mercado.

### 11.6.1 Alfalfa.

**Estímulos Públicos.** El cultivo de la alfalfa no cuenta con los apoyos de PROCAMPO ni tampoco con apoyos a la comercialización, pero de la estructura de subsidios a la producción agropecuaria puede aprovechar los vinculados a los Programas Hidroagrícolas de la CNA, el de tecnificación del riego –que forma parte de la Alianza para el Campo- y los correspondientes al diesel agropecuario y a la tarifa 09.

Según los productores, hasta mediados de 2004 los apoyos de los Programas Hidroagrícolas y de la Alianza para el Campo habían tenido una presencia irrelevante.

Por su parte, el Subsidio al Diesel Agropecuario es bastante reciente y por tanto no influyó en la aparición y consolidación de este cultivo en la estructura de producción de Villa de Arista.

En cambio, el subsidio a la tarifa eléctrica si ha jugado un papel determinante, a grado tal que de no existir muy probablemente tampoco existiría la alfalfa en Villa de Arista.

En efecto, para las condiciones medias de Villa Arista se ha determinado un subsidio de \$.90176 por Kwh., y la extracción de 1.2 metros cúbicos por Kwh, por lo que una hectárea de alfalfa, que requiere de 28 mil metros cúbicos, conlleva un subsidio del orden de \$21,000 por hectárea<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Véase Apéndice D-2: Energía Eléctrica.

Es claro que si este importe figurara en los costos de producción de alfalfa nadie practicaría este cultivo, porque el importe de la energía absorbería casi la totalidad del valor de la producción, dado un rendimiento de 20 toneladas de alfalfa achicalada y un precio de \$1,100 la tonelada.

Entonces, no hay duda de que el subsidio a la tarifa 09 propicia que en las zonas de riego con agua subterránea se practiquen cultivos altamente demandantes de agua y por consiguiente de energía, como la alfalfa y que, en consecuencia, dicho subsidio opera en contra de los incentivos para invertir en sistemas de riego ahorradores de agua y de energía.

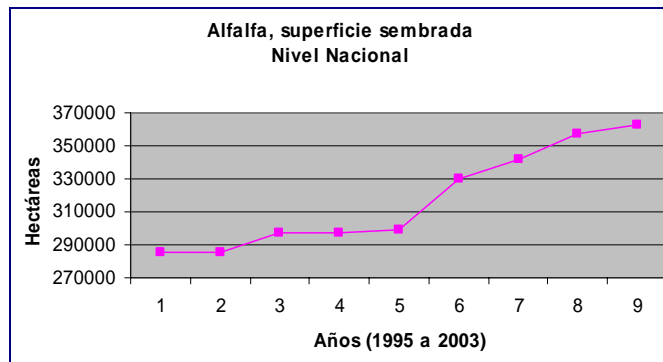
**Estímulos de Mercado.** Por otra parte, la alfalfa ha registrado estímulos del mercado a través de una mayor demanda para la producción de leche; aunque la alfalfa no se destina únicamente a la alimentación de vacas lecheras y tampoco las vacas lecheras consumen exclusivamente alfalfa.

En el nivel nacional existe una correlación positiva entre el crecimiento de la producción de leche y el crecimiento de la superficie destinada a la producción de alfalfa.

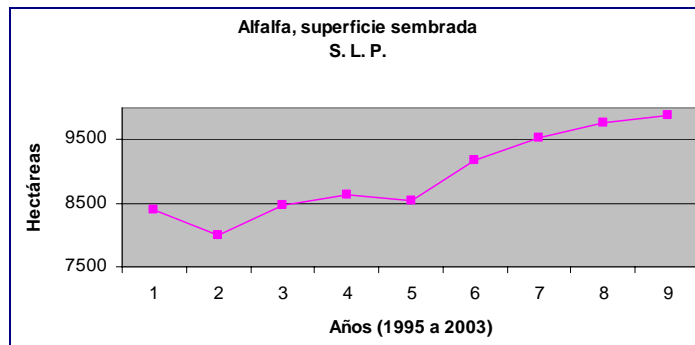
Sin embargo, es notable y significativo que en el Estado de San Luis Potosí la correlación parece negativa, pero no necesariamente lo es. La ilustración gráfica de ambas situaciones se presenta enseguida:

- En las **Figuras D.2 y D.3** se evidencia la semejanza en el desarrollo de las curvas que representan el crecimiento de las superficies sembradas con alfalfa en el país y en el Estado de San Luis Potosí.

**Figura D.2. Acuífero Villa de Arista.**

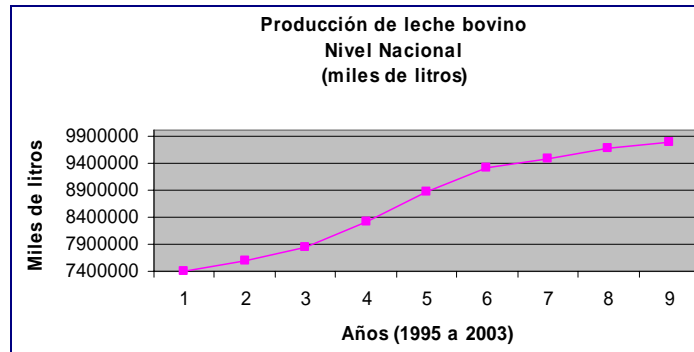


**Figura D.3. Acuífero Villa de Arista.**

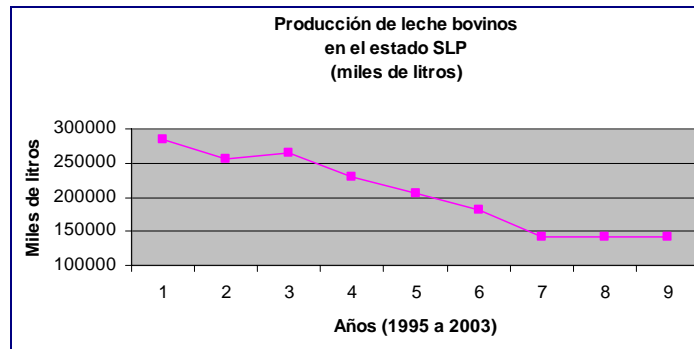


- En cambio, el desarrollo de las curvas que representan el comportamiento de la producción de leche a nivel nacional (*Figura D.4*) y en el Estado de San Luís Potosí (*Figura D.5*), muestra sentidos contrarios.

**Figura D.4 Acuífero Villa de Arista**



**Figura D.5. Acuífero Villa de Arista.**



En efecto, con las cifras que constan en la *Tabla D.20* se determina que entre 1995 y 2003 la producción nacional de leche creció a una tasa media anual de 3.15% y que la superficie asignada a la producción nacional de alfalfa creció a una tasa anual de 2.69%<sup>13</sup>.

Pero, en el caso particular del Estado de San Luís Potosí la superficie asignada a la producción de alfalfa creció 1.83% anual, mientras que la producción de leche decreció a un ritmo de 7.39% al año. La explicación de este resultado se ubica en las siguientes razones:

- Con el crecimiento de la oferta nacional se evidenciaron las desventajas de San Luís Potosí en la producción de leche, tanto por condiciones naturales como por las escalas de producción y los niveles tecnológicos, lo que ha traído consigo el retiro de productores.
- La superficie de alfalfa creció durante el periodo porque está desplazando a otros forrajes, porque una parte se destina a otro tipo de producción animal, y porque posiblemente una parte de la alfalfa producida en Villa de Reyes y Villa de Arista se esté vendiendo fuera de la entidad, tal vez a los vecinos de Guanajuato.

<sup>13</sup>En esta comparación se hace abstracción de que la producción de leche no sólo ha crecido por el número de vacas sino también por el mejoramiento genético y mejores técnicas de manejo, y también se hace abstracción del comportamiento de los rendimientos en la producción por hectárea de alfalfa.



**Tabla D. 20 Acuífero Villa de Arista.  
Producción de leche bovino y superficie sembrada de alfalfa.**

AÑO	Nivel Nacional		S. L. P.	
	Leche (miles de litros)	Alfalfa (Ha)	Leche (miles de litros)	Alfalfa (Ha)
1995	7,398,598	285,696	285,048	8,397
1996	7,586,422	285,672	256,106	7,999
1997	7,848,105	297,454	264,229	8,472
1998	8,315,711	297,043	230,714	8,638
1999	8,877,314	299,509	206,248	8,527
2000	9,311,444	329,546	180,604	9,179
2001	9,472,293	341,917	142,316	9,529
2002	9,658,282	357,271	141,697	9,763
2003	9,784,355	362,821	142,848	9,886
TMCA	3.15	2.69	- 7.39	1.83

Fuente: SIAP.-SAGARPA

### 11.6.2. Hortalizas

**Estímulos Públicos.** Al igual que sucede con la alfalfa, las hortalizas no cuentan con los apoyos de PROCAMPO ni con los apoyos a la comercialización, pero si son elegibles para acceder a los subsidios que se canalizan a través de los Programas Hidroagrícolas de la CNA, y del programa de tecnificación del riego –que forma parte de la Alianza para el Campo- así como a los correspondientes al diesel agropecuario y a la tarifa 09.

En este caso tampoco se ha registrado un apoyo apreciable para tecnificar el riego de hortalizas. En rigor, las inversiones realizadas para incorporar riego por goteo en algo más de 2000 hectáreas han corrido principalmente por cuenta de los productores.

Tampoco el Subsidio al Diesel Agropecuario ha podido influir en la aparición y consolidación de la producción de hortalizas, que ya tienen una larga historia en el acuífero.

Pero, el subsidio a la tarifa eléctrica si representa un estímulo importante, tanto en la producción con riego rodado como en la producción con riego por goteo: reduciendo a una hectárea la canasta de hortalizas producidas en Villa de Arista, se encuentra que bajo riego por goteo implica un subsidio de \$ 6,555, y que el subsidio por hectárea alcanza hasta \$14,000 cuando se aplica riego rodado.

El tamaño de los subsidios es considerable. Sin embargo, la producción de hortalizas podría sobrevivir sin ellos<sup>14</sup>, sobre todo cuando se realiza con riego por goteo, pues el valor de la producción por hectárea de una canasta compuesta por chiles, tomates y cebollas, alcanza normalmente un valor del orden de \$129 mil pesos<sup>15</sup>.

**Estímulos de Mercado.** Con independencia de la proporción que representan del valor de la producción, los subsidios a la energía eléctrica constituyen un estímulo importante para la

<sup>14</sup> Esta referencia tiene como propósito único hacer hincapié en las ventajas de las hortalizas desde el punto de vista de la rentabilidad del agua que se utiliza para su producción.

<sup>15</sup> Véase **Apéndice D-3**: Valor de la producción agrícola:

producción de hortalizas, pero este grupo de cultivos recibe su principal impulso de condiciones favorables en el mercado, lo que queda de relieve en las tasas de crecimiento de las exportaciones y de la producción interna, que también revela el ensanchamiento del mercado interno.

Esto último también puede medirse al constatar que la disponibilidad de hortalizas ha crecido a un ritmo considerablemente mayor al del crecimiento de la población.

## **12. Posibilidades de corrección de los factores de la sobre explotación del acuífero de Villa de Arista.**

Según los productores, cuyas estimaciones y juicios han sido considerados en lo antes expuesto, la salida de operación de 600 pozos y la consecuente reducción de superficie –en unas cinco mil hectáreas- junto con la presencia de excepcionales precipitaciones pluviales, han hecho posible que haya cesado el abatimiento de los niveles de bombeo, lo que supone que actualmente hay equilibrio entre la recarga y las extracciones.

Pero aun en el caso de que lo anterior correspondiera totalmente a la realidad, el citado equilibrio no puede considerarse definitivo, porque:

- El régimen pluviométrico podrá cambiar nuevamente.
- No se ha erradicado el libre albedrío en el aprovechamiento del acuífero.
- Lo anterior, junto con el programa de subsidios para la rehabilitación de los equipos de bombeo y la incorporación de riego por goteo –ya en marcha- que mejorará los índices de rentabilidad, pueden motivar la reapertura de pozos y el incremento de las superficies y de las extracciones por pozo, sobre todo si dicho programa se instrumenta como una acción aislada.

Por otra parte, se tiene la oportunidad de mejorar las condiciones del acuífero y habrá que aprovecharla.

Al respecto, es útil recapitular el pasado.

De acuerdo con el análisis precedente, en la sobre explotación del acuífero ha sido factor decisivo el predominio del libre albedrío, que derivó principalmente en numerosas perforaciones clandestinas, en la extracción de volúmenes superiores a los concesionados a cada pozo.

A estos hechos, además, se sumaron un patrón de cultivos altamente demandante de agua y un acentuado rezago tecnológico.

Entonces, para que el aprovechamiento del acuífero armonice la sustentabilidad y la rentabilidad, e implique los menores costos públicos y los mejores resultados para la sociedad, se requiere un proyecto integral que incluya las siguientes estrategias:

- A. Restablecer y mantener la legalidad
- B. Redimensionar.
- C. Formular y poner en práctica un reglamento interno.

- D. Realizar la reconversión productiva.
- E. Realizar la tecnificación, y
- F. Organizar y articular la producción, comercialización, abasto y financiamiento.

### **A. Restablecer la legalidad.**

En páginas anteriores ha quedado establecida la existencia de 441 pozos clandestinos, los cuales pudieron extraer 61 hm<sup>3</sup> anuales, que sumados a 8.1 hm<sup>3</sup> atribuibles a extracciones en exceso de lo concesionado a los 759 pozos autorizados, hacen un total de 69.1 hm<sup>3</sup> de extracciones ilegales, lo que revela que la sobre explotación del acuífero se sustentó en la ilegalidad, puesto que el minado ha sido estimado en 54 hm<sup>3</sup>.

En consecuencia, es obvio que la primera medida a adoptar –incluso previa al programa de rehabilitación de equipos de bombeo y de introducción de riego por goteo- radica en el restablecimiento del orden legal, cancelando la totalidad de las perforaciones ilegales, revisando los volúmenes autorizados a cada pozo y estableciendo mecanismos que garanticen el respeto de los límites. Esto podría conseguirse limitando el suministro de energía eléctrica, estableciendo sanciones severas para el caso de violación, instalando equipo de medición y llevando a cabo acciones de supervisión por parte de la autoridad.

En ausencia del restablecimiento de la legalidad y de mecanismos para mantenerla, se estará en la tesitura de entregar importantes subsidios para el equipamiento de explotaciones clandestinas, cuestión legalmente indebida y socialmente injusta; y el propio programa de rehabilitación de equipos de bombeo e introducción de riego por goteo propiciará el retorno del abatimiento y la sobre explotación, ya que en el área abundan las tierras susceptibles de agregarse a las áreas regadas.

### **B Redimensionar.**

El logro de la sustentabilidad futura del acuífero de Villa de Arista mantiene una elevada probabilidad, considerando que:

- No existe competencia por el agua de parte de los usos urbanos e industriales.
- El 37% de los pozos agrícolas es ilegal, y por ello susceptible de ser cancelado.
- Actualmente la mitad del total de 1200 pozos está fuera de operación, lo que indica la posibilidad de cancelar un número superior a los irregulares.
- El Gobierno ha determinado contribuir fuertemente a la rehabilitación de equipos de bombeo y a la introducción del riego por goteo, lo que realizado en el marco de un proyecto integral significará la reducción de las extracciones en por lo menos la mitad del nivel actual.
- Existen posibilidades y mecanismos para reducir e incluso erradicar la superficie de alfalfa, ya que este cultivo requiere la más alta lámina de riego y no está vinculado a una explotación ganadera de los propios agricultores.
- Existe una clara conciencia entre los usuarios respecto de la conveniencia de racionalizar el aprovechamiento del acuífero.
- Está en marcha el levantamiento de información y la realización de análisis para definir la recarga real.
- Ha sido integrado y está en operación el Comité Técnico de Aguas Subterráneas.

El conocimiento de la recarga real y el resto de los elementos antes referidos podrán sustentar y orientar el redimensionamiento de las concesiones y de las extracciones en un nivel que garantice la sustentabilidad del acuífero, al cual habrán de adaptarse la estructura de cultivos y consecuentemente la superficie cultivada bajo riego por bombeo, en un marco de absoluta legalidad.

De esta manera, la magnitud y características de las actividades agropecuarias quedaran determinadas por la disponibilidad real de agua<sup>16</sup>, en lugar de que las tierras demandantes de agua y el libre albedrío determinen la magnitud de las extracciones.

## **C Formular y poner en práctica un reglamento interno**

### **C.1 Elementos Favorables.**

La conciencia que prevalece entre los usuarios respecto de la conveniencia de contener la sobre explotación se percibe muy firme, pues es resultado de la desastrosa situación que se originó con la violación de la legalidad a través de perforaciones clandestinas y de extracciones en exceso a los volúmenes concesionados a cada pozo, que en su peor momento benefició a unos pocos y daño a muchos, pues incluso repercutió en el rescate de carteras incobrables a través del FOBAPROA.

Esta conciencia constituye un valioso elemento para plantear y llevar a cabo la reglamentación detallada del aprovechamiento del acuífero.

Al lado de la conciencia entre los usuarios también destaca la conciencia en diversas instancias de autoridad, que ya rindió sus primeros frutos con la decisión de subsidiar considerablemente la tecnificación del riego.

La integración y operación del COTAS también es un elemento favorable para la estrategia de reglamentación, puesto que los actores están en condiciones de decidir la protección del patrimonio de sus familias.

Por su parte, la generosa ayuda pública para rehabilitar los equipos de bombeo e introducir el riego por goteo –que comprende el 85 % de las inversiones- podría operar poderosamente a favor de la reglamentación del acuífero, incluso condicionando el apoyo público al previo restablecimiento de la legalidad, al redimensionamiento de las extracciones y a la previa existencia de un reglamento satisfactorio.

### **C.2 Contenido y Alcance de la Reglamentación.**

El contenido y el alcance de un reglamento adecuado para el acuífero será decidido conjuntamente por usuarios y autoridades, y deberá orientarse por el objetivo básico de todas las estrategias sugeridas: lograr un aprovechamiento que armonice la sustentabilidad y la rentabilidad del acuífero, incluyendo en el cálculo de ésta última a los costos sociales, particularmente el monto de los subsidios. Esto implica considerar medidas como las siguientes:

---

<sup>16</sup> Entendiendo esta disponibilidad real como aquella cuyo abasto permanente puede garantizarse.

- a. La reglamentación interna del acuífero partiría de la cancelación de las perforaciones y extracciones ilegales, del establecimiento de la recarga con un alto grado de certidumbre y del conocimiento de las extracciones susceptibles de otorgarse en concesión sin detrimento de la sustentabilidad.
- b. La concesión máxima se establecería por debajo de la recarga, en previsión de errores en la estimación y de la futura demanda de usos público, urbano y agroindustrial, y también para propiciar que se recupere el acuífero aunque sea en un plazo muy largo.
- c. Con los elementos anteriores se procedería a distribuir y reglamentar la extracción máxima total entre el número de pozos legales y entre el correspondiente número de usufructuarios.
- d. En una primera etapa –en la cual el objetivo central sería respetar la extracción máxima acordada- cada usuario podrá destinar el agua que le corresponda a la combinación de cultivos que le plazca, siempre que la superficie regada al menos esté equipada con riego por goteo.
- e. En una segunda etapa –que debe comenzar en un plazo mediano- se agregarían los objetivos de maximizar la rentabilidad del agua y de reducir el uso de energía- y, por tanto, se prohibirían los cultivos que excluyendo el subsidio a la energía eléctrica arrojen rentabilidades negativas por m<sup>3</sup> de agua. En esta etapa se entraría de lleno a armonizar la sustentabilidad y la rentabilidad.
- f. Ambas etapas suponen el acuerdo de un plan de riegos en el cual el volumen disponible y la combinación de cultivos determinen la superficie a regar, misma que podrá fluctuar, ya que la oferta de tierras es muy superior a la oferta de agua y ello es bueno para una rotación de año y vez.
- g. Desde la primera etapa se definiría y se acordaría conjuntamente con la CFE el suministro de la energía estrictamente indispensable para cumplir los planes de riego convenidos en el marco del objetivo básico.
- h. También será conveniente establecer condiciones, requisitos y límites para la transferencia de derechos.
- i. Asimismo es aconsejable establecer la meta de organizar la producción por módulos, los que más adelante podrán ser la base de la organización económica de la producción, el financiamiento y la comercialización.

#### **D. Realizar la reconversión productiva.**

La actual estructura de producción agrícola del acuífero de Villa de Arista tiene a las hortalizas y a la alfalfa como componente principales, ya que los básicos son marginales, sobre todo en términos del agua consumida.

El primer grupo es consistente con el objetivo de armonizar sustentabilidad y rentabilidad, y además figura entre las ventajas sectoriales de San Luís Potosí en el mercado nacional y en cierta medida en el contexto del comercio del área del TLCAN; su rentabilidad por m<sup>3</sup> de agua es positiva y genera numerosos empleos directos e indirectos.

En cambio, la alfalfa manifiesta el grave inconveniente de demandar altos volúmenes de agua, incluso cuando se riega mediante sistemas de goteo, y por ello su rentabilidad por m<sup>3</sup> es negativa.

El nulo beneficio social y elevado daño ambiental que conlleva la importante presencia de la producción de alfalfa en un acuífero altamente vulnerable, como el de Villa de Arista, frente a la posibilidad de ocupar el agua y la tierra en la producción de hortalizas, conduce a la conveniencia

de erradicar el cultivo, y tal cosa está clara en las sugerencias para integrar la reglamentación del acuífero.

Sin embargo, no puede perderse de vista que la importante presencia de alfalfa en el acuífero de Villa de Arista obedece a dos razones principales:

- a. Las hortalizas agotan la fertilidad del suelo y se utiliza a la leguminosa como mejorador.
- b. Los productores de escasos recursos siembran alfalfa porque es un cultivo que requiere de una inversión mucho menor que las hortalizas, tiene un mercado seguro en la región y genera flujo de efectivo.<sup>17</sup>

En consecuencia, no se puede pretender erradicar la producción de la leguminosa de un momento a otro. Por el contrario, habrá que aceptar un proceso que puede llevar varios años.

Dentro de tal proceso, las acciones orientadas a reducir y finalmente erradicar la producción de alfalfa deben tener en cuenta la necesidad de sustituirla por otras leguminosas que capten e incorporen a los suelos nitrógeno atmosférico y de mantener un flujo constante de ingresos para los productores.

Por esto último, la alternativa de año y vez no es viable en la totalidad de los casos, pero si entre los productores mayores que controlan alrededor de 2000 hectáreas, y que ya en las condiciones actuales logran altos rendimientos, tienen sus propios medios de comercialización o tienen una mejor posición de negociación en el mercado.

Estos productores preferirán utilizar el agua que les corresponda en ampliar las superficies de hortalizas, en lugar de aplicarla a alfalfa, y para ello podrían adoptar un sistema de cultivo de año y vez; o bien, de dos años de producción de hortalizas por uno de descanso de la tierra, complementado con la aplicación de abonos químicos u orgánicos.

Por otra parte, dado lo reducido de sus ingresos totales, y de su consecuente capacidad de inversión; así como su mayor vulnerabilidad en el mercado de hortalizas y sus necesidades de flujo de efectivo, el resto de los productores<sup>18</sup> preferirán opciones que permitan mantener bajo producción las tierras que descansen de la producción de hortalizas, si bien llegado el momento no podrá ser la alfalfa, por la aplicación del reglamento.

Para responderle a esta gran mayoría de productores, se requiere encontrar alternativas de rotación de cultivos que cumplan la función de mejoradores de suelos y generen efectivo, si acaso no con la frecuencia de la alfalfa.

Para tal efecto se aprovecharía la duración de la primera etapa de las dos referidas en el proyecto de reglamento, para que el INIFAP o alguna otra instancia de investigación y transferencia de tecnología valide y en su caso adapte otros sistemas de producción para la recuperación de la

<sup>17</sup> Esto supone la existencia de productores que no hacen la rotación de hortalizas-alfalfa, sino que siempre producen alfalfa.

<sup>18</sup> En realidad muchos de los productores de escasos recursos están rentando las tierras y el aguay los ha habido y habrá que preferirán vender sus tierras y derechos de agua. Por otra parte, la propuesta considera la solución del problema del crédito, con lo que se resolverían las limitantes para invertir en hortalizas.

fertilidad de los suelos. Al respecto, a título de ejemplo, y sin mayor análisis se refieren las siguientes posibilidades a explorar:

- Veza de invierno de corte y pastoreo. Este cultivo permite incorporar el rastrojo y en el caso del pastoreo –que podría ser de ovinos- se aprovecharía el estiércol. En este caso cabe mencionar que la oferta interna de ovinos es muy inferior a la demanda nacional, lo que propicia su comercialización en condiciones rentables.
- Remolacha forrajera, que requiere una lámina inferior a 50 centímetros y produce entre 60 y 80 toneladas de un forraje utilizable en la producción de leche.
- Frijol, chícharo y haba para vender en vaina.
- Sesbania,<sup>19</sup> que es una leguminosa forrajera que fija nitrógeno y combate algunos parásitos.

### **E. Tecnificación del riego.**

La armonización de la sustentabilidad y la rentabilidad es impensable sin que medie la tecnificación del riego y consecuentemente se mejoren las prácticas agrícolas.

La tecnificación que se requiere en los acuíferos sobre explotados, y que requiere el mercado globalizado, no puede ser inferior al riego por goteo y, en la medida de lo posible, debe avanzar a la tecnología de invernaderos.

En una primera instancia no es viable el financiamiento de invernaderos con subsidios, porque estos tienen que ser aplicados de manera generalizada y son muy escasos para tal efecto.

Además, el aprovechamiento verdaderamente rentable y sustentable del acuífero requerirá de apoyos públicos en otros rubros, como el financiamiento, el abasto de insumos, la capacitación y la comercialización.

Pero sin duda al constatarse el incremento de la productividad por hectárea y el mejoramiento de la calidad de lo producido, y tan pronto ambas cosas se reflejen en mejores precios y mejores ingresos para los agricultores –lo que significará haber sorteado la prueba decisiva del mercado- se manifestará a plenitud la dinámica propia de las inversiones en los buenos negocios y habrá manera de financiar, con recursos propios y financiamiento institucional, la introducción de invernaderos, de manera más generalizada y no sólo por excepción. Entre tanto, se habrán sentado las bases financieras, organizacionales y de capacitación para emprender inversiones de mayor monto.

Con estas estrategias se impediría el retorno a la situación anterior, con 1200 pozos operando y extrayendo 166 hm<sup>3</sup>, e incluso se reduciría la extracción actual estimada en 112 hm<sup>3</sup>, garantizando un importante avance hacia la sustentabilidad.

En virtud de que en materia de volúmenes extraídos y de láminas aplicadas se trabajó con estimaciones sustentadas en información de los productores, y de que el Colegio de Postgraduados está realizando un levantamiento de información que muy probablemente modifique la manejada en este estudio preliminar, simplemente se expresa la meta de reducir las

<sup>19</sup> El colegio de Postgraduados, a través del Programa de Fitopatología, ha realizado algunos trabajos experimentales con esta planta precisamente en el Campus San Luis Potosí.

extracciones en 37.3 hm<sup>3</sup>, que sería equivalente al 40% del volumen actualmente extraído para las 4,700 hectáreas donde se aplica riego rodado.

Esta reducción en las extracciones, equivale a 30.907 millones de Kwh., que implican un subsidio de 29.7 millones de pesos.

Suponiendo que se sufrague el 100% de la inversión con recursos públicos, el ahorro en los subsidios a energía eléctrica permitiría tecnificar con riego por goteo las 4700 hectáreas antes referidas, en menos de cinco años.

#### **F. Organización y articulación del financiamiento, el abasto de insumos y la producción y comercialización de hortalizas.**

En el altiplano potosino se dispone de limitados recursos hídricos y en cambio se concentra la actividad económica y la población del Estado. En la zona conurbada del Valle de San Luis Potosí se genera cerca del 70% del PIB estatal y se localiza el 37% de la población del estado.

Obviamente, la rentabilidad del agua en usos industriales y urbanos es considerablemente mayor a la rentabilidad del agua en la agricultura. En este Sector la rentabilidad del agua subterránea es mínima e incluso nula.

Por tanto, el crecimiento de las actividades secundarias y terciarias restará constantemente recursos hídricos a la producción agrícola, donde el agua deberá destinarse a una estructura de producción y a una forma de producir más compatibles con el objetivo de armonizar sustentabilidad y rentabilidad.

Concretamente: el agua subterránea destinada a usos agrícolas tendrá que aplicarse a los cultivos de más alta densidad económica y estos deberán practicarse al amparo de la mejor tecnología posible.

Pero en el marco de la globalización y creciente competencia, el logro y la sustentabilidad de una producción agrícola de mayor valor y con menor consumo de agua – con base en hortalizas- no será ni suficiente ni posible al margen de una estrategia de sólido posicionamiento en los mercados de consumo y en los mercados de bienes y servicios para producir y comercializar.

Asimismo, el cambio estructural –cuantitativo y cualitativo- de la producción agrícola y el acceso a mejores condiciones en los mercados tendrán dificultades de despeje, un lento ritmo de avance y otras diversas distorsiones sino se cuenta con mecanismos para promover y canalizar financiamiento y capital.

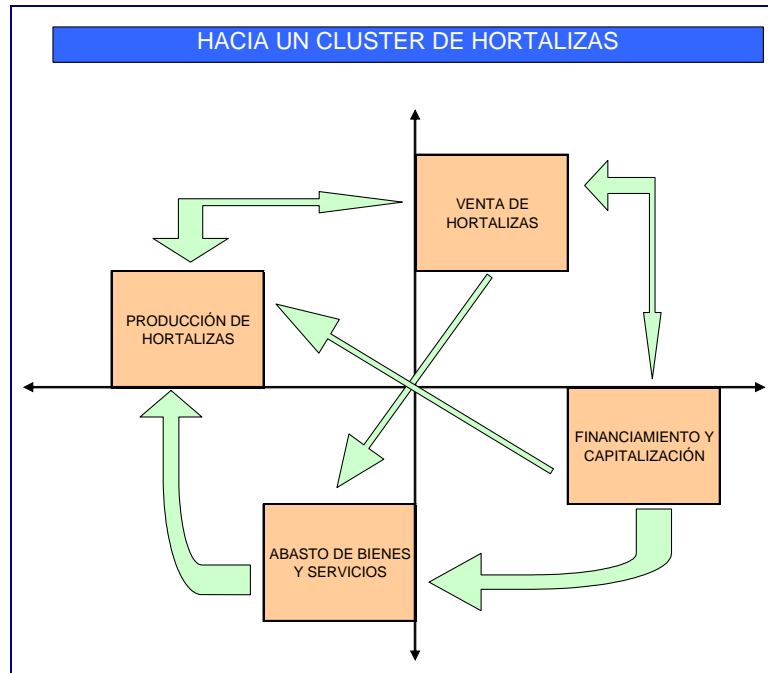
Entonces, en paralelo con las estrategias de redimensionamiento, reconversión y tecnificación de la producción agrícola, deberán marchar estrategias de financiamiento, de capitalización y de comercialización, debidamente articuladas.

Es decir, en Villa de Arista –y en otros acuíferos- la culminación de un proyecto integral para armonizar la sustentabilidad y la rentabilidad del agua subterránea, asume la modalidad o imagen objetivo de UN CLUSTER DE HORTALIZAS, cuyo punto de partida se ajustaría a los medios disponibles.



La idea de un cluster de hortalizas supone la organización articulada de los medios de financiamiento y capitalización accesibles, el abasto de bienes y servicios para producir, la producción propiamente dicha de hortalizas y la comercialización.

**Figura D.6 Diagrama Cluster de Hortalizas**



En este esquema, el factor activo radicará en el mecanismo y el monto de los recursos para el financiamiento, que en su forma acabada deberán garantizar las mejores condiciones para producir y comercializar, en términos de costos, calidades, oportunidad y precios; y deberán conducir a su transformación en capital.

La venta de hortalizas será el factor crítico, pues su organización y operación deberán garantizar que aun en condiciones de adversidad en el mercado de alguno de los productos los resultados bastarán para reiniciar el ciclo en un estadio superior.

Asimismo, el abasto de bienes y servicios para producir y comercializar deberá cumplirse bajo altos estándares de eficiencia, pues de ello dependen los costos y de estos buena parte de la competitividad,

El que producir, cuando producirlo y como producirlo, son decisiones que corresponden a los productores, pero que deberán adoptarse de manera que se dé la mejor respuesta al mercado y se preserven o fortalezcan las condiciones de competitividad que dependen del campo, como los rendimientos, las calidades y las fechas de cosecha.

### **F.1. Financiamiento y Capitalización.**

En la generalidad de los casos prevalece una situación de descapitalización y reducida competitividad que no se corresponden con la producción de hortalizas, que tiene un alto potencial de negocio. Esta situación encuentra explicación en diversas causas concatenadas:

- El minifundio que no permite la formación de excedentes para reinvertir.
- El rezago tecnológico, a su vez resultado de la mínima o nula inversión en innovaciones.
- Una vulnerable posición en mercados caracterizados por amplios márgenes de fluctuación, que redundan en la captación de una pequeña proporción del precio que pagan los consumidores finales.
- La carencia de garantías y la mínima capacidad de pago, precisamente originadas en el minifundio, el rezago tecnológico y la vulnerabilidad en el mercado, que junto con malos antecedentes crediticios impiden el acceso al financiamiento institucional.
- Alto costo del dinero accesible a través de proveedores, vendedores o la usura.
- Consecuentemente, elevados costos de producción y de transacción y reducida competitividad.

La carencia o mínimo acceso al crédito institucional ha traído consigo la nula o mínima presencia del servicio de seguro agrícola, no obstante que se enfrentan riesgos de daños como los que ha llegado a causar el granizo, por ejemplo.

Desde el punto de vista de la rentabilidad y la competitividad, la solución de estas carencias es tan importante como la reconversión del patrón de cultivos y la tecnificación del riego, y es un requisito indispensable para aspirar a la integración de un cluster.

Afortunadamente es posible eliminar estas carencias, a través del aprovechamiento de diversos instrumentos de fomento y de la constitución de Fondos de Inversión y Contingencia (FINCAS) o Fideicomisos Irrevocables de Fuente Alternativa de Pago, y de Fondos de Aseguramiento

Los FINCAS y los Fondos de Aseguramiento constituyen mecanismos de canalización de apoyos públicos que conjuntamente considerados tienen potencial para garantizar el 100% del crédito de avío que se requiera.

Además los productores cuentan siempre con alguna garantía, constituida por el valor de la tierra, otros activos relacionados con su actividad productiva, e incluso otros bienes raíces, que fortalecen la posibilidad de acceder a los créditos institucionales requeridos, en primera instancia para financiar el abasto de insumos y el proceso productivo.

Al respecto, sería de gran interés explorar la posibilidad de que los derechos de uso de agua se constituyan en garantía –incluso independiente de la tierra- porque su valor es considerablemente mayor a lo requerido para crédito de avío.

Por otra parte, los financiamientos se otorgarían a proyectos viables y ello significa que sería mínima la necesidad de aplicar el conjunto de garantías, por lo que las aportaciones irían acumulándose para dar curso a un proceso de capitalización que pronto podría bastar para sustentar el acceso a otros financiamientos necesarios para integrar empresas de abastecimiento de insumos y de comercialización, permitiendo avanzar decididamente al alcance de la constitución de un cluster.

El financiamiento de las empresas de abasto y comercialización podría contar también con apoyos del Programa de Fomento de los Agronegocios (FOMAGRO), que son fondos recuperables pero no tienen costo financiero.

#### *F.1.1. Subsidios para la Tecnificación del Riego.*

Una importante acción de financiamiento y capitalización está resuelta a través del Programa de Rehabilitación de Equipos de Bombeo e introducción de Riego por Goteo, que propiamente ya se encuentra en marcha y que conlleva apoyos públicos a fondo perdido por el 85% del importe de la inversión, con la participación de las siguientes fuentes de recursos:

**Tabla D.21 Fuentes de recursos**

#	Fuentes de recursos	Aportaciones (%)
1	Gobierno Federal <sup>20</sup>	50
2	Gobierno Estatal	20
3	G. Municipales	15

Consecuentemente, a cargo de los productores únicamente correría el 15% restante, que en aquellos casos de absoluta imposibilidad de aportarlo, podría financiarse con Recursos de Riesgo Compartido asignables al Programa de Reconversión Productiva, través del FIRCO.

En el supuesto de que la superficie a equipar con riego por goteo sea de 5,700 hectáreas, este programa significa una acción de capitalización del orden de 171 millones de pesos<sup>21</sup>, que resulta relevante y constituye un excelente punto de partida por su impacto en el proceso productivo y porque incluso significa acrecentar el valor de las garantías requeridas para el financiamiento institucional, y porque contribuirá de manera importante a la instrumentación de otras acciones.

#### *F.1.2. Fondos de Inversión y Contingencia (FINCAS) o Fideicomiso Irrevocable de Fuente Alterna de pago.*

##### La integración.

1. *Fideicomitente.*- Una sociedad, integrada por los productores, de un módulo, por ejemplo; que hayan aportado recursos al Fondo y que cuenten con un proyecto viable. Esta sociedad será el fideicomitente.

2. *Aportantes solidarios.*- que podrían ser el Gobierno del Estado y la SAGARPA; esta última a través de FIRCO.

3. *El Fiduciario.*- Institución de Banca Múltiple.-

4. *Fideicomisarios de Primer Lugar.*- Los intermediarios financieros bancarios y no bancarios que acrediten a los productores que integran la sociedad.

5. *Fideicomisarios de Segundo lugar.*- Los productores expresamente señalados por el Comité Técnico

<sup>20</sup> A través de los Programas Hidroagrícolas de la Comisión Nacional del Agua.

<sup>21</sup> Se consideran 30 mil pesos por hectárea por la rehabilitación de los equipos y la incorporación de riego por goteo

## 6.- El objeto o Fines del Fideicomiso.

6.1 Con los recursos fideicomitidos “El Fiduciario” en cumplimiento de instrucciones del Comité Técnico, garantizará (o constituirá fuente alterna de pago) en forma complementaria y en su caso pagará por el incumplimiento de los créditos otorgados a los socios.

6.2 Que el Fiduciario invierta el Patrimonio Fideicomitado buscando el mayor rendimiento posible

7. *Patrimonio Fideicomitado.*- La cantidad que entreguen la Sociedad y los aportantes solidarios al Fiduciario, aproximadamente el 40% de los créditos requeridos, más los rendimientos que produzca la inversión del patrimonio. El patrimonio podrá incrementarse constantemente por nuevas aportaciones de los socios y de los aportantes solidarios.

8. *Comité Técnico*, que se designa por parte del Fideicomitente, quien también le establece sus facultades, tendrá tres miembros propietarios y sus respectivos suplentes.

### Resumen de las acciones o actos.

- El fideicomitente constituye en el fiduciario, un Fideicomiso Privado de Inversión Contingencia y Garantía Complementaria (o fuente alterna de pago) con carácter de irrevocable que se denominará “Fondo de Garantía” o “Fideicomiso Irrevocable de Fuente Alterna de Pago”
- La constitución del fideicomiso supone que los aportantes entregarán el patrimonio fideicomitado a la institución Fiduciaria.
- El patrimonio se integra por la aportación de la Sociedad, que equivale al 30% del monto del financiamiento solicitado, y por la aportación de los aportantes solidarios, que puede representar el 10%.
- El fiduciario invierte el patrimonio buscando los mayores rendimientos.
- El Fiduciario garantiza en forma complementaria, hasta por el monto del patrimonio existente en el momento y, en su caso, paga los créditos incumplidos.
- Los socios y aportantes solidarios realizan nuevas aportaciones para reponer o acrecentar el patrimonio fideicomitado.
- El monto aportado por los socios se aplica al pago de las primeras pérdidas y el monto aportado por los aportantes solidarios a pagar las segundas pérdidas *pari passu* con FIRA y la Institución acreditante

### Normatividad.

- Contrato de Fideicomiso.
- Reglas de Operación del Programa de Apoyo para Acceder al Sistema Financiero Rural, publicadas en el DOF del 13 de junio de 2003, particularmente en lo que se refiere al “Componente de Apoyo para Garantías Líquidas, Reducción de Costos de Transacción y Acompañamiento Técnico de las Figuras Asociativas Participantes”
- Reglas de Operación del Fondo
- En su caso, Estatutos de la Sociedad.

### *F.1.3. Fondos de Aseguramiento<sup>22</sup>*

No obstante que cultivan productos de alta densidad económica, como los chiles, el tomate y otras hortalizas; y no obstante la presencia recurrente de daños por granizadas, heladas y plagas - como la que afecta actualmente a la producción de tomate- y pese a que el seguro agrícola cuenta con un apreciable subsidio, los productores de Villa de Arista no han hecho una práctica común de la contratación de seguro agrícola, mientras que en otros lugares y entre otros grupos de productores con menos ventajas y menos valores en riesgo se está generalizando la constitución de Fondos de Aseguramiento.

La carencia del servicio de seguro agrícola en Villa de Arista está relacionada con el prácticamente nulo acceso al crédito bancario y se suma a los generadores de círculos viciosos que redundan en la profundización de la descapitalización y de la pérdida de competitividad.

La indispensable corrección de ésta carencia habrá de acompañar a otras medidas para la organización y operación de los FINCAS o Parafinancieras, que a su vez son indispensables para empujar la articulación de la red de valor a fin de lograr la sustentabilidad del acuífero y de los negocios en el cimentados, avanzando consistentemente a estadios superiores de rentabilidad, competitividad y capitalización.

En una primera etapa habrá que conformarse con la simple contratación del seguro agrícola con una compañía aseguradora, a la que habrá que solicitarle el diseño de un esquema que responda específicamente a las necesidades de la zona y cuyas condiciones resulten equitativas.

Pero lo más rápidamente posible habrá que avanzar a la constitución de Fondos de Aseguramiento, que son asociaciones civiles integradas por los propios productores para otorgarse a sí mismos el servicio de seguro agropecuario, lo que supone múltiples ventajas:

- Autogestión del aseguramiento.
- Autovigilancia de los socios.
- Ágil prestación del servicio, y
- Aplicación de remanentes para capitalizar al propio fondo.

Los fondos se constituyen mediante aportaciones iniciales y cuotas que pagan los productores asociados, pero también podría contarse con aportaciones de proveedores y compradores que suelen tener recursos en riesgo junto con los productores.

Con los recursos recabados se paga, en primer término, el importe del reaseguro, y el saldo se distribuye en dos partes: 25% para gastos de administración y 75% para constituir la reserva de riesgos en curso, con la cual se pagarán las indemnizaciones de los siniestros que ocurran durante el ciclo agrícola.

Con la reserva de riesgos en curso y el reaseguro debe quedar cubierto el 70% de las inversiones.

---

<sup>22</sup> Ing. Carlos Montañez Villafaña.- AGROASEMEX

Si al cierre del ciclo agrícola o ejercicio ganadero y después de pagar las indemnizaciones existen remanentes de la reserva de riesgos en curso, el 30% se destina para constituir la reserva especial de contingencia y el 70% restante se integra como fondo social.

En el caso de San Luis Potosí, sobre el costo de la prima se otorga un subsidio del 40% en los cultivos básicos y oleaginosos, 25% tratándose de hortalizas y 30% en perennes y otros cultivos.

Actualmente existen cuatro fondos de aseguramiento en San Luis Potosí, tres de ellos operan el seguro agrícola, con diferentes segmentos de mercado: uno enfocado al aseguramiento de cultivos cañeros, otro a productores de hortalizas, uno más para cultivos básicos y el último opera el seguro ganadero.

Es de llamar la atención que ninguno de estos fondos de aseguramiento de San Luis Potosí opera en los municipios de Soledad de Graciano Sánchez, Mexquitic de Carmona, Villa de Zaragoza, Cerro de San Pedro, Villa de Arista, Moctezuma, Venado, Charcas y Villa de Reyes, que son los municipios comprendidos en los acuíferos del Valle de S. L. P., Villa de Arista y Jaral de Berrios.

#### *F.1.4. Programa del fondo de riesgo compartido para el fomento de agronegocios (FOMAGRO).*

Objetivo General. Fomentar el desarrollo de agronegocios nuevos o ya constituidos; entendiendo por agronegocio:

Toda inversión (actividad) que propicie una más eficiente inserción de los productores agropecuarios en las cadenas productivas, y que les permita generar empleos, agregar mayor valor a sus productos y apropiarse de una mayor proporción del precio que pagan los consumidores finales.

En este concepto de agronegocios se incluye:

- o El beneficio y transformación de los productos agropecuarios.
- o La producción o suministro de bienes o servicios para la producción agrícola, pecuaria, forestal y acuícola, y de bienes o servicios vinculados a las fases de post cosecha;
- o La constitución y mejoramiento de agronegocios que reduzcan los costos de transacción de los productores, a través de empresas propias, de bienes y servicios.
- o Los procesos de reconversión productiva en el medio rural a través de la introducción de tecnologías de avanzada, para transitar hacia actividades de mayor rentabilidad y competitividad y altamente generadoras de empleo e ingreso rural.

Naturaleza de los apoyos. Los recursos que se canalizan a este programa tienen como propósito hacer posible o fortalecer la viabilidad de las inversiones y son equiparables al riesgo compartido porque se otorgan sin costo financiero y sin derecho a participar en las utilidades, y son recuperables por acuerdo mutuo.

Tipos de apoyo, componentes y montos máximos de apoyo.

**Tabla D. 22 Tipos de apoyo**

Tipos de apoyo y componentes	Porcentaje máximo del monto total	Hasta un importe de (pesos)
APORTACIONES DIRECTAS		
Formulación de planes de negocio y estudios y diseños <sup>1) y 2)</sup>	90	200,000
Asistencia técnica y capacitación agroindustrial <sup>2)</sup>	80	200,000
Gastos preoperativos <sup>2)</sup>	90	100,000
Infraestructura	40	1,500,000
Equipamiento	40	2,000,000
APORTACIONES PARA CONSTITUIR GARANTÍAS LIQUIDAS O FUENTES ALTERNAS DE PAGO		
Capital de trabajo	80	500,000
Inversión	70	2'500,000

1): Además de los límites señalados, el apoyo para esta componente no podrá exceder del 4% del total de los apoyos del FOMAGRO.

2): Además de los límites señalados, el apoyo para el conjunto de las componentes objeto de esta nota no podrá exceder del 25% del total de los apoyos del FOMAGRO.

Los apoyos a proyectos de agronegocios serán acumulables conforme a las necesidades de cada proyecto, sin que se rebase la cantidad de \$5'000,000.00 (cinco millones de pesos) por proyecto, en total de todos los tipos y componentes de apoyo considerados.

No obstante, en proyectos de alto impacto social o regional, con buenos indicadores de viabilidad económica, previo análisis específico que al efecto presente el solicitante y que merezca dictamen favorable del Comité Técnico de Evaluación (COTEV) se podrán autorizar apoyos que excedan los montos máximos señalados antes referidos, sin que en ningún caso las aportaciones de FOMAGRO superen el 40% del monto total a invertir.

En el 60% restante, que corresponde a las aportaciones de los beneficiarios, se contabilizarán las i) aportaciones directas (en efectivo y en especie); ii) créditos para capital de trabajo e inversión; y iii) subsidios provenientes de otros programas gubernamentales. En el caso de aportaciones en especie sólo se contabilizará el valor real de los bienes o servicios que resulten necesarios para el proyecto.

Población objetivo. El Programa está orientado a productores mexicanos del sector primario y a agroempresarios, integrados en organizaciones económicas o empresas legalmente constituidas, de carácter nacional, estatal, distrital, regional o local, que busquen agregar valor a su producción primaria, diversificar las fuentes de empleo o mejorar su inserción en la cadena producción-consumo, o que se asocien con esos propósitos con otros agentes económicos.

Instancia Ejecutora. Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)

Criterios y requisitos de elegibilidad. (I).-Serán beneficiarios de los apoyos del programa, las organizaciones económicas o empresas legalmente constituidas, preferentemente del sector social, integradas en sus partes sociales por productores mexicanos del sector primario o rural, preferentemente, que presenten proyectos viables, con base en estudio de factibilidad técnica, económica, financiera y ambiental; (II). La autorización de los apoyos se realizará en función de.

- a) impactos en el empleo e ingreso;
- b) mercado y comercialización;
- c) rentabilidad;
- d) impacto en el medio ambiente;
- e) impacto social, y
- f) perspectivas de recuperación de los apoyos.

Capitalización Resultante. Como puede apreciarse, los subsidios para la tecnificación, la concurrencia de recursos de riesgo compartido, los FINCAS, los Fondos de Aseguramiento y el FOMAGRO, son instrumentos accesibles –sobre todo en el contexto de un proyecto integral- que permitirían la acumulación de capital, lo que a su vez permitiría ensanchar el financiamiento institucional, lo que redundaría en mayor capitalización. Este círculo virtuoso permitiría una mejor inserción en otros eslabones de la cadena.

## **F.2. Abasto de Bienes y Servicios.**

Los principales bienes y servicios requeridos para la producción y la comercialización son maquinaria y equipo; insumos técnicos, como fertilizantes, insecticidas, herbicidas y material vegetativo; material de empaque, servicios de asistencia técnica, transporte y mano de obra.

Hasta ahora, el abasto de los bienes y de algunos servicios se ha dado en condiciones de altos precios, insuficiente calidad y falta de oportunidad, principalmente porque se está atado a proveedores que entregan a crédito los bienes que proveen.

En el futuro será necesario contar con un abasto más eficiente a fin de operar con suministros oportunos, de la mejor calidad y a costos competitivos.

El primer paso en este sentido podrá darse al contar con financiamiento institucional, el cual tendrá como primer destino precisamente el abasto de bienes y servicios.

La presencia de crédito institucional –que se iría transformando en capital propio- permitirá mejores condiciones de negociación, generando competencia entre los proveedores en beneficio de los agricultores.

El segundo y más importante paso se dará cuando la acumulación de resultados favorables permita disponer de financiamiento, apoyos públicos, y capital para la adquisición y distribución directa de los bienes, mediante un número reducido de empresas propias que permitirán ganar aun más en economías de escala, oportunidad y calidad.

Como ya se dijo antes, para la constitución de estas empresas de abasto podrá disponerse de apoyos recuperables del FOMAGRO.

## **F.3 Producción de Hortalizas.**

Además del importante avance que conlleva la introducción de riego por goteo, una eficiente producción de hortalizas requiere de su organización en módulos que resuelvan los inconvenientes técnicos de la pulverización de la propiedad que predomina entre el mayor



número de productores, que propicie el mejor aprovechamiento de los recursos y que propicie economías de escala y las bases adecuadas para realizar inversiones para participar en los eslabones posteriores a la cosecha.

Cada uno de estos módulos se integraría como una asociación también orientada a acceder al esquema de FINCAS para tener financiamiento institucional, para operar con un fondo de aseguramiento, para plantear y llevar a cabo inversiones en agronegocios y para insertarse de manera eficiente en el esquema de cluster que se propone, constituyendo o asociándose a las empresas de abasto de bienes y servicios y de comercialización, siempre con la ventaja de mantener sus cuentas aparte.

En este orden de ideas, procede sugerir que la introducción del riego por goteo atienda zonas compactas, con la mira de constituir los módulos que habrán de ser la base para avanzar en el propósito de constituir un cluster.

En estos módulos podrían diseñarse teniendo en cuenta el sistema de rotación de año y vez, para evitar la presencia de mejoradores inconvenientes a la sustentabilidad, como la alfalfa.

#### **F.4. Venta de Hortalizas**

El área crítica del esquema de cluster corresponde a la comercialización de lo producido.

En las condiciones actuales, también hay una fuerte diferenciación en cuanto al posicionamiento en el mercado, que para la mayoría de los casos es sumamente vulnerable, pues si bien existen productores –con 200 o más hectáreas- que incluso cuentan con bodegas propias en la Central de Abastos de la Ciudad de México, y los hay con exitosas operaciones de exportación, para la mayor parte de los productores la dispersión de la oferta y la urgencia por la liquidez entrañan fuertes desventajas en la comercialización y, consecuentemente, elevados costos de transacción. Incluso los hay que frecuentemente venden su producción en el propio predio y antes de la cosecha, con fuerte reducción en los márgenes de ganancia.

Los problemas de la comercialización tienen que ver con la escala de la producción y con la carencia de financiamiento y capital, limitaciones que pueden moderarse y erradicarse como se ha referido antes, pero la garantía del éxito en el mercado requiere de lograr ofertas compactas de buen tamaño, seguras y presentadas de acuerdo a los requerimientos de los mercados, de manera que se posibilite –en una primera instancia- gestionar contratos anticipados de venta y que no estén atados a deudas con los compradores, para lograr mejores condiciones de venta.

Al respecto, cabe referir que la Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales (ANTAD) tiene interés en la formación de proveedores eficientes de productos del campo, con quienes sus asociados puedan establecer relaciones de proveeduría de manera que ambas partes –y el consumidor final de frescos- se beneficien del ahorro del costo de la participación de intermediarios.

Al efecto, la ANTAD, la SAGARPA, FIRCO y ASERCA celebraron un convenio por virtud del cual estas últimas instancias promoverían la formación de tales proveedores, ayudándoles a constituir ofertas compactas y presentadas de acuerdo a los requerimientos específicos de los Asociados a la ANTAD.

Esto supone la organización de la producción en módulos que garanticen volúmenes de cada producto acordes a lo requerido, supone la existencia de instalaciones para la selección, empaque y conservación, así como adecuado equipo de transporte, y para ello se contaría con el apoyo de FOMAGRO y de los otros medios de financiamiento que se han referido.

Para apreciar la importancia de la oportunidad de convenir con la ANTAD la venta de la producción, es conveniente tener en cuenta lo que significa en términos de seguridad de venta de lo que se va a producir, la expectativa de mejores precios en una relación duradera y el hecho de que los asociados de la ANTAD (Comercial Mexicana, Gigante, Soriana y otras cadenas) tienen tiendas a lo largo y ancho del país, Gigante incluso cuenta con un local en los Ángeles, Cal., lo que sin duda es más ventajoso que tener una bodega en la Central de Abastos de la Ciudad de México, sobre todo cuando tenerla no es una alternativa real para la gran mayoría de productores.

Lo anterior no invalida la conveniencia de establecer relaciones similares con los mercados populares de las ciudades dónde no haya grandes almacenes y donde también se puede aspirar a contar con puntos de venta, cuyo financiamiento seguiría el mismo camino.

Desde luego, para participar con mejores resultados en el mercado nacional, es necesario tener en el horizonte la constitución de grandes empresas de comercialización, que asocien a los módulos de producción, junto con sus medios de selección, empaque y transporte.

---

## **II. El Acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes**

---

### **13. Magnitud y consecuencias de la sobre explotación del acuífero**

De acuerdo con los cálculos de Salvador Peña<sup>23</sup> en el acuífero se registra un minado anual de 81 hm<sup>3</sup>, que resulta de una recarga de 132.1 hm<sup>3</sup> y una extracción total de 213.4 hm<sup>3</sup> anuales.

Dado que la recarga es de únicamente el 62% de las descargas, la extracción de cada mil metros cúbicos significa una reducción neta de 380 metros cúbicos al almacenamiento subterráneo.

El exceso de las extracciones respecto de la recarga es evidente en el abatimiento de los niveles de bombeo, que es al mismo tiempo un índice incuestionable de la sobre explotación del acuífero y la más inmediata manifestación de sus consecuencias.

El abatimiento está documentado en diversos estudios científicos y consta de manera destacada en el testimonio de los productores y de los habitantes de las poblaciones ubicadas en el área del acuífero, ninguno de los cuales niega ni minimiza la importancia del hecho de que el nivel de bombeo se abate en un promedio anual cercano a los dos metros y que hay lugares y épocas en que el abatimiento ha sido cercano a los seis metros anuales.

Los lugareños refieren que en muchos sitios hace 40 años el agua brotaba con fuerza y prácticamente por sí sola y que actualmente en los mismos sitios el agua se localiza entre 40 y 70 metros de profundidad.

---

<sup>23</sup> Condiciones Hidrogeológicas del Acuífero. – Salvador Peña.

El abatimiento de los niveles de bombeo se traduce en el constante incremento de los gastos de profundización de las tuberías y de los costos de la extracción del agua, lo que repercute en la pérdida de rentabilidad de los cultivos.

Asimismo, la presencia de grietas en diferentes lugares de la región es otra consecuencia y a su vez señal de alarma acerca de la sobre explotación del acuífero.

En ausencia de acciones que representen la posibilidad de armonizar la rentabilidad y la sustentabilidad del recurso, la declinación de la rentabilidad de la agricultura podría determinar el abandono paulatino de algunos cultivos y finalmente de la actividad misma, lo que reduciría el índice de minado pero traería consigo un costo social inadmisibles.

De hecho, en la actualidad ya se tienen noticias de que los productores que combinan cultivos de baja densidad económica con tecnologías de riego atrasadas, principalmente ejidatarios, están optando por abandonar la actividad y vender tierras y derechos de usos de agua, seguramente a personas con los recursos suficientes para hacer un uso más amplio –pero no necesariamente más eficiente- del agua.

Incluso se tienen noticias de que algunos productores de leche se están deshaciendo de sus hatos y buscando otras actividades, porque bajo condiciones de rezago tecnológico el margen neto de la producción de leche es muy reducido y tiende a ser nulo, no obstante los fuertes subsidios públicos al costo de la energía eléctrica.

Prueba adicional de las difíciles condiciones económicas de la región se encuentra en el hecho de que CONAPO estima que en los próximos 20 años el crecimiento poblacional de los municipios de San Felipe Guanajuato y Villa de Reyes S. L. P. será prácticamente nulo.

## **14. Los factores de sobre explotación del acuífero**

### **14.1 La necesidad del riego y la demanda de la agricultura.**

De acuerdo con los cálculos de Salvador Peña, el 88.7% de los volúmenes extraídos -189.2 hm<sup>3</sup>- (161 según cálculos de AER que constan en este documento) se destinan a la agricultura, por lo que esta actividad es la causa principal de la sobre explotación.

Tal situación obedece a que la zona de estudio corresponde al altiplano entre cuyas características figura un apreciable grado de aridez, puesto que la precipitación media anual es de apenas 435 milímetros anuales, que se concentran en el verano y, por otra parte, la evaporación potencial media anual es de 1,950 milímetros.

Estas condiciones climatológicas son determinantes de la necesidad de riego para practicar una agricultura con sentido comercial, pues en condiciones de temporal es prácticamente imposible que los cultivos arrojen resultados con márgenes comerciales positivos

En efecto, en el periodo comprendido entre 1998 y 1992 las siembras de temporal en el área que abarca a los municipios de San Felipe, Gto. y Villa de Reyes S. L. P. manifiestan una siniestralidad media de 49%, destacando con 57% las siembras de frijol de temporal.

**Tabla D.23 Índice de siniestralidad en cultivos temporales de primavera - verano en San Felipe (GTO) y Villa de Reyes (SLP). promedio 1998-2002**

	CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA. (ha)	SUPERFICIE SINIESTRADA (ha)	SINIESTROS (%)
B	CEBADA GRANO	4,332	1,821	42%
B	FRIJOL	17,201	9,865	57%
B	MAIZ GRANO	28,573	13,712	48%
B	SORGO GRANO	10	-	0%
B	TRIGO GRANO	3,857	1,644	43%
OF	AVENA FORRAJERA	2,278	721	32%
	<b>TOTAL</b>	<b>56,252</b>	<b>27,763</b>	<b>49%</b>

Otro indicador de la imposibilidad de una agricultura rentable en condiciones de temporal se encuentra en el ínfimo nivel de los rendimientos de maíz y frijol, que juntos representan el 81.4% de la superficie ocupada con cultivos de temporal en el ámbito de los dos municipios donde está comprendido el acuífero.

**Tabla D.24 Rendimientos de los principales cultivos de temporal**

AÑO	MUNICIPIO SAN FELIPE		MUNICIPIO VILLA DE REYES	
	RENDIMIENTO (ton /ha)		RENDIMIENTO (ton /ha)	
	MAIZ	FRIJOL	MAIZ	FRIJOL
1998	0.550	0.300	0.454	0.400
1999	0.120	0.080	0.480	0.404
2000	0.100	0.100	0.307	0.207
2001	0.900	0.800	0.482	0.318
2002	1.000	0.800	0.545	0.319

## 14.2 Estimación de extracciones no autorizadas.

Durante la visita al área de estudio se tuvo conocimiento de la existencia de aprovechamientos agrícolas de agua subterránea cuya concesión se encuentra en trámite, lo que indica que parte de la sobre explotación del acuífero se debe a la extracción clandestina para propósitos agrícolas.

La incidencia de los aprovechamientos agrícolas sin concesión es decisiva en la sobre explotación puesto que las concesiones para aprovechamientos agrícolas en el acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes sólo cubren 64.8 hm<sup>3</sup>, correspondiendo 38.730 a San Luís Potosí y 26.100 a Guanajuato.

En tales condiciones, el volumen concesionado apenas representa el 35% del volumen utilizado en las actividades agrícolas, según estimación de Salvador Peña, o bien que las extracciones no concesionadas para usos agrícolas son equivalentes al 147% del volumen anual minado.

## 14.3 El Rezago Tecnológico.

Como sucede en otros acuíferos, en Jaral de Berrios-Villa de Reyes, pese a las evidencias de abatimiento del nivel de bombeo y al incremento de los costos de producción y la consecuente pérdida de rentabilidad, se registra un acentuado atraso tecnológico en los sistemas de aplicación de agua.

Como puede apreciarse en la **Tabla D.25** que se inserta más adelante, el 73% del total estimado como superficie física de riego no ha sido beneficiado con ninguna acción de tecnificación, lo que indica que en una 9,700 hectáreas se utiliza el riego rodado, situación inadmisibles tratándose de aprovechamientos hidráulicos subterráneos y practicándose cultivos de altos requerimientos de riego, como es el caso de la alfalfa.

Por otra parte, sólo el 8% del total de superficie física cuenta con riego por goteo, que es el único sistema que garantiza racionalidad en el uso del agua de riego y eficiencia en la aplicación de fertilizantes, en beneficio de los propios rendimientos físicos y de la calidad de los productos.

Además, para que tales ventajas del riego por goteo se cumplan se requiere que se instalen equipos de alta calidad, que las instalaciones mismas estén bien diseñadas y bien hechas y que se cuente con la capacitación y asistencia técnica necesaria para asegurar un uso eficiente, cuestiones que no corresponden a las observaciones realizadas por José López Gálvez y Luis Alberto Palacios.

**Tabla D. 25 Superficie Tecnificada a través del Programa de Ferti-irrigación de la Alianza para el Campo . (1996-2002)**

Sistemas	TOTALES		V. de Reyes		San Felipe	
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)
Aspersión	1,176	8.84	39	0.08	1,137	13.3
Goteo	1,057	7.94	70	1.50	987	11.6
Compuertas	1,372	10.31	292	6.10	1,080	12.7
Subtotal	3,605	27.1	401	7.68	3,204	37.6
Sin Tecnificar	9,696	72.9	4,375	93.32	5,321	62.4
Totales	13,301	100.00	4,776	100-0	8,525	100.0

Puede observarse, por otra parte, que el rezago tecnológico es particularmente acentuado en el Municipio de Villa de Reyes donde más del 90% de la superficie física carece de acciones de tecnificación y donde sólo 70 hectáreas han sido tecnificadas con sistemas de goteo. Para ilustrar el papel del rezago tecnológico cabe apuntar que una hectárea de alfalfa con riego rodado consume 26 mil m<sup>3</sup> de agua, mientras con goteo requiere 12 mil m<sup>3</sup>. Este rezago tecnológico deriva del círculo vicioso de falta de inversión por baja rentabilidad y baja rentabilidad por falta de inversión.

En otras palabras, obedece a la incapacidad de la mayoría de las explotaciones para generar excedentes para reinvertir, lo que incluso ha imposibilitado aprovechar el Programa de Fertiirrigación de la Alianza para el Campo, a través del cual se canalizan subsidios del orden del 40% del costo de introducción de sistemas modernos de riego.

Esta situación está íntimamente relacionada con el predominio de pequeñas parcelas dedicadas a la producción de básicos, pues según estimación del Cotas de Jaral de Berrios- Villa de Reyes el 95.7% de los usuarios –mayoritariamente ejidatarios- son minifundistas: el 11.4% posee menos de 2 ha, el 50.6% entre 2 y 4 ha y el 33.7% entre 4 y 10 hectáreas.

Pero también es prudente señalar que la modernización de los sistemas de riego no será útil para abatir sustancialmente la sobre explotación, en el caso de que simplemente se traduzca en el aumento de las superficies regadas.

#### **14.4 La demanda urbana.**

Hasta ahora, el acuífero de Jaral de Berrios- Villa de Reyes no está comprometido con una demanda urbana de importancia, pues la población total ubicada en el ámbito de ambos municipios sólo está utilizando el 5% de las extracciones anuales y, como se ha dicho antes, las condiciones prevalecientes determinan una expectativa de nulo crecimiento poblacional para los próximos 25 años.

En consecuencia, el factor urbano sólo representará una mayor presión sobre el acuífero en la medida que aumente la dotación de agua por habitante y no mejore la eficiencia de distribución y aprovechamiento del recurso en las comunidades de la región, cuestión que requiere del establecimiento de eficientes sistemas de cobro y de tarifas más acordes con la valoración de un recurso que ha entrado en fase de creciente escasez.

Sin embargo, no debe perderse de vista que el Acuífero es vecino de un conglomerado urbano de importancia creciente, que es la ciudad de San Luis Potosí y que en el altiplano potosino la disponibilidad de agua por habitante es de sólo 243 m<sup>3</sup>, que contrasta fuertemente con la disponibilidad de 8,447 m<sup>3</sup> que corresponden a la Región Huasteca e incluso a la disponibilidad media nacional que es cercana a los 5 mil m<sup>3</sup>.

#### **14.5 La demanda Industrial.**

De acuerdo con los cálculos de Salvador Peña, las actividades industriales representan una demanda anual de 18.4 hm<sup>3</sup>, que es equivalente al 8.6% de la extracción total.

Las actividades industriales de mayor relevancia corresponden a la Productora Nacional de Papel Destintado (PRONAPADE) y a la Planta Termoeléctrica Villa de Reyes, de la C.F.E., ambas instaladas en territorio de San Luis Potosí.

El consumo de PRONAPADE es del orden de 4.4 hm<sup>3</sup> anuales y el consumo correspondiente a la Planta Termoeléctrica Villa de Reyes asciende a 14.0 hm<sup>3</sup> anuales.

A pesar de que el peso relativo del consumo de agua por parte de ambas industrias no es el de mayor importancia, los productores agrícolas y los habitantes en general tienen la percepción de que el uso industrial del agua es la causa fundamental de la sobre explotación del acuífero y frecuentemente sus demandas se concentran en el retiro de las industrias, cuestión que conviene valorar con detenimiento y objetividad. Al respecto, conviene tener en cuenta que:

- En ambas industrias están en proceso estudios tendientes a la instalación de procedimientos ahorradores de agua.
- Las descargas de la papelera se utilizan en el riego de unas 400 hectáreas de granos y que tales descargas se complementan con agua limpia bombeada con cargo a los costos de la papelera.
- Para la Termoeléctrica Villa de Reyes se tiene propalado un proyecto orientado al uso de agua tratada proveniente de la ciudad de San Luis Potosí.
- En el supuesto –absolutamente improbable– de que se cancelaran las extracciones por parte de las industrias, el problema del minado continuaría vigente

En adición de lo anterior, es sumamente ilustrativo considerar que los 14 millones de metros cúbicos que consume la termoeléctrica anualmente, para producir 700 megawatts diarios, son equivalentes al

consumo de sólo 700 hectáreas de alfalfa y que en el acuífero están establecidas 3,772 hectáreas de dicho cultivo, cuyo consumo anual es del orden de 75.4 millones de metros cúbicos.

Más clara resulta una comparación entre los valores producidos por cada millón de metros cúbicos utilizados en las actividades industriales y en la producción de alfalfa, que es el cultivo de mayor significado en el uso agrícola del agua.

**Tabla D. 26 Acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes.  
Rentabilidad del agua en uso industrial y agrícola**

Consumidor	Consumo de agua (hm <sup>3</sup> /año)	Valor Producido (millones de pesos)	
		TOTAL	Por hm <sup>3</sup>
Termoeléctrica	14.0	4,200 <sup>1</sup>	300.000
Papelera	4.4	720 <sup>2</sup>	163.363
3,732 ha de Alfalfa	81.2	78.4	0.966

<sup>1</sup> 700,000 watts diarios (8,760 h anuales) (\$.76/Kwh).

<sup>2</sup> Dato directo de la empresa.

<sup>3</sup> 19.1.0 Ton/ha (\$ 1,100 ton.)

Queda de relieve, entonces, la necesidad de aplicar medidas de corrección de la sobre explotación del acuífero atribuible a las actividades agrícolas, que además de consumir la mayor proporción del agua extraída arrojan rentabilidades mínimas, nulas o incluso negativas por metro cúbico utilizado, como se establece más adelante.

Es claro también que la búsqueda de tales correcciones debe orientarse al objetivo de generar más riqueza y más bienestar con menos agua y de ninguna manera por el simple propósito de reducir las extracciones.

En estas condiciones, es conveniente establecer como se asigna el agua en la agricultura y cuales son los resultados que se consiguen, cuestiones que constituyen la materia del siguiente capítulo.

## 15. Asignación y rentabilidad del agua subterránea en la agricultura

### 15.1 Superficie total de riego y temporal<sup>24</sup>

De acuerdo con las estadísticas de los últimos cinco años agrícolas, en el ámbito de los municipios de Villa de Reyes, S. L. P. y de San Felipe, Gto., se siembran más de 70 mil hectáreas con riego y sin riego, mismas que corresponden mayoritariamente a San Felipe (86%). Las siembras de temporal se practican en el ciclo primavera verano y se ocupan principalmente de maíz y frijol, con ínfimos rendimientos y altos índices de siniestralidad

### 15.2 Superficie Sembrada con Riego en el Acuífero.

Las cifras promedio de los últimos cinco años indican que la **superficie física** beneficiada con riego por bombeo ha sido del orden de 12,200 hectáreas, asumiendo que las superficies regadas

<sup>24</sup> Véase Resumen de Superficies Sembradas en *Apéndice D-5*.

en otoño invierno corresponden a la repetición de cultivos y considerando información en el sentido de que 1,100 hectáreas se benefician mediante presas de almacenamiento.

Destaca, desde luego, que los cultivos de primavera verano ocupan alrededor del 60% de la superficie regada y que casi el 49% se asigna a maíz y frijol. Asimismo, los cultivos perennes – particularmente la alfalfa- ocupan casi 30% de la superficie regada.

En términos de superficie ocupada los forrajes tienen un elevado peso relativo, que se incrementa cuando se mide en función del agua consumida y que se explica por la importancia de la producción de leche principalmente destinada para las acopiadoras Alpura y Gota Blanca, si bien hay productores orientados a la producción de lácteos, a consumidores directos y comercializadores medianos y pequeños.

La baja densidad económica de los cultivos básicos así como los altos requerimientos de agua de la alfalfa, que se destina a la producción de leche, indican una vulnerabilidad elevada de la estructura de producción agrícola en el acuífero.

Dicha vulnerabilidad se agravará constantemente por la creciente desgravación arancelaria de maíz, frijol y leche en polvo, que llegarán a cero en el 2008; por la expectativa de crecimiento de los costos de energía eléctrica y por el incremento en los costos de producción derivado del abatimiento de los niveles de bombeo y porque también crece el costo de otros insumos y servicios.

En su caso, la asignación de la mayor parte de la tierra regada en otoño invierno a la producción de avena forrajera y pastos o praderas de ciclo corto, con muy pobres resultados económicos, se debe a las limitaciones climáticas –un invierno con heladas tardías que pueden llegar a mediados de abril- y acentúa la baja valoración que se está dando a un recurso crecientemente escaso. Es notable, además, que el 78% de las siembras de otoño invierno se ubiquen en el Municipio de San Felipe.

Por otro lado, de acuerdo con información recogida directamente en el campo, la mayor ventaja relativa de la región en la producción agrícola corresponde a diversas variedades de chiles, que se venden preferentemente secos, que tienen una demanda asegurada en el mercado nacional, que son productos de mayor densidad económica y que requieren de más jornales que el resto de los cultivos practicados en el ámbito del acuífero.

Además, la producción de chiles en la región ya ha dado lugar a la adición de valor mediante el proceso de secado y empaquetado e incluso de transporte a los centros de comercio, principalmente la Central de Abastos de la Ciudad de México.

Sin embargo, la falta de capital y de orientación para mejorar la tecnificación y la comercialización, han determinado que sólo se destine el 11% de la tierra de riego a la producción de chiles, que sólo se practique en el ciclo de primavera verano y que se concentre mayoritariamente (73%) en el Municipio de San Felipe.

Las limitantes referidas afectan seriamente la ventaja relativa de la producción de chiles, a grado tal que la tendencia de los últimos años ha sido propiamente decreciente.



**Tabla D.27 Resumen de Superficies Sembradas con Riego en el Acuífero**  
(Promedios 1998-2002)

Ciclo	Cultivos	Total	%	Villa de Reyes (ha)	%	San Felipe (ha)	%
O. I.	AVENA FORRAJERA	906	6.2	218	4.3	688	7.2
	OTROS	422	2.9	79	1.5	343	3.6
	Subtotal	1,328	9.1	297	5.8	1,031	10.8
P. V.	CHILE	1,651	11.3	438	8.6	1,213	12.7
	FRIJOL	2,201	15.0	1,008	19.9	1,193	12.5
	MAIZ GRANO	4,914	33.6	1,630	32.1	3,284	34.4
	OTROS	204	1.4	178	3.5	26	0.2
	Subtotal	8,970	61.3	3,254	64.1	5,716	59.8
Perennes	ALFALFA	3,732	25.4	1,502	29.6	2,230	23.3
	OTROS	599	4.1	20	0.4	579	6.0
	Subtotal	4,331	29.5	1,522	30.0	2,809	29.3
<b>Total</b>		<b>14,629</b>	<b>100.0</b>	<b>5,073</b>	<b>100.0</b>	<b>9,556</b>	<b>100.0</b>

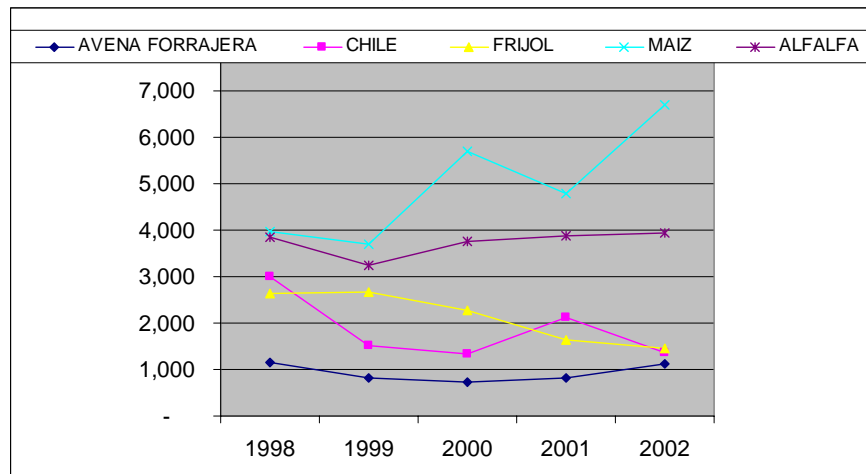
**Fuente:** Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Lo anterior contrasta con el caso del maíz que ha registrado una clara tendencia de crecimiento, que encuentra su explicación por el aumento del cultivo de maíz forrajero, que a nivel del productor agrícola está produciendo mejores resultados que la alfalfa.

En apariencia, el aumento de la superficie asignada a maíz forrajero se ha compensado con las reducciones en la superficie de chile, lo que sólo podría explicarse por la falta de recursos para sufragar el costo de producción. El crecimiento de maíz forrajero también se ha compensado con las reducciones en la superficie de frijol, lo que a la luz de las correspondientes rentabilidades resulta racional.

La tendencia declinante de la superficie asignada a la producción de frijol es un claro reflejo de los problemas que la leguminosa ha confrontado en el mercado y que se traducen en precios a la baja.

**Figura D-7 Tendencia reciente de la asignación de superficies a los principales cultivos.**



### 15.3 Requerimientos de agua del patrón de cultivos y rentabilidad por millar de metros cúbicos.

El volumen demandado por el patrón de cultivos que ha prevalecido en los últimos cinco años es del orden de 161 hm<sup>3</sup>, que supera en casi 22% a la estimación de recarga anual.

Destaca el hecho de que más del 85% del agua extraída se destina al cultivo de forrajes y de básicos, ya que apenas 22.3 hm<sup>3</sup> se aplican a la producción de chile y considerando que la superficie ocupada por otras hortalizas no pasa de 30 hectáreas y que además de alfalfa se tiene avena, maíz y sorgo forrajeros, así como pastos y praderas.

**Tabla D.28 Requerimientos de Agua del Patrón de Cultivos**  
(Promedios 1998-2002)<sup>25</sup>

CICLOS	CULTIVOS	TOTAL hectáreas	Volumen por hectárea (miles de m <sup>3</sup> )	Volumen total por cultivo (hm <sup>3</sup> )	(%)
O. I. <sup>1</sup>	AVENA FORRAJERA	906	7,854	7.116	4.2
	OTROS	422	7,854	3.314	2.0
	Subtotal	1,328		10.430	6.2
P. V <sup>2</sup> .	CHILE	1,651	13,478	22.252	13.3
	FRIJOL	2,201	5,000	11.005	6.6
	MAIZ <sup>a</sup>	4,914	6,500	31,941	19.0
	OTROS	204	6,000	1.224	0.7
	Subtotal	8,970		66.422	39.6.
Perennes <sup>3,4</sup>	ALFALFA	3,732	21,757	81.197	48.5
	OTROS	599	15,708	9.408	5.6
	Subtotal	4,331		90.605	54.1
<b>Total</b>		<b>14,629</b>		<b>167.457</b>	<b>100.0</b>
Agua de presas	Maíz-frijol	1,100	5,686	6.254	
Total bombeo		13,529		160.933	

<sup>a</sup> Se ha supuesto que la mitad es maíz forrajero y la otra mitad es maíz grano, ya que la información disponible no distingue entre uno y otro

En la **Tabla D.29** puede apreciarse que sin considerar el subsidio a la energía eléctrica, únicamente el chile y el maíz forrajero arrojan resultados positivos tanto por unidad de superficie como por millar de metros cúbicos, mientras que la alfalfa, que está consumiendo la mitad del agua subterránea, manifiesta resultados negativos de consideración.

Los pastos, las praderas, el frijol y el maíz grano, revelan desventajas económicas de menor gravedad, pero no debe olvidarse que serán crecientes.

La asignación de la mayor parte del agua subterránea a cultivos que serían inviables de no mediar el subsidio a la energía eléctrica y que además están enfrentando crecientes dificultades por virtud de la apertura comercial y por el bajo nivel de tecnología que prevalece en su producción, significa que la sobre explotación atribuible a la agricultura no obedece a razones de rentabilidad sino a la ausencia de tecnología y de orientación y apoyo para transitar a una estructura de

<sup>25</sup> Notas a la Tabla: <sup>1</sup> López Gálvez y L. A. Palacios; <sup>2</sup> Encuesta. Para el caso particular del chile se obtuvo el dato de que se aplican 13 riegos de 16 litros por segundo durante 18 horas; <sup>3</sup> el cálculo correspondiente consta en el Apéndice "Alfalfa, promedios de volúmenes de agua y rendimientos por hectárea"; <sup>4</sup> Dos veces el requerimiento de Rye grass y avena forraje de otoño invierno.

producción que rinda mayores utilidades por hectárea y metro cúbico de agua, que propicie un mayor bienestar para las familias campesinas y mejore la competitividad del sector agropecuario y la eficiencia en la asignación y uso de los apoyos públicos.

En otras palabras, los resultados indican que es impostergable el planteamiento e instrumentación de medidas de reconversión y modernización de la estructura de producción agrícola.

**Tabla D.29 Rentabilidad de los principales cultivos<sup>1</sup>**

Cultivos	Volumen por Hectárea (miles de m <sup>3</sup> )	Utilidad neta sin subsidio en 09	
		(\$/ha)	(\$/mil m <sup>3</sup> )
Chile (P. V.)	13,478	19,337	1.43
Frijol (P. V.)	5,000	-732	-0.14
Maíz F. (P. V.)	6,000	4,485	0.74
Maíz G. (P. V.)	7,000	-698	-0.10
Alfalfa (P)	21,757	-8,418	-0.39
Pastos y P. (P.)	7,854	-1,563	-0.20

Fuente: Apéndice D-7.

## 16. Posibilidades de corrección de los factores de la sobre explotación

Como fue establecido en el análisis precedente, la sobre explotación del acuífero atribuible a la agricultura obedece principalmente a:

- Extracciones no concesionadas.
- Patrón de cultivos altamente demandante de agua
- Rezago tecnológico.

El peso específico de cada uno de estos factores y su concatenación ejercen un impacto de seriedad en la sustentabilidad del acuífero, pero ello tiene como contrapartida opciones de corrección con amplios márgenes de maniobra, que permiten configurar un escenario objetivo a cuyo logro pleno se puede avanzar en función de las decisiones de los actores y de la capacidad de gestión para conseguir los recursos que cada meta requiere.

En las opciones que se plantean enseguida predomina la idea de avanzar hacia el uso racional del agua subterránea. En este caso la racionalidad no se entiende como simplemente dejar de aprovechar el recurso sino como el logro del equilibrio entre la sustentabilidad y la rentabilidad del recurso.

Es decir, se trata de generar una mayor riqueza utilizando un volumen menor, con apego a la capacidad de recarga, mediante acciones que no entrañan ninguna complejidad tecnológica y tampoco incompatibilidad alguna con las posibilidades del mercado.

### 16.1. Corrección del exceso de extracciones por aprovechamientos no concesionados.

Frecuentemente el problema de la sobre explotación de acuíferos se interpreta como una situación de insuficiencia de agua, pero realmente es una situación de exceso de superficie.

En buena medida este es el caso del acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes, en el cual operan aprovechamientos de agua subterránea que no cuentan con la debida concesión y que están significando una superficie que excede el potencial del acuífero.

Por otro lado, es claro que si se quiere lograr un aprovechamiento racional del recurso, la acción más inmediata consiste en poner orden en las concesiones.

Para el cumplimiento de tal imperativo se cuenta con la afortunada coincidencia de la disposición de no proporcionar energía eléctrica a los aprovechamientos que no cuenten con concesión y el interés de vender sus derechos de uso de agua que tienen algunos campesinos porque no están en condiciones de aprovecharlos convenientemente –falta de recursos, estado de viudez o edad avanzada- o bien porque ya se tiene un proyecto de vida distinto.

Entonces, es conveniente que se “congelen” las operaciones de transferencia de derechos y que las solicitudes de regularización de aprovechamientos se califiquen localmente y en el contexto de la sobre explotación del acuífero. De esta manera se negarían las menos justificadas y que más contribuyan a exceder la capacidad del acuífero, dado el patrón y la tecnología prevalecientes, pero se abriría la oportunidad de regularizarlas por la vía de la compra de derechos a quienes están dispuestos a vender, caso en el cual se descongelarían las respectivas operaciones de transferencia de derechos.

Según las cifras disponibles, las extracciones no autorizadas son cuantiosas, lo que significa que el exceso de superficie es igualmente considerable. Pero en una posición muy conservadora – considerando la carencia de fuentes de ingresos en la región y las posibilidades de la reconversión productiva y la tecnificación- se plantea conseguir por este método un ajuste del orden de 18.0 hm<sup>3</sup>, suponiendo que quienes están interesados en vender sus derechos los utilizan actualmente en cultivos de baja densidad económica: “otros perennes” maíz grano y frijol, como se muestra en la siguiente **Tabla D-30**.

**Tabla D.30 Ajuste de superficies físicas regadas por reducción de extracciones no concesionadas**

Cultivos	Situación actual			Reducciones		
	(ha)	(Mm <sup>3</sup> /ha)	Total (hm <sup>3</sup> )	(ha)	(Mm <sup>3</sup> /ha)	Total (hm <sup>3</sup> )
Otros perennes	599	15,708	9.408	599	15,708	9.408
Frijol	2,201	5,000	11.005	431	5,000	2.155
Maíz Grano	2,457	7,000	17.199	970	7,000	6.790
<b>TOTALES</b>	<b>5,257</b>		<b>37.612</b>	<b>2,000</b>		<b>18.353</b>

## 16.2 reconversión y tecnificación del patrón de cultivos.

La necesidad y la conveniencia de plantear e instrumentar acciones de reconversión productiva en la agricultura, para armonizar la rentabilidad y la sustentabilidad del Acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes, son evidentes y también parece serlo el camino a seguir, de acuerdo con los siguientes razonamientos.

### 16.2.1 Forrajes.

El creciente mercado interno de la leche, la seguridad que proporciona el acuífero para el suministro de agua a los forrajes y para otras necesidades de la actividad lechera, y el subsidio a

la energía eléctrica, son las razones donde reside la explicación de la predominancia de los forrajes en la estructura productiva.

Pero con la libre entrada de leche en polvo proveniente de países con fuertes excedentes y elevados subsidios se presionarán a la baja los precios de la leche y de los derivados y, en tales condiciones, aquellos productores de leche con altos costos por litro de leche producido, que no esté asociados a las empresa integradoras como Alpura y que, por tanto, operen con márgenes estrechos, estarán en la tesitura de abandonar la actividad.

Ya sea que suceda o no este abandono, es indudable que el precio de los forrajes resultará afectado, acrecentándose las desventajas que para el productor agrícola tiene la alfalfa frente a la producción de maíz forrajero, forzando el cambio en la dieta para las vacas lecheras hacia una que minimice el uso de alfalfa como fuente de proteína y de fibra. De hecho hay lugares con tradición lechera donde no se usa alfalfa.

Los granos que serían fuente sustitutiva de proteína, podrán obtenerse a precio de indiferencia – precio internacional más costos de internación- ya sean de origen importado o producidos en zonas nacionales donde es menor el valor relativo del agua.

También cabe considerar que es posible importar o adquirir la alfalfa –e incluso de mejor calidad- en otros lugares del país con ventajas para su producción.

Entonces, es prudente plantear la posibilidad de transferir la mitad de la superficie asignada a alfalfa, que es aquella que se utiliza con riego rodado, y la totalidad de la superficie de maíz grano, a la producción de maíz forrajero.

En complemento de esta medida habría que organizar a los productores de leche para hacer llegar a sus establos la alfalfa y los granos a precios de indiferencia, ya que el productor de granos tendrá garantizado un ingreso objetivo mediante los Apoyos a la Comercialización que otorga el Gobierno Federal.

Con estos ajustes, no habría reducción neta de superficies, pero si se reduciría sustancialmente la extracción de agua y mejorarían los ingresos, puesto que se aumenta la superficie a un cultivo que tiene margen positivo a costa de otros que arrojan márgenes negativos.

**Tabla D.31 Impacto de la sustitución parcial de alfalfa no tecnificada por maíz forrajero**

Cultivos	Situación actual			Adiciones y Reducciones		
	(ha)	(Mm <sup>3</sup> /ha)	Total (hm <sup>3</sup> )	(ha)	(Mm <sup>3</sup> /ha)	Total (hm <sup>3</sup> )
Alfalfa	3,772	21,757	81.197	-1,866	26,000 <sup>a</sup>	-48.516
Maíz F.	2,457	6,000	14.742	+1,866	6,000	+11.196
<b>TOTALES</b>	<b>6,229</b>		<b>95.939</b>	<b>0.0</b>		<b>-37.320</b>

<sup>a</sup> Corresponde al consumo de la superficie con riego rodado

### 16.2.2 Chiles

Aprovechar al máximo la ventaja relativa de las variedades de chiles, que además propician la adición de valor en la propia zona, es una medida obvia y debe abordarse con agresividad.

Con independencia de lo que proceda bajo condiciones de invernadero o casa-sombra, se juzga conveniente y posible incrementar la superficie de 1,651 hectáreas, que es el promedio actual, hasta 2,500 ha<sup>26</sup>, todas las cuales se dotarían con sistemas de riego por goteo y acolchado.

La diferencia de 849 hectáreas provendría de reducciones en el rubro de “otros cultivos” de P. V. (204 ha) y de frijol (645 ha).

**Tabla D.32 Impacto de la tecnificación y el incremento de la superficie asignada a chiles**

Cultivos	Situación actual			Adiciones y Reducciones		
	(ha)	(Mm <sup>3</sup> /ha)	Total (hm <sup>3</sup> )	(ha)	(Mm <sup>3</sup> /ha)	Total (hm <sup>3</sup> )
Chiles	1,651	13,478	22.252	+849	8,500 <sup>a</sup>	-1.002
Otros de P. V.	204	6,000	1.224	-204	6,000	-1.224
Frijol	2,201	5,000	11.005	-645	5,000	-3.225
<b>TOTALES</b>	<b>4,056</b>		<b>34.481</b>	<b>0.0</b>		<b>-5.441</b>

<sup>a</sup> Consumo correspondiente a riego por goteo y acolchado;

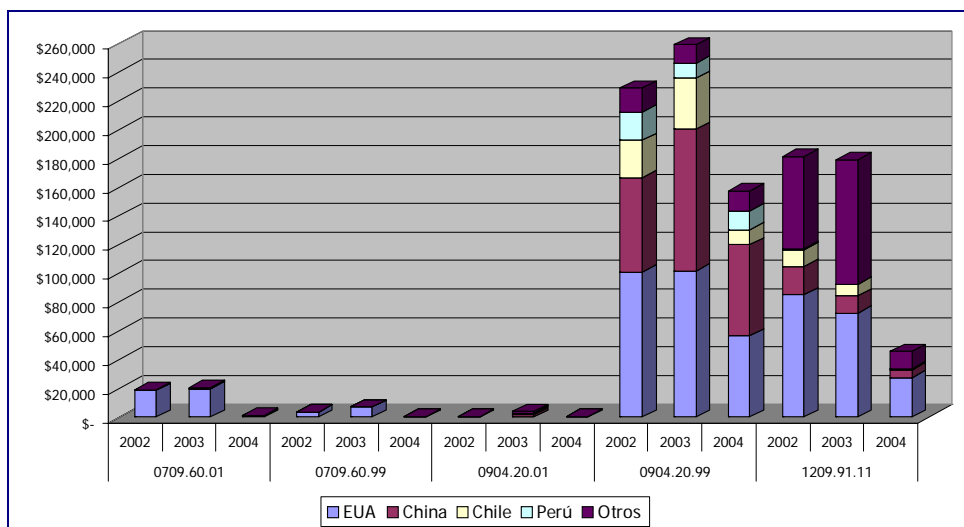
La tecnificación del cultivo del chile, no obstante el importante incremento en su superficie (51.4%), permitiría reducir las extracciones, mejorar los rendimientos y, consecuentemente, los ingresos netos.

Por otra parte, se registraría un importante incremento en la oferta, cuestión que no debe entenderse como un problema porque:

- El incremento de la oferta no se daría en forma instantánea sino paulatina.
- La diversificación de las variedades puede ser ampliada y consecuentemente se participaría en un segmento mayor del mercado.
- La tecnificación permitirá ampliar los periodos de siembra y cosecha.
- Los costos de producción por hectárea se reducirían al requerir menos energía eléctrica y menos mano de obra para riegos, cultivos y fertilización.
- Asimismo, la tecnología permitirá rendimientos sustancialmente mayores.
- Menores costos por hectárea, mayores rendimientos y mayor control de calidad, significan una sustancial ventaja en competitividad, que puede traducirse en el incremento del consumo.
- En caso necesario, se estaría en condiciones de competir con base en menores precios, desplazando a productores menos eficientes.
- El mejoramiento de los ingresos y la canalización de financiamiento y apoyos públicos para comercialización, permitirá extender el periodo de concurrencia en el mercado y llegar directamente a consumidores que hoy se surten en los grandes centros de abasto.
- Desde luego, los productores de chile deberán integrarse en una organización que tenga como fin asegurar las mejores prácticas y condiciones de comercialización.
- Además, México debería ser exportados de chiles y la situación real es contraria, pues la oferta nacional no satisface la producción nacional ya es insuficiente para satisfacer la demanda de algunas variedades y presentaciones. En el año 2003 las importaciones fueron del orden de 430 millones de pesos., prueba de ello son las importaciones que montan más de 400 millones de pesos

<sup>26</sup> En realidad el avance es menos grande de lo que parece porque en el año de 1998 ya se sembraron más de 2000 ha. Sin que mediara ninguna acción de tecnificación ni organización de la comercialización.

**Figura D-8 Importaciones de productos del sector Chile por origen**  
(Valor miles de pesos)



### 16.2.3 Cultivos de otoño invierno.

En las condiciones medias prevalecientes, durante el ciclo otoño invierno se cultivan 1,328 ha con forrajes de pobres resultados económicos. Esta superficie constituye repetición de áreas que en el ciclo de primavera verano se siembran con cultivos de ciclo corto, como maíz, frijol e incluso chile.

En el escenario futuro ya no se consideran siembras de otoño invierno porque la superficie asignada a chile contará con sistemas de riego que no es conveniente utilizar con pastos y porque se considera la rotación de la superficie de chile con la superficie que quedaría de maíz grano y frijol, que en todo caso también se tecnificaría porque se sembrarían para producir elote y ejote. En consecuencia, las extracciones se reducirían en 10.430 hm<sup>3</sup>.

### 16.2.4 Invernaderos.

Entre las recomendaciones de José López G. y L. A. Palacios figura la introducción de sistemas de riego por goteo y acolchado para la producción de hortalizas, en superficies relativamente pequeñas, que pueden quedar comprendidas en la propuesta de tecnificar la producción de chile cuyo cultivo, beneficio y comercialización pueden mejorarse pero ya son del dominio de muchos productores.

Asimismo, la propuesta de establecer invernaderos- o casa sombra- es perfectamente compatible con la producción de chiles para el mercado nacional.

## 17. Escenario objetivo

En las siguientes tablas se resume el impacto favorable de las modificaciones que configuran el escenario objetivo. Tales modificaciones radican en el mejoramiento de la estructura productiva, eliminando o reduciendo los cultivos de menor rentabilidad e incrementando los de mayor rentabilidad; y, asimismo, incluyen la tecnificación –con riego por goteo y acolchado- de la totalidad de la superficie dedicada a la producción de chile, que es el cultivo con la mayor ventaja relativa y de hecho constituye el eje de la especialización de la zona.

La valoración del potencial de armonización de la sustentabilidad y la rentabilidad en el aprovechamiento del agua subterránea puede apreciarse con las siguientes metas de mediano plazo:

- Reducir la extracción de agua subterránea en 44.5%, al pasar de 160.9 hm<sup>3</sup> a 89.3 hm<sup>3</sup>.
- Incrementar la rentabilidad neta del recurso en 9 veces, al pasar de 5.7 millones a 51.0 millones de pesos anuales.
- Reducir el subsidio a la energía eléctrica en 43.4 millones de pesos anuales (71.535 hm<sup>3</sup>/1.56 (\$.946)).

Como puede apreciarse en las **Tablas D.33** y **D.34**, las metas referidas únicamente consideran los efectos de la reconversión del patrón de cultivos y de la tecnificación del cultivo de chile, pero no consideran otros efectos igualmente importantes en los rendimientos unitarios y por lo tanto en la utilidad por hectárea, a saber:

- Un incremento del orden de una tonelada por hectárea de chile, así como la reducción de los costos por hectárea, como resultado de la mayor eficiencia en los riegos y la fertilización y de la reducción en el número de jornales
- Un incremento de por lo menos 20% en los rendimientos de maíz grano y frijol, ya que se retirarían las superficies marginales.
- La reducción de las superficies de maíz y frijol abre la posibilidad de comercializar una proporción importante en calidad de ejotes y elotes en los mercados regionales, con menores costos de producción y mayores ingresos por hectárea.
- Un incremento importante en los rendimientos de alfalfa puesto que se retiraría la mitad de la superficie que aun se cultiva con riego rodado.

**Tabla D.33 ESCENARIO OBJETIVO**  
**Requerimientos de Agua del Patrón de Cultivos Modificado**

CULTIVOS	Situación actual			Situación modificada			
	TOTAL hectáreas	Volumen por hectárea (miles de m <sup>3</sup> )	Volumen total por cultivo (hm <sup>3</sup> )	TOTAL hectáreas	Volumen por hectárea (miles de m <sup>3</sup> )	Volumen total por cultivo (hm <sup>3</sup> )	Reducción (hm <sup>3</sup> )
AVENA F.	906	7,854	7.116	0.0	0.0	0.0	7.116
OTROS	422	7,854	3.314	0.0	0.0	0.0	3.314
Subtotal O. I.	1,328		10.430	0.0	0.0	0.0	10.430
CHILE	1,651	13,478	22.252	2,500	8,500	21.250	1.002
FRIJOL	1651 <sup>a</sup>	5,000	8.255	575 <sup>b</sup>	5,000	2.875	5.380
MAIZ G.	1097 <sup>c</sup>	7,000	13.349	937 <sup>d</sup>	7,000	6.559	6.790
MAÍZ F.	2,457	6,000	14.742	4,323	6,000	25.938	-11.196
OTROS	204	6,000	1.224	0.0	0.0	0.0	1.224
Subtotal P. V.	7,870		59.822	8,335		56.622	3.200
ALFALFA	3,732	21,757	81.197	1,866	17,524	32.700	48.497
OTROS	599	15,708	9.408	0.0	0.0	0.0	9.408
Subtotal Perennes	4,331		90.605	1,866		32.700	57.905
<b>TOTAL</b>	<b>13,529</b>		<b>160.857</b>	<b>10,201</b>		<b>89.322</b>	<b>71.535</b>

<sup>a</sup> Excluye 550 ha regadas con agua de presa.-Se redujeron 550 ha regadas con agua de presas, 431 por ajuste en concesiones y 645 de transferencia a chiles.- <sup>b</sup> Se redujeron 970 ha de ajuste a concesiones y 550 regadas con agua de presas.-<sup>c</sup> Excluye 550 regadas con agua de presa.-<sup>d</sup> Excluye 550 ha regadas con agua de presas y 970 por ajuste en concesiones.-<sup>e</sup> Se eliminan otros perennes por ajuste en la concesión



Hasta aquí no se han considerado todas las posibilidades de introducción de algunos cultivos con expectativas favorables como el aguacate y los viveros de agave, ni tampoco el efecto económico de los invernaderos y la producción de hortalizas que ha propuesto el Dr. López Gálvez.

**Tabla D. 34 ESCENARIO OBJETIVO**  
**Mejoramiento de la rentabilidad por el cambio en la estructura productiva**  
**y la tecnificación del cultivo del chile**

Cultivos	Superficies (ha)		Rentabilidad neta (sin subsidio en 09)		
	Actual	Modif.	Actual (\$/ha)	Total Actual (Miles \$).	Total Modif. (miles \$)
Chile	1,651	2,500	19,337	31,925	48,343
Frijol	1,651	575	-732	-1,208	-420
Maiz G	1,907	937	-698	-1,331	-654
Maiz F.	2,457	4,323	4,485	11,020	19,388
Alfalfa	3,732	1,866	-8,418	-31,416	-15,708
Pastos, P y otros.	2,131	0.0	-1,563	-3,331	0.0
<b>SUMAS</b>	<b>13,529</b>	<b>10,201</b>		<b>5,659</b>	<b>50,949</b>

Fuentes: *Tablas D.29 y D.33.*

## 18. Principales necesidades de inversión

Habida cuenta de que un parte importante de las metas pueden conseguirse con las modificaciones en el patrón de cultivos, sin incorporar ninguno nuevo que suponga una larga curva de aprendizaje de la tecnología y la comercialización, las necesidades de inversión más trascendentes se constriñen a la incorporación de sistemas de riego por goteo y acolchados en 2,500 hectáreas de chile, lo que no rebasaría un monto de 70 millones de pesos, de inversión pública y 70 millones de pesos de inversión de los productores, considerando de 28 mil pesos por hectárea y la habilitación del doble de la superficie a cultivar a fin de establecer la practica de año y vez, para propósitos sanitarios y de recuperación de la fertilidad.

Existe la posibilidad de que algunos productores –sobre todo del sector social- no estuviesen en condiciones de aportar la mitad que les corresponde y, en tal caso habría que recurrir al apoyo de recursos de riesgo compartido, que habría que retornar pero sin costo financiero.

En el caso extremo de aplicarse un subsidio del 100% a la totalidad de la superficie –caso sólo hipotético porque existen productores con capacidad de pago- la inversión pública se elevaría a 140 millones de pesos y resultaría equivalente a la reducción de los subsidios en la tarifa 09 en aproximadamente tres años.

Otro rubro de probable necesidad de recursos se encontraría en el proyecto de organización de los productores de leche, para que se provean de manera conveniente de alfalfa y granos. Para el caso de granos forrajeros nacionales, como parte del “Programa de Apoyos Directos al Productor por Excedentes de Comercialización...” figura el Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales,<sup>27</sup> cuya adaptación a la situación particular podría gestionarse.

<sup>27</sup> Véase *Apéndice D-10.*

Respecto del primer rubro de inversión es interesante acotar que 70 millones de pesos apenas representa el 35.7% del pago anual de la Termoeléctrica de Villa de Reyes por concepto de derechos de agua y sólo 1.57 veces el ahorro anual que se registraría en el subsidio a la tarifa eléctrica para bombeo agrícola.

El 40% de tales recursos podría gestionarse como subsidio de la Alianza para el Campo, y el Gobierno Federal podría canalizar los demás recursos mediante del instrumento de riesgo compartido, puesto que la inversión por hectárea se recuperaría en un par de ciclos de producción de chile. Además, también se contaría con el apoyo de 5% sobre la factura eléctrica por la incorporación de sistemas que ahorran energía y agua.

Asimismo, los ganaderos lecheros obtendrían el crédito requerido por la vía de organizarse como un intermediario financiero para operar recursos de la Financiera Rural, cuestión que también es posible para que los productores de chile obtengan crédito para financiar una comercialización más eficiente.

En la **Tabla D.35** puede apreciarse que los subsidios directos a los sectores agropecuarios de las entidades que comparten el acuífero alcanzan montos importantes y que existen rubros que podrían ser fuentes de recursos para las actividades de tecnificación y reconversión productiva. La Alianza para el Campo podría ser una fuente principal, pues los componentes afectables suman 156.8 millones de pesos: Fomento Agrícola (127.9), Cultivos Estratégicos (5.6) y Fomento a los Agronegocios (23.3); además podría contarse con los apoyos a la comercialización de granos que se liberarían por la reducción de la superficie que se les destina.

**Tabla D.35 Subsidios Directos Asignados a los Sectores Agropecuarios de Guanajuato y San Luis Potosí- 2003**  
(Millones de Pesos)

PROGRAMAS	S. L. P.	GTO.	SUMAS
PROCAMPO	295.615	639.050	934.665
Comercialización		70.302	70.302
Alianza para el Campo	135.622	320.175	455.797
Fomento Agrícola	18.146	109.800	127.946
Fomento Ganadero	19.685	42.000	61.685
Desarrollo Rural	67.607	118.375	185.982
Sanidad e Inocuidad	20.000	46.900	69.900
Otro Programas	4.563	3.101	7.664
Cultivos Estratégicos	5.621		5.621
Diesel Agropecuario		44.256	44.256
Fomento a los Agronegocios	20.000	3.283	23.283
Reconv en Z. de S. Recurrente		45.500	45.500
A. a Porcicultura		11.804	11.804
PET	5.344		5.344
PROGAN	4.960		4.960
<b>TOTALES</b>	<b>461.541</b>	<b>1,134.370</b>	<b>1,595.911</b>

En un momento dado, y con el propósito de zanjar los problemas que C.F.E. tiene con los agricultores, el Gobierno Federal podría estar dispuesto a canalizar en calidad de subsidios la totalidad de los apoyos requeridos para la reconversión de la agricultura, ya que garantiza un uso

sustentable del agua subterránea y porque., además, se traducirá en la reducción sustancial del subsidio a la tarifa eléctrica para bombeo agrícola.

No obstante la identificación de las fuentes de financiamiento más inmediatas, en el Apéndice 5 constan los programas de apoyo al sector agropecuario que actualmente están en vigor a nivel nacional, para que los dirigentes conozcan las posibilidades de acceder a apoyos federales para el proyecto de Uso Sustentable del Agua Subterránea en Jaral de Berrios- Villa de Reyes, lo que dependerá de la capacidad para lograr una alta prioridad al proyecto y para integrar proyectos específicos convincentes.

En principio no se considera conveniente que se continúe apoyando la tecnificación de alfalfa, porque ello ha impulsado el crecimiento de la superficie asignada<sup>28</sup> y de todas maneras representa elevados y no rentables consumos de agua. En cambio, en una segunda etapa podría considerarse la tecnificación del maíz silo, y del maíz para elote y el frijol para ejote.

---

<sup>28</sup> En 1999 se registraron 3,230 ha de alfalfa y en el 2002 se registraron 3,945 ha, revelando un crecimiento de 22% en sólo 3 años.

## Apéndice D-1

### Estimación de los Subsidios al ingreso y la Energía Eléctrica

**Tabla D-1.1 Estimación de los subsidios al ingreso objetivo**

Concepto	ACUÍFEROS						TOTALES		
	Villa de Reyes		Villa de Arista		Valle de S. L. P.		Frijol	Maíz	Suma
	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz			
Superficie (ha.)	2,201	4,914	99	422	203	2,068	2,503	7,404	9,907
Rendimiento (ton./ha.)	2.2	7.0	1.5	4.0	1.5	4.0			
Producción (ton.)	4,842	34,398	148.5	1,688	304	8,272	5,294.5	44,358	
Apoyos (\$/ton)	600	350	600	350	600	350			
Subsidio (Millones de pesos)	2.905	12.039	0.089	0.590	0.182	2.895	3.176	15.524	18.700

FORMULADO CON INFORMACIÓN DE SAGARPA

**Tabla D-1.2 Estimación de los subsidios a la energía eléctrica**

CONCEPTOS	J-VILLA DE REYES	VILLA DE ARISTA	VALLE DE S. L. POTOSÍ	TOTAL	
				KWH	PESOS
CONSUMO (millones de Kwh)	103.162	93.353	19.879	216.394	
SUBSIDIO 96 centavos por KWH (Millones de pesos)	97.588	89.619	19.083		206.290



## Apéndice D-2 Energía Eléctrica

### CÁLCULO DEL REQUERIMIENTO DE ENERGÍA POR M<sup>3</sup>.

#### 1.- DATOS

- Recibo de 14 mil pesos por el consumo de un mes.
- Pozo de 25lps.
- 720 horas al mes.
- El 66% del tiempo (horario diurno) se pagó a 32 Cvos. Kwh.
- El 34% del tiempo (horario nocturno) se pagó a 16 Cvos. Kwh.

#### 2.- CÁLCULOS.

- Costo por hora =  $\$14,000/720 = \$ 19.45$
- Metros cúbicos extraídos por hora =  $3,600\text{seg.} \times 25\text{lps} = 90$
- Centavos por m<sup>3</sup> =  $\$ 19.45/90 = 21.6$
- Centavos por Kwh =  $32(.66) + 16(.34) = 26.56$
- **Metros cúbicos por Kwh =  $26.56/21.6 = 1.2$**
- **.83 kwh = 1 m<sup>3</sup>**



## Apéndice D-3 Valor de la producción

**Tabla D-3.1 Acuífero Villa de Arista**  
**Estimación del Valor de la Producción de una Mezcla de Hortalizas**

Cultivos	Rendimiento Por ha.	\$/ton	Valor \$	Particip. (%)	Valor Ponderado \$
Chiles Secos	4 ton.	30,000	120,000	50	60,000
Tomates	3,300 cajas	50/caja	165,00	37.5	61,875
Cebollas	30 ton.	2000	60,000	12.5	7,500
Suma					129,000





## Apéndice D-4 Financiamiento y seguro agrícola

### 1.- Apreciación de la evolución y la situación actual del financiamiento institucional al sector agropecuario.- Nivel Nacional.

Entre los problemas que en los años recientes ha enfrentado el desarrollo económico de México figura la reducida oferta de crédito para las actividades productivas y el difícil acceso.

Este problema ha afectado de manera particular al sector agropecuario pues, al igual que cualquier otro sector, con la crisis financiera de 1994-95 perdió capacidad para pagar los créditos y cayó en una situación prácticamente generalizada de carteras vencidas, que dio lugar al derrumbe del financiamiento institucional al sector.

En efecto, con los montos descontados por FIRA –sin duda un buen indicador para apreciar el comportamiento del fenómeno- queda de relieve que en 1994 culminó el boom del financiamiento de la banca comercial al sector agropecuario 1994, que el desplome registrado el año siguiente continuó hasta 1998, que la fase de recuperación inició hasta 1999, llegando en el año 2004 a un monto que equivale al 167.7% del mínimo registrado en 1998.

**Tabla D-4.1 FIRA. MONTOS DESCONTADOS**  
(Millones de pesos)

Años	Corrientes	Base 2004
1994	19,774.9	76,867.0
1995	14,659.0	37,496.2
1996	15,500.3	31,047.1
1997	16,023.6	27,735.2
1998	16,233.5	23,689.5
1999	19,903.5	25,860.6
2000	31,513.7	37,576.9
2001	29,791.0	34,027.3
2002	31,661.6	34,213.5
2003	35,487.3	36,977.8
2004	39,735.0	39,735.0

En el año 2004, la suma del presupuesto de FIRA y de la Financiera Rural es cercano a los 50 mil millones de pesos, ya que la Financiera Rural está ejerciendo un presupuesto de 9,975 millones de pesos.

### 2.-Apreciación de la evolución y la situación actual del financiamiento institucional al sector agropecuario de San Luis Potosí.

Utilizando como indicador a los montos descontados por FIRA, se encuentra que el comportamiento del financiamiento institucional al sector agropecuario de San Luis Potosí fue parecido al observado para el nivel nacional, excepto por la reacción –que no fue duradera- observada en 1997, y porque el desplome de 1995 fue menos dramático.

**Tabla D-4.2 FIRA. MONTOS DESCONTADOS**  
(Miles de pesos)

Años	Corrientes	Base 2004
1994	210,795	819,381.2
1995	259,562	663,933.6
1996	241,263	483,249.8
1997	355,798	615,850.8
1998	245,236	357,872.9
1999	348,233	452,459.1
2000	449,859	536,411.9
2001	476,252	543,975.0
2002	528,753	571,370.5
2003	708,685	738,449.8
2004		

En el año 2003, los montos descontados por FIRA (36, 978 millones) y el presupuesto ejercido por la Financiera Rural (1,730 millones) sumaron 38,708 millones de pesos, que fueron equivalentes al 13% del valor de la producción agropecuaria nacional.

En cambio, en San Luís Potosí la suma de los descuentos de FIRA ( 708.7 millones de pesos) representaron el 9.6% del valor de la producción agropecuaria del estado.

Las instituciones bancarias que realizaron los mayores descuentos con FIRA en 2003 fueron Banco del Bajío, HSBC, BANORTE y BANCOMER.

La operación de FIRA en S. L. P. se realizó a través de 3 agencias: CD. Valles (45%), San Luís Potosí (39%) y Río Verde (16%)

Los créditos de avío concentraron el 75% de los descuentos y los refaccionarios el restante 25%.

Es interesante señalar que los recursos descontados son aplicables tanto a actividades de producción, como de comercialización, beneficio, maquinaria y equipo e industrialización, pues entre los esquemas atendidos figuran la producción de caña de azúcar y de carne de bovino, la comercialización de caprinos y frijol, la modernización de transporte y la venta de maquinaria agrícola, el empaque de jitomate y el apoyo integral a la red leche, e igualmente se incluyen financiamientos con garantía de los derechos de PROCAMPO (CAPITALIZA).

### **3.-Fondos de Inversión y Contingencia para el Desarrollo Rural (FINCAS) y Parafinancieras en San Luís Potosí.**

#### **3.1. FINCAS**

Los recursos de FIRA se canalizan principalmente a través de la banca comercial, la que los incrementa agregando recursos de su captación. La banca puede otorgar los créditos directamente a los solicitantes, mediando las garantías suficientes y el conocimiento y aprobación del proyecto a financiar. Cuando los productores solicitantes no reúnen las garantías suficientes, pueden constituirse garantías complementarias a través de FINCAS.

Los FINCAS son fideicomisos que se constituyen en una institución bancaria (fiduciario) por los productores organizados en sociedades, quienes toman las decisiones concernientes a la administración. Estos fideicomisos cumplen, en primera instancia, funciones de garantía o fuente alterna de pago, en protección de los riesgos que corren los créditos otorgados para el financiamiento de proyectos de inversión en actividades agropecuarias o conexas a estas; pero, mediando el éxito de las inversiones, los fideicomisos operan como instrumentos de ahorro y capitalización.

Los FINCAS se constituyen con aportaciones de los productores asociados y de aportantes solidarios (generalmente los gobiernos, y a veces proveedores y compradores) y con los recursos de los Fondos de Aseguramiento y de Coberturas de Precios.

En el estado de San Luis Potosí operan actualmente, específicamente como fuente alterna de pago, siete FINCAS:

FINCA de la asociación de Cañeros Plan de Ayala.

FINCA de la Asociación de Cañeros Alianza Popular.

FINCA de la Asociación de Apoyo a Unión Local de Productores de Azúcar del Ingenio Alianza Popular.

FINCA de la Asociación de Pequeños Propietarios Cañeros del Ingenio Plan de San Luis.

FINCA San Luis A. C.

FINCA del Peñón.

Fideicomiso para la Producción de Frijol de San Luis Potosí.

### **3.2. PARAFINANCIERAS.**

En la canalización de los recursos de FIRA a los campesinos también cabe la intermediación de parafinancieras y en San Luis Potosí operan varias.

Una parafinanciera es una persona, física o moral que hace posible que tengan acceso al crédito bancario los campesinos que no reúnen los requisitos para ser acreditados directamente por la banca comercial. Para este fin la parafinanciera se constituye en receptor de primera instancia y redistribuye los recursos a productores con quienes guarda relaciones de tipo mercantil que le permiten estar en condiciones de recuperar los créditos, como es el caso de los Ingenios Azucareros.

En tal virtud, las parafinancieras contribuyen a fortalecer el desarrollo de las redes de valor, las alianzas entre los participantes, y el desarrollo de del mercado de financiamiento y ahorro.

Bajo este esquema, el banco comercial descuenta en FIRA los recursos correspondientes y complementados con recursos de su propia captación los entrega a la parafinanciera.

Con tales recursos, la parafinanciera financia el proceso productivo de una asociación de productores que previamente constituyeron un FINCA para proteger los riesgos que, en este caso, correría la parafinanciera.

Al término del proceso productivo, los productores entregan sus productos a la parafinanciera y esta les cubre la diferencia entre el valor de sus productos y el importe de los créditos y del costo financiero y, asimismo, paga sus compromisos ante la institución bancaria y esta ante FIRA.

En el Estado de San Luis Potosí están en operación ocho empresas parafinancieras:

Asociación de Cañeros Plan de Ayala.  
 Asociación de Cañeros Alianza Popular.  
 Asociación de Apoyo a Unión Local de Productores de Azúcar del Ingenio Alianza Popular.  
 Asociación de Pequeños Propietarios Cañeros del Ingenio Plan de San Luís.  
 Equipos Agropecuarios de la Huasteca.  
 Equipos CLASS.  
 Integro del Peñón.  
 Federación de Cooperativas de Caprinocultores del Altiplano Potosino.

Con lo expresado en los puntos anteriores queda constancia de que los productores del sector primario y agroindustrial del Estado de San Luis Potosí cuentan con una oferta de crédito institucional, que ha crecido consistentemente en los años recientes, que atiende líneas de actividad sumamente diversificadas abarcando todo tipo de necesidad, y que es posible acceder a tales créditos a través de varias instituciones bancarias y mediante mecanismos diseñados para resolver la insuficiencia de garantías y para generar procesos de ahorro y capitalización.

En otras palabras, en la medida en que los productores se organicen alrededor de objetivos productivos y en función de los requerimientos para acceder al financiamiento bancario, este podrá fluir al ritmo y en la medida que resulten rentables para las partes.

### **Los Fondos de Aseguramiento de San Luis Potosí.**

Los Fondos de Aseguramiento son asociaciones civiles integradas por los propios productores para otorgarse a sí mismos el servicio de seguro agropecuario, lo que supone múltiples ventajas:

- Autogestión del aseguramiento.
- autovigilancia de los socios.
- ágil prestación del servicio, y
- Aplicación de remanentes para capitalizar al propio fondo.

Los fondos se constituyen mediante aportaciones iniciales y cuotas que pagan los productores asociados, pero también podría contarse con aportaciones de proveedores y compradores que suelen tener recursos en riesgo junto con los productores.

Con los recursos recabados se paga, en primer término, el importe del reaseguro y el saldo se distribuye en dos partes: 25% para gastos de administración y 75% para constituir la reserva de riesgos en curso, para pagar las indemnizaciones de los siniestros que ocurran en el ciclo agrícola.

Con la reserva de riesgos en curso y el reaseguro debe quedar cubierto el 70% de las inversiones.

Si al cierre del ciclo agrícola o ejercicio ganadero y después de pagar las indemnizaciones existen remanentes de la reserva de riesgos en curso, el 30% se destina para constituir la reserva especial de contingencia y el 70% restante se integra como fondo social.

En el caso de San Luis Potosí, sobre el costo de la prima se otorga un subsidio del 40% en los cultivos básicos y oleaginosos, 25% tratándose de hortalizas y 30% en perennes y otros cultivos.

Actualmente existen cuatro fondos de aseguramiento en San Luis Potosí, tres de ellos operan el seguro agrícola, con diferentes segmentos de mercado: uno enfocado al aseguramiento de cultivos cañeros, otro a productores de hortalizas, uno más para cultivos básicos y el último opera el seguro ganadero.

### **Ramo Agrícola.**

**Fondo de Aseguramiento Tambaca, A. C.:** Enfocado al aseguramiento de productores de caña, obtuvo autorización para operar a partir del ciclo PV 2003, sin embargo a la fecha no ha iniciado operaciones.

**Fondo de Aseguramiento Campesinos Unidos, A. C.:** En los ciclos PV 2000 y 2001, aseguró en cultivos básicos 1,229 y 1320 has. respectivamente. En los ciclos posteriores no operó; en el ciclo PV 04/04 aún no ha reportado avances, a pesar que tiene firmado un contrato de reaseguro.

**Fondo de Aseguramiento El Huizache, A. C.:** Inició operaciones en el ciclo PV 2004, con productores de hortalizas; hasta el momento reporta el aseguramiento de 336 has.; de las cuales 301 son de tomate y 35 de chile, con una suma asegurada de \$19'832,000. El área de influencia autorizada comprende los municipios de: Guadalucazar, Villa de Guadalupe, Matehuala, Cedral, Venegas y Ebano en el estado de San Luis Potosí y Tula en el estado de Tamaulipas.

### **Ramo Ganadero.**

**Fondo de Aseguramiento Ganadero Huasteco Potosino, A. C.:** En el ejercicio 2000 aseguró 569 cabezas de ganado con una suma asegurada de \$30'420,000, posteriormente dejó de operar y reanudó sus operaciones en el ejercicio 2004, con un avance de 351 cabezas con suma asegurada de \$1'087,000. El área de influencia autorizada comprende los municipios de: Ébano, Tamuín, San Vicente Tancuayalab y Tanquián de Escobedo.

Ninguno de los fondos de aseguramiento de San Luis Potosí, operan en los municipios de Soledad de Graciano Sánchez, Mexquitic de Carmona, Villa de Zaragoza, Cerro de San Pedro, Villa de Arista, Moctezuma, Venado, Charcas y Villa de Reyes, que son los municipios comprendidos en los acuíferos del Valle de S. L. P., Villa de Arista y Jaral de Berrios.

El esquema de seguro agrícola a la inversión, utilizado por estos fondos cubre el 70% de las inversiones y en el seguro ganadero se protege el 100% del valor comercial de los animales asegurados.

Por otra parte, la proporción de apoyo del gobierno federal al costo de la prima, varía de acuerdo a la zona geográfica y al tipo de cultivo; en el caso de San Luis Potosí en los cultivos básicos y oleaginosas se otorga un subsidio del 40%, en hortalizas el 25% y en perennes y otros cultivos el 30%.

Para el seguro ganadero el subsidio es del 30% del importe de la prima, sin embargo, este no podrá exceder de \$190 en las 200 primeras unidades aseguradas y para aquellos productores que excedan esta cifra, el subsidio se limitará a \$150 por cada cabeza en exceso de las 200 primeras.



## Apéndice D-5

### Superficies sembradas con riego y temporal en el área del acuífero

**Tabla D-5.1 Superficie media sembrada en el área del acuífero**

CICLO	MODALIDAD		CULTIVO	SUPERFICIE SEMBRADA (ha) PROMEDIO 1998-2002		TOTAL (ha)
				VILLA DE REYES	SAN FELIPE	
OI	R	H	AJO	38	9	47
	R	H	MANZANILLA	1		1
	R	H	OTRAS HORTALIZAS		18	18
	R	B	OTROS	3	16	19
	R	B	AVENA GRANO	21		21
	R	B	TRIGO EN GRANO		151	151
	R	OF	CEBADA FORRAJERA EN VERDE	15		15
	R	OF	AVENA FORRAJERA EN VERDE	218	688	906
	R	OF	PASTOS Y PRADERAS		150	150
SUBTOTAL				297	1,031	1,328
PV	R	H	CHILE	438	1,213	1,651
	R	H	OTRAS HORTALIZAS	24	6	30
	R	OF	MAIZ FORRAJERO EN VERDE	95		95
	R	OF	SORGO FORRAJERO EN VERDE	58		58
	R	OF	AVENA FORRAJERA		10	10
	R	B	OTROS		10	10
	R	B	FRIJOL	1,008	1,193	2,202
	R	B	MAIZ GRANO	1,630	3,284	4,914
SUBTOTAL				3,254	5,716	8,970
PN	R	F	ALFALFA VERDE	1,502	2,230	3,732
	R	OF	PASTOS Y PRADERAS	5	578	583
	R	OF	ZACATE	15		15
	R	P	MANZANA		1	1
SUBTOTAL				1,522	2,809	4,331
<b>TOTAL RIEGO</b>				<b>5,073</b>	<b>9,556</b>	<b>14,629</b>
OI	T	F	AVENA FORRAJERA EN VERDE	132		132
	T	F	CEBADA FORRAJERA EN VERDE	120		120
	SUBTOTAL				252	
PV	T	B	CEBADA GRANO		4,332	4,332
	T	B	SORGO GRANO		10	10
	T	B	TRIGO GRANO		3,857	3,857
	T	B	FRIJOL	1,048	16,153	17,202
	T	B	MAIZ GRANO	3,338	25,235	28,573
	T	OF	AVENA FORRAJERA		2,278	2,278
SUBTOTAL				4,386	51,866	56,252
PN	T	P	TUNA	10		10
	T	P	NOPAL	18		18
SUBTOTAL				28	0	28
<b>TOTAL TEMPORAL</b>				<b>4,665</b>	<b>51,866</b>	<b>56,531</b>
<b>TOTAL</b>				<b>9,738</b>	<b>61,422</b>	<b>71,160</b>



**Tabla D-5.2 Resumen de superficies sembradas promedio 1998 - 2002**

CICLO	MODALIDAD	CULTIVOS	TOTAL	VILLA DE REYES (ha)	%	SAN FELIPE (ha)	%
OI	R	OTROS	422	79	19%	343	81%
	R	AVENA FORRAJERA	906	218	24%	688	76%
	SUBTOTAL		1,328	297	22%	1,031	78%
PV	R	CHILE	1,651	438	27%	1,213	73%
	R	FRIJOL	2,201	1,008	46%	1,193	54%
	R	MAIZ GRANO	4,914	1,630	33%	3,284	67%
	R	OTROS	204	178	87%	26	13%
SUBTOTAL		8,970	3,254	36%	5,716	64%	
PN	R	ALFALFA	3,732	1,502	40%	2,230	60%
	R	OTROS	599	20	3%	579	97%
	SUBTOTAL		4,331	1,522	35%	2,809	65%
TOTAL RIEGO			14,629	5,073	35%	9,556	65%
OI	T	AVENA FORRAJERA EN VERDE	132	132	100%	0	0%
	T	CEBADA FORRAJERA EN VERDE	120	120	100%	0	0%
	SUBTOTAL		252	252	100%	0	0%
PV	T	CEBADA GRANO	4,332	0	0%	4,332	100%
	T	SORGO GRANO	10	0	0%	10	100%
	T	TRIGO GRANO	3,857	0	0%	3,857	100%
	T	FRIJOL	17,201	1,048	6%	16,153	94%
	T	MAIZ GRANO	28,573	3,338	12%	25,235	88%
	T	AVENA FORRAJERA	2,278	0	0%	2,278	100%
SUBTOTAL		56,252	4,386	8%	51,866	92%	
PN	T	TUNA - NOPAL	27	27	100%	0	0%
	SUBTOTAL		27	27	100%	0	0%
TOTAL TEMPORAL			56,531	4,665	8%	51,866	92%
TOTAL RIEGO - TEMPORAL			71,160	9,738	14%	61,422	86%

Fuente: Secretaría de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación

## Apéndice D-6

### Alfalfa: promedios de volúmenes de agua y rendimientos por hectárea

**Tabla D-6.1 Alfalfa. Volúmenes de agua y rendimientos.  
Según sistema de riego**

Sistemas de riego	Consumo De agua (Miles de m <sup>3</sup> /ha)	Superficie (ha)	Volumen Total (hm <sup>3</sup> )	Rend. (ton/ha)	Produc. Total (ton)
R. Rodado	26,000	1,866	48.5	17.0	31,722
Compuertas	22,000	746	16.4	17.0	12,682
Aspersión	17,000	560	9.6	18.0	10,080
Goteo	12,000	560	6.7	30.0	16,800
<b>SUMAS</b>		<b>3,732</b>	<b>81.2</b>		<b>71,284</b>
Promedios	21,757			19,100	

Fuente: Información directa de los productores.

**Tabla D-6.2 Alfalfa. Volúmenes de agua y rendimientos.  
Según sistema de riego. Situación modificada**

Sistemas de riego	Consumo de agua (Miles de m <sup>3</sup> /ha)	Superficie (ha)	Volumen Total (hm <sup>3</sup> )	Rendimiento (ton/ha)	Producción Total (ton)
Compuertas	22,000	746	16.4	17.0	12,682
Aspersión	17,000	560	9.6	18.0	10,080
Goteo	12,000	560	6.7	30.0	16,800
<b>SUMAS</b>		<b>1,866</b>	<b>32.7</b>		
Promedios	17.524			21.2	39,552



## Apéndice D-7

### Rentabilidad por hectárea: Principales cultivos

**Tabla D-7.1 Chile seco**  
**Rentabilidad por hectárea.**

Clasificación	(%)	Rendimiento (Kilos/ha)	Precio (\$/ton)	Valor (\$)
PRIMERA	80	1,200	40.00	48,000
SEGUNDA	15	225	22.00	4,950
TERCERA	5	75	8.00	600
TOTAL	100	1,500		53,550
Costo de Prod.				26,000
Utilidad (\$/ha) con subsidio 09				27,550
Subsidio 09 (\$/ha) (13, 478m <sup>3</sup> )(\$.60640) <sup>a</sup>				8,173
Utilidad (\$/ha) sin subsidio 09				19,377

<sup>a</sup> Ver **Apéndice D-8** "Estimación del Subsidio a la Energía Eléctrica"

**Tabla D-7.2 Alfalfa acicalada**  
**Rentabilidad por hectárea.**

CONCEPTOS	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)	Valor (\$/ha)
Ingreso Total (\$/ha)	19.1	1,100	21,010
Costo de Producción (\$/ton) <sup>1</sup>		850	16,235
Utilidad (\$/ha)			4,775
Subsidio 09 (21,757 m <sup>3</sup> )(\$.60640)			13,193
Utilidad sin subsidio 09			-8,418

<sup>1</sup> Algunos productores informaron que el costo ya llega a los mil pesos por tonelada. Incluso hay casos de establos que encuentran más ventajoso importar que producir alfalfa.

**Tabla D-7.3 Maíz silo<sup>1</sup>**  
**Rentabilidad por hectárea.**

CONCEPTOS	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)	Valor (\$/ha)
Ingreso Total (\$/ha)	50.0	450	22,500
Costo de Producción (\$/ton) <sup>1</sup>			14,377
Utilidad (\$/ha)			8,123
Subsidio 09 (6,000 m <sup>3</sup> )(\$.60640)			3,638
Utilidad sin subsidio 09			4,485

<sup>1</sup> Caso particular de Empresa Carranco. La información de Alpura en "Evaluación de Híbridos de Maíz para Ensilar" Verano de 2002, refiere rendimientos más altos con un menor costo de producción.

**Tabla D-7.4 Maíz grano  
Rentabilidad por hectárea.**

CONCEPTOS	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)	Valor (\$/ha)
Ingreso Total (\$/ha)	7.0	1,600	11,200
Costo de Producción (\$/ton) <sup>1</sup>			7,654
Utilidad (\$/ha)			3,546
Subsidio 09 (7,000 m <sup>3</sup> )(\$.60640)			4,244
Utilidad sin subsidio 09			-698

<sup>1</sup> Cálculo preliminar

**Tabla D-7.5 Frijol<sup>1</sup>  
Rentabilidad por hectárea.**

CONCEPTOS	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)	Valor (\$/ha)
Ingreso Total (\$/ha)	2.2	4,000	8,800
Costo de Producción (\$/ton) <sup>1</sup>			6,500
Utilidad (\$/ha)			2,300
Subsidio 09 (5,000 m <sup>3</sup> )(\$.60640)			3,032
Utilidad sin subsidio 09			-732

<sup>1</sup> Cálculo preliminar

**Tabla D-7.6 Pradera<sup>1</sup>  
Rentabilidad por hectárea.**

CONCEPTOS	Rendimiento (ton/ha)	Precio (\$/ton)	Valor (\$/ha)
Ingreso Total (\$/ha)	24.0	450	10,800
Costo de Producción (\$/ton) <sup>1</sup>			7,600
Utilidad (\$/ha)			3,200
Subsidio 09 (7,854 m <sup>3</sup> )(\$.60640)			4,763
Utilidad sin subsidio 09			-1,563

<sup>1</sup> Información empresa Carranco

## Apéndice D.8

### Estimación del subsidio a la energía eléctrica

Con apoyo en cifras que constan en el Anexo Estadístico del Tercer Informe de Gobierno, con referencia al presupuesto del año 2003, se determinó que el subsidio a la tarifa eléctrica aplicada a los usos agrícolas es del orden de 94.6 centavos de peso por Kwh.

**Tabla D-8.1 Estimación del subsidio a la tarifa eléctrica**

Conceptos	U. de medida	Montos
VENTAS	Gwh	7,840
Subsidio a Consumidores	Millones de pesos	7,416
Tarifa media pagada	Cvos/kwh	34
Costo medio	Cvos/kwh	129
Subsidio/Kwh (7416/7840)	Cvos.	94.6
Relación precio/costo	%	26
Porcentode subsidio	%	74%

**Fuente:** Anexo estadístico del Tercer Informe de Gobierno. Sept. 2003.

Por otra parte, en el documento “Experiencias en Proyectos Apoyados mediante el Programa de Tecnificación del Riego” referido específicamente al Acuífero de Jaral de Berrios y formulado por la Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato, se consigna que con un Kwh se extrae 1.56 m<sup>3</sup>.

Por tanto, la extracción de un millar de m<sup>3</sup> conlleva un subsidio de \$606.40:

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Kwh.} &= 1.56 \text{ m}^3 \\
 1000 \text{ m}^3 / 1.56 &= 641 \text{ Kwh.} \\
 (641)(.946) &= \$ 606.39
 \end{aligned}$$



## Apéndice D-9

### Subsidios directos e indirectos al sector agropecuario en México

La promoción del desarrollo rural implica la concurrencia de programas y recursos de diferentes dependencias públicas y significa una suma equivalente al 8% del gasto programable de la federación.

El gasto en desarrollo rural persigue dos grandes propósitos:

- ◆ El combate a la pobreza.
- ◆ El impulso de las actividades productivas.

En el gasto denominado productivo figuran tanto programas con orientación distributiva como programas propiamente de impulso a la producción rural, principalmente agropecuaria.

Los subsidios directos a las actividades agropecuarias que están vigentes y que ejercen alguna influencia en la extracción de agua subterránea y que, asimismo, ofrecen posibilidades para alinearse con los objetivos del aprovechamiento sustentable y rentable de los acuíferos<sup>29</sup>, se canalizan a través de programas de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), de los diferentes gobiernos estatales y de la Comisión Nacional del Agua (C.N.A.)

En calidad de subsidio indirecto (implícito) destaca el canalizado través de la tarifa 09 y es administrado por la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), cuyo beneficio es exclusivo para la agricultura de riego por bombeo.

#### 1. PROCAMPO.

Ante la firma del TLCAN y con propósitos de protección del ingreso, el PROCAMPO fue instituido en 1994, teniendo como población objetivo principalmente a los minifundistas productores de granos y oleaginosas que se localizan mayoritariamente en la agricultura de temporal y manifiestan las mayores asimetrías en relación con los productores de USA y Canadá. Aunque una importante proporción de los productores integrantes de la población objetivo no participan en el mercado, y los que si participan cuentan con el Programa de Apoyos a la Comercialización, el PROCAMPO formó parte de las medidas que justificaron la eliminación del régimen de precios de garantía.

Entre los programas a cargo de la SAGARPA, el PROCAMPO ha sido desde el inicio de su vigencia el programa que recibe la más importante dotación de recursos presupuestales. A través de este instrumento, en el año 2002 se canalizaron transferencias por 11 mil 850 millones de pesos. El pago por hectárea con derechos fue de 829 pesos en el ciclo de Otoño- invierno y de 873 pesos en el ciclo de Primavera-Verano; la superficie apoyada se ubicó en 13.7 millones de hectáreas y el número de productores beneficiados fue de 2 millones 800 mil.

---

<sup>29</sup> Obviamente no puede incluirse en esta categoría a los apoyos a la salud, la alimentación, la educación, ni otros como los destinados a las comunicaciones y el equipamiento urbano, en los cuales se conjunta la mayor proporción del presupuesto público destinado al desarrollo rural.



El presupuesto asignado al PROCAMPO para el ejercicio fiscal de 2003 asciende a 14 mil 191 millones de pesos, lo que revela un crecimiento del orden del 20%. La tasa de incremento superior al índice de inflación se explica por lo siguiente:

- ◆ La expectativa de incremento de 200 mil hectáreas a beneficiar, que resulta del reconocimiento de derechos a unos 8 mil productores, ya que su número pasaría de 2.792 a 2.800 millones;
- ◆ El incremento en las cuotas por hectárea, que pasan de 829 a 873 pesos en Otoño-Invierno y de 873 a 905 pesos en Primavera-Verano; y
- ◆ La incorporación de una cuota preferente de 1,030 por hectárea para los productores con superficies de hasta una hectárea en siembras de Primavera- Verano.

## **2. Programa de Apoyos Directos al Productor por Excedentes de Comercialización, para Reconversión Productiva, Integración de Cadenas agroalimentarias y Atención a Factores críticos.**

Esta es una versión ampliada del programa que fue conocido como Apoyos a la Comercialización, que se instituyó a resultas de la apertura comercial, que trajo consigo que los precios de los granos básicos se indexaran a las cotizaciones internacionales reemplazando esquemas de precios de garantía y poniendo al comprador pecuario o industrial en posición de indiferencia entre abastecerse en el mercado nacional o en el exterior.

En la nueva versión del programa se incluyen 10 subprogramas:

- ◆ Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo.
- ◆ Subprograma de Apoyos Directos para el Sacrificio de Ganado Bovino y Porcino en Rastros TIF.
- ◆ Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.
- ◆ Subprograma de Apoyos Directos para la Conversión de Cultivos.
- ◆ Subprograma para la Adquisición de Coberturas de Precios Agropecuarios.
- ◆ Subprograma de Apoyos a la Pignoración y Desarrollo de Mercados Nacionales
- ◆ Subprograma de Apoyos para la Pignoración.
- ◆ Esquema de apoyos a la exportación y/o Cabotaje o flete terrestre.
- ◆ Esquema de Apoyos para la Agricultura por Contrato.
- ◆ Esquema de Apoyos para la Atención a Factores Críticos de Comercialización de Productos Agrícolas.

Porque la demanda de apoyos a la comercialización –que equivale a decir al precio- ha ido en crecimiento; por el patrón de cultivos a que están destinados los recursos, que incluye siete básicos con apreciables requerimientos de agua por hectárea y porque absorberá la mayor parte de los recursos, el Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo es, sin duda, el Subprograma de interés para los propósitos de este estudio.

De acuerdo con lo establecido en las Reglas de Operación del Programa de Apoyos Directos al Productor por Excedentes de Comercialización, para Reconversión Productiva, Integración de Cadenas Agroalimentarias y Atención a Factores Críticos, el Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo busca certidumbre para los productores agrícolas respecto de sus ingresos, así como mejorar la competitividad y la rentabilidad e impulsar la diversificación productiva, la integración de las cadenas agroalimentarias y el desarrollo regional, mediante el recurso de garantizar un ingreso por tonelada de producto, cuyo monto es anunciado con anticipación a las siembras.

El apoyo complementario al ingreso se define como la diferencia que en cada caso llegue a presentarse entre el ingreso objetivo y el precio de mercado.

Con estos apoyos a la comercialización se busca proteger los ingresos de los productores y al mismo tiempo fortalecer la competitividad de las cadenas agroindustriales, pues el comprador paga lo mismo que le costaría abastecerse del exterior, pero los apoyos permiten que el productor de básicos alcance precios mejores que los internacionales.

**Tabla D-9.1 Ingreso Objetivo por cultivo elegible. 2003**

Productos elegibles	Ingreso Objetivo (Pesos por Tonelada)
Maíz	1,650.00
Trigo	1,800.00
Sorgo	1,270.00
Canola	3,500.00
Arroz	2,100.00
Soya	3,000.00
Triticale	1,800.00
Trigo forrajero	1,525.00
Algodón	Se garantizan 64 centavos de dólar por libra de algodón pluma

El presupuesto ejercido en el año fiscal de 2002 para apoyar la comercialización se elevó a 4 mil 440 millones de pesos, mientras que el monto previsto en el presupuesto original de 2003 para el programa de Apoyos a la Comercialización alcanza 6 mil 405 millones de pesos, implicando un crecimiento del 44%, que se explica por los nuevos subprogramas, pero sobre todo por la garantía de ingresos por tonelada para diez cultivos y con montos reconocidos como satisfactorios por parte de los productores, que ahora intervienen en la formulación de las reglas de operación.

### **3. Alianza para el Campo.**

Para lograr la recuperación de la rentabilidad y el fortalecimiento de la capacidad que requiere el sector agropecuario para abastecer las necesidades internas y competir con éxito en los mercados internacionales, se instituyó la Alianza para el Campo.

La Alianza para el Campo persigue el objetivo de impulsar la capitalización y la productividad a través de acciones de transferencia de tecnología, fomento agrícola, fomento pecuario, sanidades y desarrollo rural, que se integran en programas específicos donde se suman los apoyos federales y los estatales para complementar las inversiones de los particulares.

La creciente importancia de la Alianza para el Campo, en el contexto de los apoyos al campo mexicano, queda de relieve en el hecho de que el presupuesto federal a ejercer en el año fiscal de 2003 (6,250 millones de pesos) contiene un incremento del 39% respecto a la asignación presupuestal del 2001, que fue el primer ejercicio fiscal de la presente administración federal.

Particularmente, el presupuesto del ejercicio 2003 asignado a los programas de agricultura y de ganadería -que son los que inciden más directamente en las actividades productivas en las zonas bajo

riego- registró un incremento de 22% respecto al monto ejercido en 2002, al pasar de 2,116 a 2,587 millones de pesos.

Por su concurrencia a un uso más racional del agua subterránea usada en la producción agrícola, de los programas incluidos en fomento agrícola interesa de manera particular el de fertiirrigación, y tratándose de los programas de ganadería es de interés el de fomento lechero, cuando la producción de forrajes influye de manera notable en la sobre explotación

Con relación al programa de fertiirrigación habrá que considerar que en el presente año entró en vigencia un apoyo adicional para quienes adopten sistemas de riego que reduzcan el consumo de agua y energía. Dicho apoyo es del 5% sobre el valor de la factura de consumo eléctrico y es claro que persigue el propósito de estimular la inversión en sistemas avanzados de riego, pero sólo podrá beneficiar a aquellos productores que pueden aportar la proporción que les corresponde en el programa de fertiirrigación, lo que no resuelve el uso dispendioso de agua por parte de las mayorías que siembran básicos con riego rodado por falta de recursos para acceder a los apoyos de tecnificación e incluso pueden ser excluidos quienes ahorren agua y energía con sólo cambiar de cultivo.

#### 4. Diesel Agropecuario.

En el ciclo Primavera-Verano de 2003 entró en vigencia un esquema de precios competitivos en diesel. En el año citado, a través de dicho esquema se canalizaran apoyos presupuestados en 2 mil 500 millones de pesos, de manera que este combustible podrá ser adquirido por los productores agropecuarios a un precio de 2.84 pesos, en lugar de los 4.70 pesos que pagaran otros consumidores.

#### 5. Investigación.

A través de éste programa se persigue fortalecer la generación y transferencia de las tecnologías que satisfagan las demandas específicas de agricultores y ganaderos en cada región, para el mejor aprovechamiento del potencial productivo del sector, y el logro de márgenes que lo doten de capacidad para competir.

Tratándose del sector agropecuario, la suma de los recursos públicos y privados se conjunta en fundaciones denominadas PRODUCE, en cuyo seno los propios productores asignan los recursos a las acciones que son de su interés.

Para financiar al Programa de Investigación y Transferencia de Tecnología que se realiza bajo la coordinación directa de la SAGARPA, se destinaron 1,490 millones de pesos del Presupuesto Federal de 2003, los cuales serán ejercidos principalmente a través del INIFAP (67.5%) y de las Fundaciones PRODUCE (27.0%).

**Tabla D-9.2 Investigación y Transferencia de Tecnología. Presupuesto 2003**  
(Millones de pesos)

Conceptos	Totales
INIFAP	1,005.5
Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT	70.0
Alianza-PRODUCE	402.2
Recursos Filogenéticos	12.5
<b>Total</b>	<b>1490.2</b>

En relación con el Manejo sustentable del Agua Subterránea cabe tener en cuenta que el Programa de Trabajo del INIFAP incluye:

- ◆ **El Proyecto de Horticultura protegida e intensiva, como alternativa para el minifundio**, que ahora únicamente se ejecuta en el Estado de Morelos y se ocupa del uso de bioespacios – cubiertos con malla- en hortalizas, mediante la integración de tecnologías agronómicas para el manejo de la planta y la regulación parcial del ambiente.
- ◆ **El Proyecto de Investigación, Validación y Transferencia de Tecnología de Canola**, que busca integrar un paquete tecnológico para la producción de ésta oleaginosa que ofrece ventajas para la diversificación productiva porque el país es importador de productos oleaginosos y porque la canola tiene bajos requerimientos de agua.
- ◆ **El Sistema Experto en Red para el Uso Eficiente del Agua en los Distritos de Riego**, que tiene como propósito mejorar la eficiencia del calendario de riego de 50 cultivos.
- ◆ **Mejoramiento Genético del Ganado Bovino de Doble Propósito**, para impulsar la producción de leche en el trópico. Lo que eventualmente contribuirá a reducir la presión de la producción de forrajes en los acuíferos.

## 6. Modernización del riego.

Por otra parte, la agricultura de riego es beneficiaria de apoyos para la rehabilitación y modernización de distritos de riego, desarrollo parcelario, uso eficiente del agua y la energía eléctrica y uso pleno de la infraestructura hidroagrícola, que se canalizan a través de diferentes programas de la C.N.A. El presupuesto de estos programas para el ejercicio fiscal de 2002 ascendió a 881.9 millones de pesos y para el ejercicio fiscal de 2003 se tiene un programa de 1,535.6 millones de pesos

**Tabla D-9.3 Inversión de CNA en programas hidroagrícolas**  
(miles de pesos)

CONCEPTO	2002			2003		
	Total	Ejercicio Directo	P.A.C. <sup>2</sup>	Total	Ejercicio Directo	P.A.C.
Rehabilitación y Modernización de Distritos de Riego. <sup>1</sup>	568,042	346,005	222,037	1,333,647	769,247	564,400
Programa de Desarrollo Parcelario.	97,702	9,278	88,424	34,096	3,196	30,900
Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.	95,014	15,348	79,666	40,640	9,140	31,500
Uso Pleno de la Infraestructura Hidroagrícola.	121,185	17,437	103,748	127,240	14,496	112,744
<b>TOTAL</b>	<b>881,943</b>	<b>388,068</b>	<b>493,875</b>	<b>1,535,623</b>	<b>796,079</b>	<b>739,544</b>

<sup>1</sup> Incluye la inversión de los programas de Uso Sustentable del Agua en la Cuenca del Río Bravo y de la Cuenca Lerma Chapala

<sup>2</sup> Alianza para el Campo.

## 7. Tarifa 09.

De manera particular la agricultura de riego por bombeo se beneficia con el subsidio implícito en la tarifa 09, que es la aplicada al consumo de energía eléctrica para bombeo agrícola, y que en su origen tuvo por objetivo el reemplazo de equipos de combustión interna –que operaban con costos mayores- y el apoyo de la expansión de la frontera agrícola bajo riego, la cual formó parte de una política agrícola sustentada en la sustitución de importaciones y en la autosuficiencia alimentaria.

Para la agricultura de riego por bombeo éste es el subsidio más apreciado y es, asimismo, el que ejerce mayor influencia en la sobreexplotación de los acuíferos y el que tiene el mayor potencial para contribuir a avanzar en un uso del agua subterránea que tienda a maximizar la relación entre rentabilidad y sustentabilidad.

De acuerdo con cifras del Tercer Informe de Gobierno, los subsidios canalizados a través de la tarifa eléctrica a los diferentes sectores podrán alcanzar un monto total de 70 mil 112 millones de pesos en 2003 y se estima que los destinados al sector agrícola podrán ascender a 7,416 millones de pesos, representando el 10.6% del total del subsidio a consumidores.

Según estas cifras el subsidio medio es del orden de 94.6 centavos de peso por Kwh., lo que implica un apreciable incremento respecto de estimaciones anteriores, el cual es consistente con la estandarización de la tarifa en 30 centavos por Kwh y el ahorro del 50% sobre este precio para quienes rieguen entre las cero horas y las 8 de la mañana.

De acuerdo con la estimación citada, el subsidio a la agricultura canalizado a través de la tarifa eléctrica será equivalente al 52% de los subsidios que se canalizan a través del PROCAMPO; pero, mientras el PROCAMPO se destina a 14 millones de hectáreas mayoritariamente de productores marginales de cultivos básicos, el subsidio a la energía eléctrica se destina a sólo dos millones de hectáreas que tienen la ventaja fundamental de contar con riego seguro que es, a su vez, sustento de otras ventajas que también concurren a constituir la capacidad –no siempre aprovechada- para practicar cultivos de la mayor densidad económica, bajo condiciones de competitividad.

Además, mientras el PROCAMPO es neutro en relación con los cultivos a practicar, el subsidio a la tarifa eléctrica – medido por hectárea- crece en función de los requerimientos de agua de cada cultivo y por tanto es mayor para aquellos cultivos que más inciden en la sobre explotación de los acuíferos, como es evidente en el caso de la alfalfa.

Desde luego, el monto transferido también es función del tamaño de cada explotación.

## **8. Programa de adquisición de derechos de uso de Agua.**

El programa entró en vigencia el presente año y fue dotado con un presupuesto de 495 millones de pesos a fondo perdido “para promover la sustentabilidad de los distritos de riego con problemas de disponibilidad de agua”.

Es claro que el programa está destinado a reestablecer el equilibrio entre los volúmenes de agua disponibles y los concesionados y en tal sentido puede constituir un importante paso hacia la armonía entre la rentabilidad y la sustentabilidad en el aprovechamiento del agua.

Según las Reglas de Operación del Programa de Adquisición de Derechos de Uso de Agua, en una primera etapa, durante el presente año, son destinatarios de los apoyos los Distritos de Riego 005 Delicias, Chihuahua; 006 Palestina, Coahuila, 011, Alto Río Lerma, Guanajuato; 025 Bajo Río Bravo, Tamaulipas; 026 Bajo Río San Juan, Tamaulipas; 031, Las Lajas, N. L. 037 Altar-Pitiquito y Caborca, Sonora; 066 Valle de Santo Domingo, Baja California Sur; 085 La Begoña, Guanajuato; 086 Río Soto La Marina, Tamaulipas y 090 Bajo Río Conchos, Chihuahua.

Sin embargo, las correspondientes reglas de operación dejan en claro que el programa tiene cobertura nacional y por tanto queda abierto a cualquier propuesta o solicitud que cumpla los requisitos establecidos en las citadas reglas y a condición de que se cuente con disponibilidad presupuestal.

Por lo anterior, y dado que el objetivo y la mecánica del programa son coincidentes con la propuesta de compra de derechos<sup>30</sup> que está contenida en los proyectos de Aguascalientes y del Bajío, formulados por la OMM para PROMMA en el 2002, y la que eventualmente se incluya en los proyectos de Costa de Hermosillo, Querétaro y Jaral de Berrios, es procedente proponer los proyectos de PROMMA como destinatarios de los apoyos de que se trata, con la ventaja de que en estos proyectos es posible que los recursos públicos operen básicamente como una fuente de financiamiento y sean total o parcialmente recuperables.

**Tabla D-9.4 Subsidios directos e indirectos al sector agropecuario. Nivel nacional**  
(millones de pesos)

Administrador del subsidio	Instrumento de canalización	Presupuesto 2003
SAGARPA	PROCAMPO	14,191
	A. a Comercialización	6,405
	Alianza para el Campo	6,250
	Diesel agropecuario	2,500
	Investigación	1,490
	Derechos de agua	495
CNA	P. Hidroagricolas	1,536
CFE	Tarifa 09.	7,416
<b>S U M A</b>		<b>40,283</b>

<sup>30</sup> En estos casos es correcto hablar de compra de derechos, porque la propuesta considera que serán los productores que permanezcan en los acuíferos quienes pagarán el importe de los derechos, si bien mediante un mecanismo de financiamiento que busca facilitar la operación.



## Apéndice D-10

### **Reglas de operación del programa de apoyos directos al productor por excedentes de comercialización para reconversión productiva, integración de cadenas agroalimentarias y atención a factores críticos.**

#### **CAPITULO VII: SUBPROGRAMA DE APOYOS DIRECTOS AL ACCESO A GRANOS FORRAJEROS NACIONALES**

##### **ARTICULO 27. Objetivo Específico del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**

Asegurar al productor pecuario el acceso a granos forrajeros nacionales a precios competitivos bajo un ESQUEMA de agricultura por contrato, a fin de lograr una mayor certidumbre y rentabilidad económica en beneficio del ingreso del productor pecuario y de la cadena productiva, procurando que la entrega del apoyo se realice equitativa y redistributivamente.

##### **ARTICULO 28. Población Objetivo del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**

Los pobladores y engordadores de ganado bovino, porcino y avícola, que realicen agricultura por contrato con productores agrícolas nacionales de granos forrajeros producidos en México, que satisfagan las necesidades de estos insumos.

##### **ARTICULO 29. Determinación del Monto del Apoyo del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**

Con base al comportamiento del mercado y la disponibilidad presupuestal, la SAGARPA por conducto de ASERCA, determinará los granos forrajeros que serán objeto del apoyo en las entidades federativas. El presente SUBPROGRAMA contempla apoyar, entre otros, los granos forrajeros nacionales de maíz, sorgo, trigo, triticale, cebada y avena.

El apoyo a los granos forrajeros nacionales se determinará por tonelada de grano forrajero que el productor agrícola comercialice con el productor pecuario, a fin de garantizar que el productor pecuario acceda a este insumo nacional a un precio internacional más bases al puerto o frontera que presente las mejores condiciones de logística para el abasto de las zonas consumidoras.

##### **ARTICULO 30. Criterios de Selección del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**

Serán susceptibles de recibir este apoyo todos los productores y engordadores de ganado bovino, porcino y avícola que realicen agricultura por contrato con productores de granos forrajeros, directamente o a través de empresas fabricantes de alimentos balanceados.

##### **ARTICULO 31. Mecánica de operación del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**



- I. La SAGARPA por conducto de ASERCA suscribirá Convenios de Concertación con productores pecuarios que acrediten su personalidad jurídica, donde se establecerán las bases para la canalización de los apoyos correspondientes.
- II. Los convenios de concertación se tramitarán y firmarán en las oficinas de ASERCA.
- III. Para efectos de este SUBPROGRAMA, ASERCA integrará un padrón de productores pecuarios consumidores de granos forrajeros, con el propósito de asegurar que el apoyo efectivamente llegue al productor pecuario.

**ARTICULO 32. Requisitos del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**

El productor interesado deberá:

- I. Presentar en la Dirección Regional de ASERCA el contrato de Compraventa a Término, el que deberá ser validado y registrado por dicha oficina.
- II. Una vez validado el contrato por la Dirección Regional de ASERCA, el productor pecuario estará en condiciones de efectuar el trámite y firma del Convenio de Concertación, de acuerdo con los criterios establecidos en los Lineamientos Específicos que se publiquen en el DOF.
- III. Los requisitos para el cobro del apoyo, serán establecidos en el convenio de concertación referido en la fracción anterior que se firme para tal efecto.

**ARTICULO 33. Restricciones del Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales.**

Sólo serán apoyadas las cosechas de granos forrajeros de los Estados Unidos Mexicanos, en los montos de los volúmenes de granos forrajeros para los que se haya realizado agricultura por contrato.

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo E – El Sector de Riego y Potencial de la Reconversión**

## Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)

### MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

#### Anexo E – El Sector Riego y el Potencial de la Reconversión

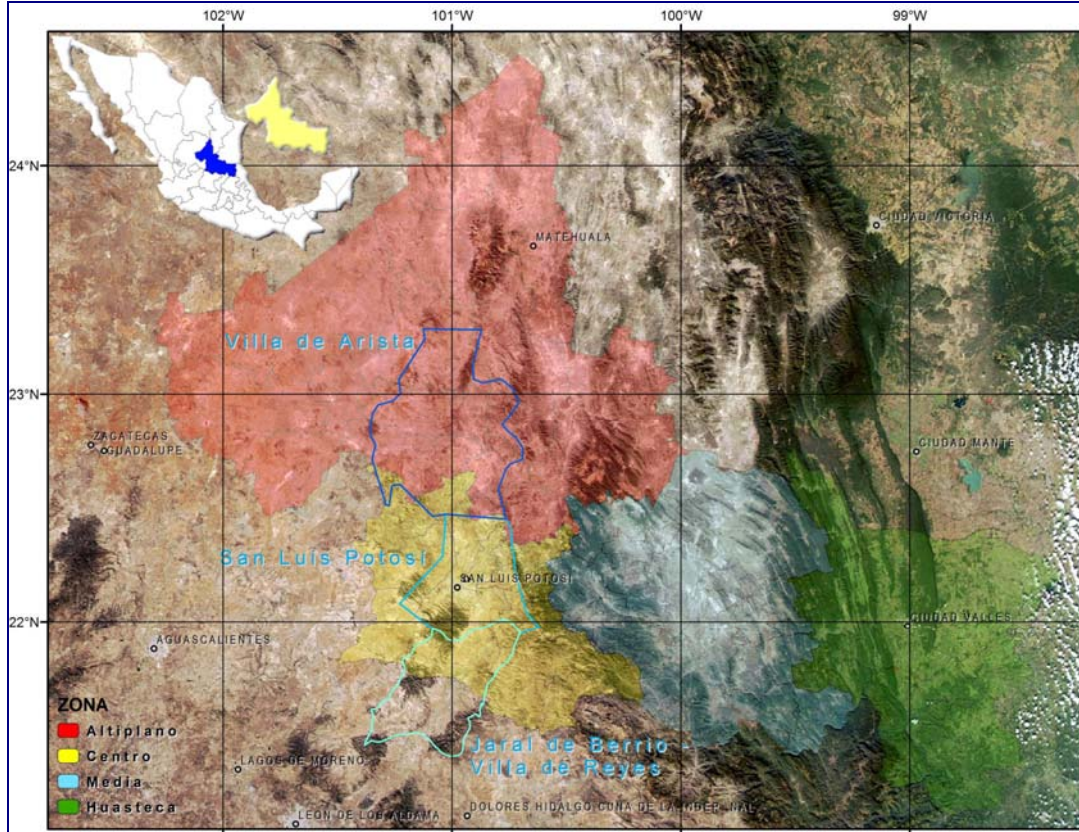
##### 1. Marco Físico

La promoción del desarrollo rural implica la concurrencia de programas y recursos de diferentes dependencias públicas y significa una suma equivalente al 8% del gasto programable de la federación.

##### 1.1 Ubicación y límites del área de estudio.

El Estado de San Luis Potosí está situado entre los 21°09'30" y 24°33'09" latitud Norte, y 98°19'52" y 102°17'51" longitud Oeste. Colinda al norte con los Estados de Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas; al sur con los Estados de Guanajuato, Hidalgo y Querétaro; al este con el Estado de Veracruz y al oeste con los Estados de Jalisco y Zacatecas. Su extensión territorial es de 62,304.74 km<sup>2</sup>, que equivalen a 3.22% de la superficie del país.

**Figura E.1 Ubicación de los límites administrativos de los acuíferos.**



Está dividido en cuatro zonas geográficas: la Huasteca, con una altitud promedio de 100 metros sobre el nivel del mar, ubicada en la parte sur oriental, la zona Media con una altura aproximada de 1,300 metros sobre el nivel del mar, la zona Centro con una altitud media de 1,400 metros y el Altiplano, con alturas de 2000 m.s.n.m. Los acuíferos de los valles de Jaral de Berrio – Villa de Reyes y San Luis Potosí, se encuentran ubicados en la zona centro, mientras que el acuífero de Villa de Arista se encuentra en la zona del Altiplano Potosino. El acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes es interestatal, ya que aproximadamente la mitad de su superficie se ubica en Guanajuato.

## 1.2 Clima

San Luis Potosí presenta una variedad climática que incluye, desde los cálidos relativamente húmedos de la región cercana a la costa, hasta los secos templados del altiplano. Gama que se debe, por un lado, a las variaciones de altitud y latitud, y por otro a la influencia marítima.

La Sierra Madre Oriental es el factor determinante en la diversidad de climas, ya que al actuar como barrera orográfica hace que la humedad que proviene del Golfo se detenga en ella y los vientos pasen secos hacia el centro y poniente del estado.

*Climas Cálido Subhúmedos de la Huasteca Potosina.* Una parte de la Llanura Costera y zonas de la vertiente exterior de la Sierra Madre, tienen este clima. Los lugares planos próximos al mar tienen menor incidencia de lluvia anual que los cercanos a las montañas, ya que el aire sobre éstos no sufre un levantamiento apreciable. Las considerables aportaciones de agua que se captan en esta vertiente, dan como resultado que existan en la zona escurrimientos de importancia como el río Tamuín.

*Climas Semicálidos y Templados de la Sierra Madre Oriental.* Como se mencionó anteriormente, las condiciones naturales que afectan la distribución climática de esta región, tales como: amplias llanuras entre las sierras con altitudes inferiores a los 1 000 m y algunas planicies por arriba de los 3 000 m.s.n.m. como en la Sierra de Catorce; condicionan una variedad térmica que incluye desde los semifríos en las partes altas, (incluso hay zonas que permanecen con nieve por lo menos un mes al año) hasta los cálidos. Y de los muy secos a los subhúmedos.

Climas secos y semisecos templados de la Mesa Central. Estos climas son de carácter continental y van de los secos a los semisecos de norte a sur y se distribuyen en altitudes que van de 1 600 a 2 700 m.

Las heladas son una respuesta de la distribución del clima en función de su latitud y su cercanía al mar, y se desarrollan bajo condiciones de cielo despejado, poco o nada de vientos y una atmósfera relativamente seca.

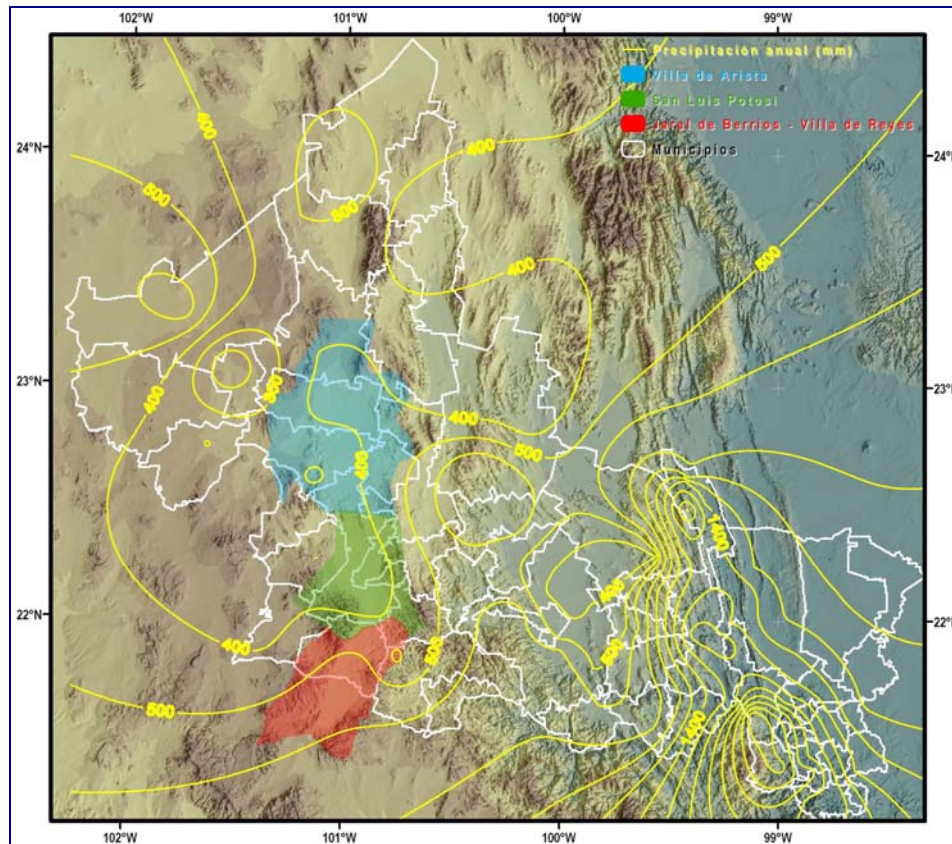
En San Luis las heladas se presentan distribuidas como sigue; en las porciones más orientales con climas semicálidos subhúmedos y húmedos se presentan de 0 a 5 días al año con heladas y en las zonas más húmedas de la sierra casi no se presentan.

Los climas secos y semisecos semicálidos en la zona central de la Sierra Madre tienen heladas entre 5 y 10 días al año. Más al norte, el clima es más seco y más frío, por lo que el fenómeno

ocurre de 10 a 20 días y en las partes más altas su frecuencia es de 20 a 40 días. Estos 20 a 40 días con heladas también se presentan en casi todo el occidente del estado y aumentan de 40 a 60 en pequeñas zonas como la región de Santo Domingo en los límites con Zacatecas y de 60 a 80 en áreas más pequeñas también del poniente.

Las granizadas no guardan un patrón de comportamiento, sin embargo se dan generalmente en la estación caliente del año y son el resultado de movimientos ascendentes del aire. En la mayor parte del estado las granizadas ocurren sólo un día al año, aunque hay pequeñas zonas concentradas en la Mesa Central en donde se presentan con rangos que van de 1 a 2, de 2 a 3 y de 3 a 4 días al año.

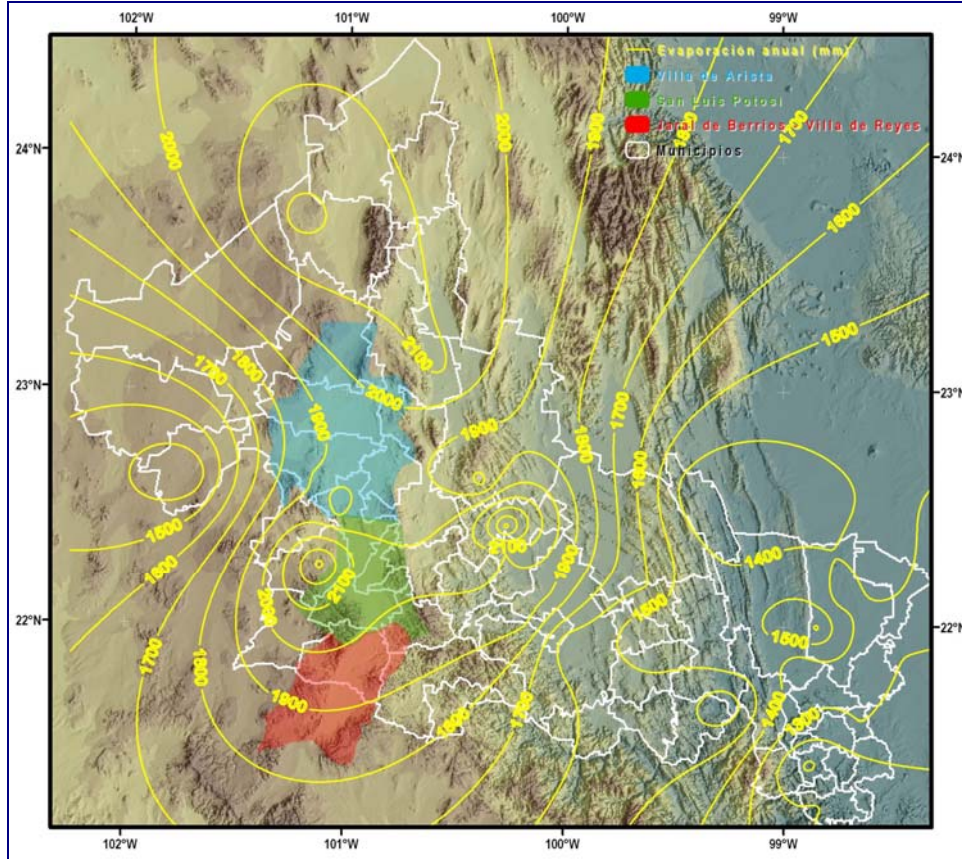
**Figura E.2 Isoyetas de las Normales Climatológicas 1950-1980.**



La precipitación media anual en los acuíferos en estudio, varía de 400 mm al año para Villa de Arista y San Luis Potosí, hasta poco más de 500 mm en el de Jaral de Berrio – Villa de Reyes. En la **Figura E.2** se presentan las isoyetas de las normales climatológicas 1950-1980, donde también se muestran los límites administrativos de los acuíferos.

La evaporación media anual en la zona de interés, está en el rango de 1 900 a 2 000 mm/año, tal como se puede apreciar en la **Figura E.3**. La zona donde se ubica el acuífero de San Luis Potosí es la que tiene una lámina mayor de evaporación que los otros dos acuíferos.

Figura E.3 Isolíneas de evaporación de las Normales Climatológicas 1950-1980.



En la zona agrícola existe déficit evapotranspirativo todo el año, esto es, la lámina de evapotranspiración potencial, es superior a la precipitación efectiva<sup>1</sup> para todos los meses del año, por lo que se requiere riego para la producción económica de cultivos. En la **Figura E.4**, se presentan las gráficas de la evapotranspiración potencial (Etp) y la precipitación efectiva (Pe) a escala mensual para 4 estaciones climatológicas con área de influencia en los acuíferos; la Etp se estimó como el 75% de la evaporación en una tina tipo A, medida en las estaciones climatológicas. La precipitación efectiva se estimó por el método empírico propuesto por Ogrosky y Mockus en 1964. Asimismo, se presenta el índice de déficit evapotranspirativo calculado como:

$$IDE = 1 - \frac{Pe}{Etp}, \forall Pe \leq Etp, 0.0 \text{ de otra forma.}$$

Donde

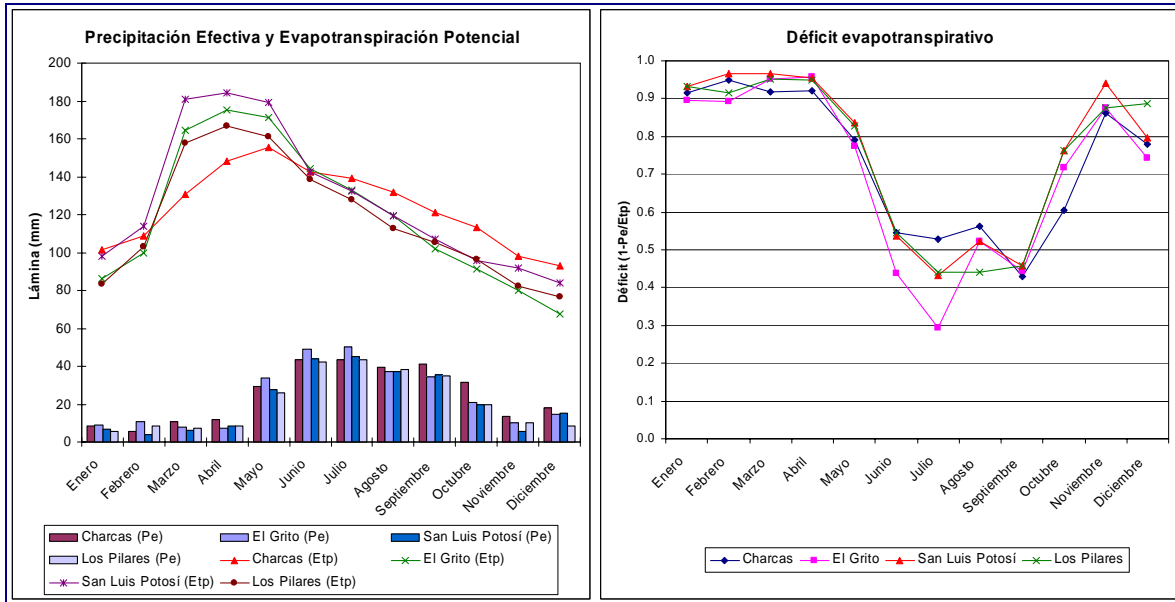
$Pe$ : es la precipitación efectiva mensual en mm, que se calcula mediante:

$$Pe = \left( \frac{\left( \frac{Etp}{Pp} \right)}{1.53 + 0.8 * \left( \frac{Etp}{Pp} \right)} \right) * Pp, \forall \left( \frac{Etp}{Pp} \right) \leq 7.65, Pp \text{ de otra forma}$$

$Etp$ : es la evapotranspiración potencial en mm ( $Etp = 0.75 * Ev$ ).

<sup>1</sup> En el sentido agronómico, esto es, la precipitación que se infiltra y almacena en el suelo para ser aprovechada por las plantas.

**Figura E.4 Déficit evapotranspirativo.**



Este índice tiene su fundamento en trabajos realizados por Doorenbos y Kassam en 1979, donde establecen que déficit en rendimiento relativo de los cultivos, es directamente proporcional al déficit evapotranspirativo. Esto se expresa de la siguiente manera:

$$1 - \frac{R}{R_p} = K \left( 1 - \frac{Et}{Etp} \right) \Rightarrow 1 - \frac{R}{R_p} = K * IDE$$

Donde:

- R: rendimiento del cultivo
- R<sub>p</sub>: rendimiento potencial del cultivo
- Et: evapotranspiración real del cultivo.
- Etp: evapotranspiración potencial del cultivo.
- K: factor de respuesta del rendimiento.

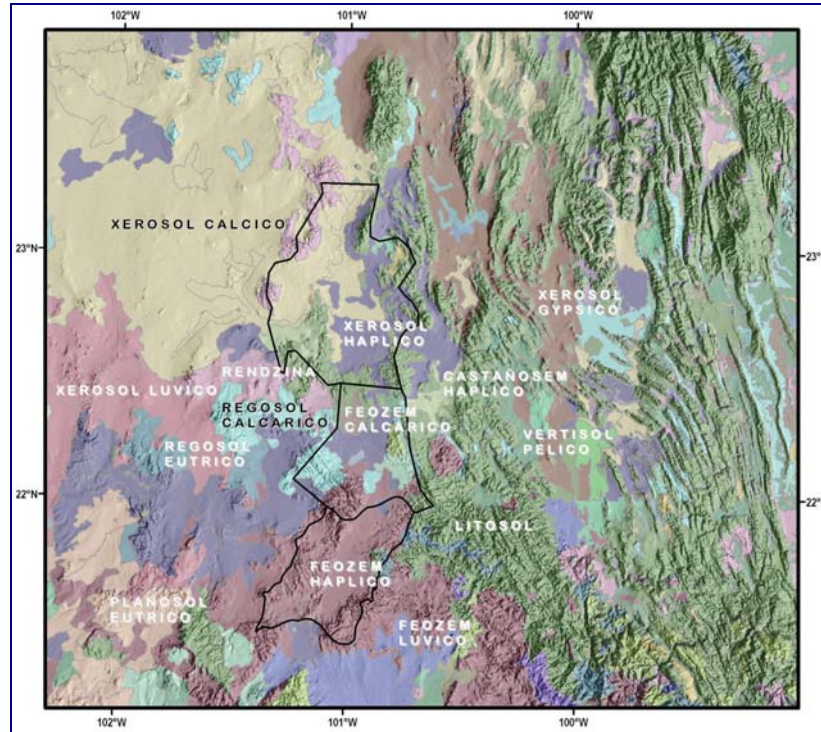
En el caso de cultivos de temporal donde la precipitación efectiva es menor que la Etp, la evapotranspiración máxima que puede tener, es la lámina de precipitación efectiva. El valor de K varía alrededor de la unidad, por lo que se puede inferir que el déficit de rendimiento relativo de la mayoría de los cultivos está representado por este índice. Los cultivos de temporal en esta zona son de explotación marginal, con rendimientos máximos del orden del 50% del rendimiento potencial y un alto índice de siniestro.

### 1.3 Suelos.

Existen varios tipos de suelos dentro de los límites administrativos de los acuíferos, resaltando por su importancia el xerosol, que se caracteriza por ser un suelo de zonas secas o áridas; la vegetación natural que sustenta son matorrales y pastizales; el uso pecuario es el más importante, aunque si existe riego se obtienen buenos rendimientos agrícolas; se presenta en las formas cálcica y háplica. Las zonas agrícolas de los acuíferos de Villa de Arista y San Luis Potosí se encuentran ubicadas en este tipo de suelo. Otro tipo de suelo importante en el área de estudio, es

el feozem; el cual es un suelo con superficie oscura, de consistencia suave, rica en materia orgánica y nutrientes; se presenta en su forma calcárica en la parte noroeste del acuífero de San Luis Potosí, y en su forma háplica, es el suelo que predomina en el acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes. En general, las texturas de los suelos en la zona son de tipo media, con buena capacidad de infiltración. En la **Figura E.6** se presenta la distribución de los principales suelos en las áreas de los acuíferos en estudio.

**Figura E.5 Tipos de suelo en la zona de estudio.**



## 2. Tenencia de la Tierra.

México cuenta con una superficie de 196.4 millones de hectáreas, de las cuales, más del 95.6% son rústicas, es decir 187.1 millones de hectáreas están consideradas de tipo rural. De éstas, 39.2% son de propiedad privada que posee 1.6 millones de propietarios, con una extensión media de 44.6 hectáreas. El 55.2% corresponde a la propiedad social y está distribuida entre 4.1 millones de ejidatarios y comuneros, con una extensión media por sujeto de 25.2 hectáreas. Los terrenos nacionales abarcan una extensión de 6.6 millones de hectáreas y, por último, 650 colonias agrarias con una extensión de 3.6 millones de hectáreas<sup>2</sup>.

El Estado de San Luis Potosí cuenta con una superficie de 6.38 millones de hectáreas, de las cuales, 4.03 millones de hectáreas son del sector social, repartidos entre 1 357 núcleos agrarios. Esto implica que alrededor del 63% de la superficie es de propiedad social, correspondiendo poco más del 61% a ejidos y casi el 2% a comunidades rurales<sup>3</sup>. Se estima que el 27.5% corresponde a

<sup>2</sup> Tendencias del Campo Mexicano 2003, Dirección General de Estudios y Publicaciones, Procuraduría Agraria, Octubre de 2003.

<sup>3</sup> Registro Agrario Nacional, Agosto de 2004 (Nota: Existe una diferencia en la estimación de la superficie estatal entre el Gobierno del Estado, 6.23 millones, y el RAN, 6.38 millones)



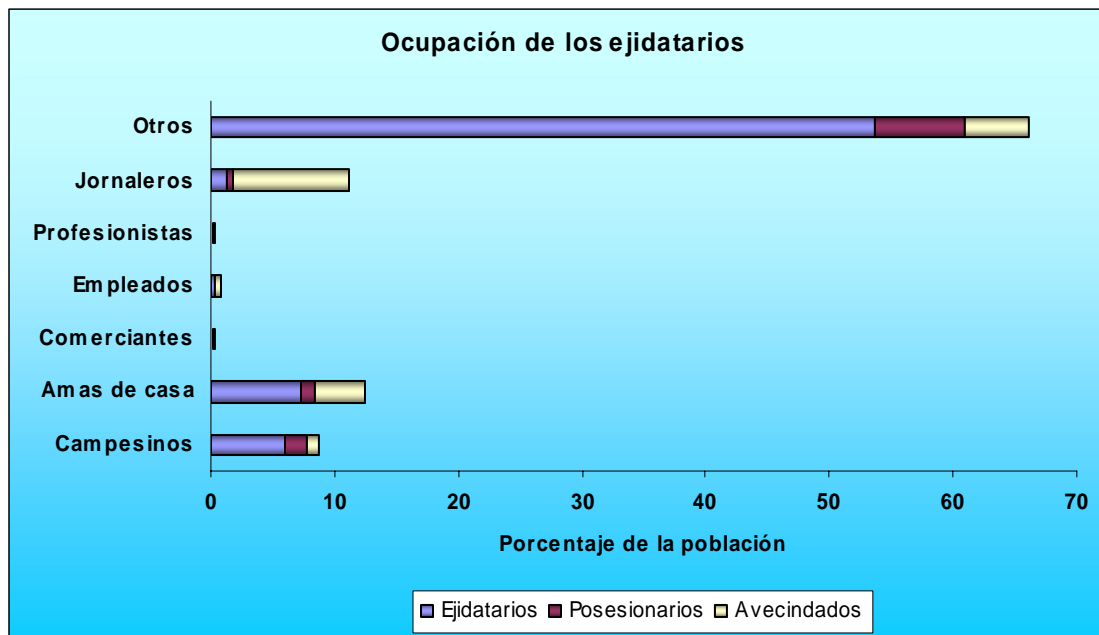
pequeños propietarios y el resto a terrenos nacionales. Del total de sujetos agrarios del sector social, 68.56% son ejidatarios, 11.15% son poseionarios y 20.28% avecindados<sup>4</sup>.

La privatización de la propiedad social, un derecho incorporado a la legislación agraria, aún es un fenómeno restringido y marginal; hasta agosto de 2004, sólo en 45 144 hectáreas de un total de 3.9 millones, han solicitado el cambio de dominio.

Respecto a las actividades económicas del sector social, de acuerdo con información del RAN para enero de 2003, sólo 8.7% de los sujetos agrarios se dedicaba a trabajar sus terrenos, 11.2% trabajaba el terreno de otras personas, 12.5% eran amas de casa, el 66.2% se dedicaba a otras actividades y el resto eran profesionistas, comerciantes o empleados. En la **Figura E.6** se presenta la gráfica de la actividad económica del sector social. Esta situación indica que existe una proporción muy grande de parcelas que se encuentran rentadas, lo cual coincide con comentarios hechos por productores de Villa de Arista, los cuales indicaban que el 20% de los agricultores explotaban el 80% de las tierras agrícolas.

La edad promedio de los ejidatarios es de 54 años, el 63.6% supera los 50 años y el 33.2% supera los 65 años. Ya que una parte importante de los ejidatarios se encuentra cerca de la fase final de su actividad productiva y probablemente muchos de ellos no han definido la sucesión de sus derechos, a corto plazo se podrían suscitar controversias para determinar a quien le asiste la facultad para heredar los derechos agrarios. Esto se agrava si se considera que, de acuerdo a la gráfica de la **Figura E.6**, sólo un porcentaje bajo se dedica realmente a las labores agropecuarias.

**Figura E.6 Actividad económica de los sujetos agrarios del sector social.**

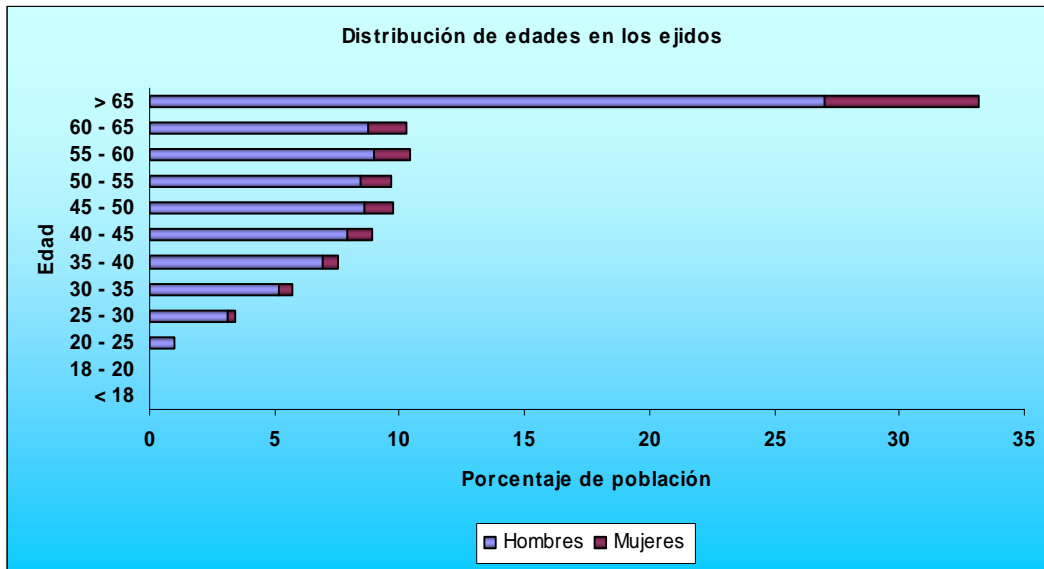


<sup>4</sup> Ejidatario: Campesino titular de derechos agrarios que participa de los bienes ejidales dotados a un núcleo de población.

Avecindado: Mexicano, mayor de edad que ha vivido por más de un año en el núcleo agrario y que ha sido reconocido como tal por el Tribunal Agrario competente.

Poseionario: Campesino que posee en explotación tierras ejidales; es decir, las ocupa, cultiva y cosecha, y que no ha sido reconocido por la asamblea o el Tribunal Agrario competente.

**Figura E.7 Distribución de edades en los ejidos.**



El tamaño medio de superficie por ejidatario es de 8.78 hectáreas, mientras que para los poseesionarios de sólo 3.4 ha. La parcela media es de 3.38 ha para ejidatarios y de 1.56 para poseesionarios, lo que indica posesión de más de una parcela por sujeto en este sector.

### 3. Subsidios.

La apertura comercial seguida por México en los últimos años, ha propiciado el cambio en los esquemas de apoyo al sector agropecuario. Mientras que antes de 1986, el principal instrumento de apoyos al campo eran los precios de garantía, actualmente se manejan tres componentes principales: apoyo a los ingresos de los productores primarios mediante el Programa de Apoyos Directos al Campo (PROCAMPO); apoyos a la comercialización de productos agropecuarios mediante el Programa de Apoyo a la Comercialización y desarrollo de Mercados Regionales; y la Alianza para el Campo, que busca el fomento de actividades productivas por medio de la capitalización de unidades productivas, dotación de insumos, transferencia de tecnología, asistencia técnica y sanidad agropecuaria. Los dos primeros programas se operan mediante Apoyos y Servicios a la Comercialización (ASERCA), mientras que el tercero lo opera directamente la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Durante el período de 1996 – 2000, los subsidios destinados al sector agropecuario ascendieron a más de 80 mil millones de pesos, equivalentes al 8% del PIB agropecuario del período, a precios del 2000. De este monto, el 61% se aplicó a través de PROCAMPO; el 21% a través de Alianza para el Campo y el resto mediante Apoyos a la Comercialización.

#### 3.1 Programa de Apoyos al Campo (PROCAMPO)

El Programa de apoyos Directos al Campo (PROCAMPO), es un subsidio directo que el gobierno federal otorga a través de la SAGARPA. Tiene como objetivo específico apoyar el ingreso de los productores rurales.

El apoyo de PROCAMPO consiste en la entrega de recursos monetarios por cada hectárea o fracción de ésta, que se efectúa cuando el productor siembra la superficie registrada (elegible) en el Programa, o bien la mantiene en explotación pecuaria, forestal o la destina a algún proyecto ecológico, y cumple con lo establecido en la normatividad operativo.

No provoca distorsiones de mercado ni de los precios de los productos. Es un apoyo que no influye en las decisiones de producción, al permitir que el productor elija libremente el tipo de cultivo que siembra y la forma en que produce. Además de incorporar a un sector de productores rurales más amplio y diversificado. Entre aquellos que reciben el apoyo, la mayor parte son de bajos ingresos, y más de la mitad usan toda o casi toda su producción para el consumo familiar.

Para el año fiscal 2004, Las reglas de Operación del PROCAMPO, establece los siguientes montos de apoyo:

“...Los predios de temporal identificados en los estratos I y II en la base de datos en el ciclo agrícola PV 2002 recibirán en el ciclo agrícola PV 2004 \$1,120.00 (un mil ciento veinte pesos 00/100 M.N.) por hectárea. El resto de los predios del ciclo agrícola PV 2004 y todos los predios del ciclo agrícola OI 2004/2005 recibirán el apoyo por hectárea a razón de \$935.00 (novecientos treinta y cinco pesos 00/100 M.N.)...”

### **3.2 Programa de Apoyos Directos al Productor por Excedentes de Comercialización para Reconversión Productiva, Integración de Cadena Alimentarias y Atención a Factores Críticos.**

Para el año fiscal de 2003, la SAGARPA a través de ASERCA instrumenta un nuevo esquema de apoyos mediante el *Programa de Apoyos Directos al Productor por Excedentes de Comercialización Para Reconversión Productiva, Integración de Cadena Alimentarias y Atención a Factores Críticos*, destacando por su innovación los siguientes subprogramas:

- Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo.
- Subprograma de apoyos Directos para el Sacrificio de Ganado Bovino y Porcino en Rastros Tipo Inspección Federal (TIF) y para Porcinos en Rastros Registrados en Proceso de Certificación TIF.
- Subprograma de Apoyos Directos al acceso de Granos Forrajeros Nacionales.
- Subprograma de Apoyos Directos para la Conversión de Cultivos.
- Subprograma de Apoyos para la Adquisición de Cobertura de Precios Agropecuarios.
- Subprograma de Apoyos a la Pignoración.
- Esquema de Apoyos a la Explotación y/o Cabotaje de Precios Agropecuarios.
- Esquema de Apoyos para la Agricultura por Contrato.
- Esquema de Apoyos para la Atención de Factores Críticos de Comercialización de Productos Agrícolas.

En las Reglas de Operación del Programa, publicadas el 17 de junio de 2003, en el Artículo 6. Tipos de Apoyo, se establecen 5 tipos de subsidio en función de la disponibilidad presupuestaria:

Los apoyos otorgados directamente a los productores o a las organizaciones de productores, cuando así se determine, a través del Subprograma de Apoyos Directos al Ingreso Objetivo orientados a garantizar un ingreso mínimo al productor.

Los apoyos directos canalizados al productor pecuario, mediante el Subprograma de Apoyos Directos para el Sacrificio de Ganado Bovino y Porcino en Rastros TIF y para Porcinos en Rastros Registrados

en Proceso de Certificación como TIF; así como el Subprograma de Apoyos Directos al Acceso a Granos Forrajeros Nacionales; orientados al aumento de la competitividad de este sector.

Los apoyos canalizados a los productores u organizaciones de productores a través del Subprograma de Apoyos para la Conversión de Cultivos, tendiente a la instrumentación de proyectos regionales que permitan reorientar los mercados de los productos a cultivos con demanda insatisfecha y de mayor rentabilidad, con un uso adecuado de los recursos naturales, principalmente suelo y agua.

El Subprograma de Apoyos para la Adquisición de Coberturas de Precios Agropecuarios, a través del cual se subsidia al productor y/o al comprador un porcentaje del costo de la prima de la cobertura, a efecto de dar certidumbre en la comercialización de los productos.

Los apoyos canalizados a los productores a través de sus organizaciones y/o a través de los compradores, orientados al desplazamiento de las cosechas excedentarias y/o con problemas de comercialización, mediante la compensación de las bases nacionales referidas a los costos financieros, costos de almacenaje y costos de fletes, entre otros apoyos; subsidios que se canalizan a través del “Subprograma de Apoyos para la Pignoración” y los Esquemas de “Apoyos para la Exportación y/o Cabotaje o Flete Terrestre”, “Apoyos para la Agricultura por Contrato” y “Apoyos para la Atención a Factores Críticos de Comercialización de Productos Agrícolas”; estos últimos, orientados a respaldar Proyectos Productivos para la constitución de fondos de los productores u organizaciones de productores que se apliquen como garantías líquidas para la obtención de financiamientos para la ejecución de tales proyectos, así como a la compensación de los efectos de las contingencias del mercado a fin de evitar el congestionamiento en la comercialización de las cosechas.

Los subsidios de interés para el presente análisis corresponden al de los apoyos otorgados al ingreso objetivo y la de conversión de cultivos.

En el primer subprograma, se establece el ingreso objetivo por tonelada para 10 cultivos. En caso de que el precio de mercado que obtenga el productor por la venta de su producto sea menor al Ingreso Objetivo, la SAGARPA por conducto de ASERCA, otorgará la diferencia a través del Apoyo Complementario al Ingreso. En la **Tabla E.1** se presenta el ingreso objetivo de los cultivos que entran en este subprograma.

**Tabla E.1. Monto del Apoyo al Ingreso Objetivo.**

Productos Elegibles	Ingreso Objetivo (\$ / ton)
Maíz	1,650.00
Trigo	1,800.00
Sorgo	1,270.00
Cártamo	3,300.00
Canola	3,500.00
Algodón	<sup>1/</sup>
Arroz	2,100.00
Soya	3,000.00
Triticale	1,800.00
Trigo forrajero	1,525.00

<sup>1/</sup> En el caso de este cultivo el Ingreso Objetivo se garantiza al precio de 64 centavos de dólar por libra de algodón pluma; en los términos de los Lineamientos Específicos que se emitan para este cultivo.

En el Subprograma de Apoyos para la Conversión de Cultivos, los Gobiernos de los Estados a través de sus áreas de desarrollo agropecuario y con la colaboración de las autoridades municipales, integrarán diagnósticos y estrategias de desarrollo regional consensuadas con los productores y sus organizaciones en cada ámbito, que se someterán a la opinión del Consejo Estatal de Desarrollo Rural Sustentable; con base en lo anterior, se procederá conforme a lo siguiente:

Los Gobiernos de los Estados constituirán un grupo técnico especializado con la participación de la Delegación de la SAGARPA, la Dirección Regional de ASERCA, el INIFAP, FIRCO y SEMARNAT, el cual tendrá la responsabilidad de coordinar los trabajos tendientes a determinar las coordenadas geográficas de los polígonos e identificar los predios que se localizan dentro de ellos y con base en los diagnósticos, elaborará un proyecto regional que deberá identificar las áreas y predios susceptibles de conversión en los términos de la definición de este instrumento, adicionalmente planteará las opciones de cambio de uso del suelo o actividades sustentables para cada una de ellas, todo ello soportado en estudios de factibilidad que contengan el punto de vista técnico, económico, financiero y ambiental. Cuando sea posible, se elaborarán proyectos modelo para cada una de esas alternativas, los cuales deberán contener metas, costos y calendario de ejercicios presupuestales, entre otros conceptos.

El Proyecto Regional será elaborado y presentado por el Gobierno del Estado ante oficinas centrales de ACERCA para su aprobación, el cual servirá de sustento para establecer los Lineamientos Específicos del Subprograma que publicará la SAGARPA por conducto de ASERCA en el DOF, a más tardar quince días posteriores de su aprobación.

El apoyo será otorgado directamente a los productores por hectárea o por tonelada que bajo el contexto de conversión productiva hayan sustituido la superficie sembrada del producto anterior, por la siembra del producto sustituto en las regiones ubicadas dentro de los polígonos que determinó el proyecto regional aprobado por ASERCA.

En caso de que existan productores con predios que no estén dentro del polígono y/o fundamentados en el estudio de potencial productivo, el Gobierno del Estado podrá solicitar al INIFAP la realización del estudio y, en su caso, la incorporación de los predios al polígono respectivo. Para este último caso, el apoyo estará condicionado a la disponibilidad presupuestal de ASERCA.

La Dirección Regional emitirá el apoyo a la Solicitud de Inscripción que sea dictaminada como procedente, conforme a la mecánica de entrega que se establezca en los Lineamientos Específicos y en las ventanillas que al efecto designe la Dirección Regional. El pago se hará como máximo durante los 30 días hábiles posteriores al dictamen de procedencia de la solicitud.

En la **Tabla E.2**, se presenta el avance de este Programa al mes de junio del ejercicio fiscal 2004. Como puede apreciarse en esta tabla, el maíz representa el 75.8% de la inversión de los Apoyos Directos del Ingreso Objetivo y el 89.3% del volumen de producción.

**Tabla E.2 Programa de Apoyos Directos al Productor por Excedentes de Comercialización para Reconversión Productiva, Integración de Cadena Alimentarias y Atención a Factores Críticos. Ejercicio Fiscal 2004**

SUBPROGRAMA / PRODUCTO / CICLO AGRÍCOLA	PRESUPUESTO EJERCIDO (al 30 de Junio de 2004)		
	Volumen (ton)	Apoyo Promedio	Monto (\$)
<b>APOYOS DIRECTOS AL INGRESO OBJETIVO</b>	<b>2,487,706.041</b>	<b>202.90</b>	<b>523,869,970.84</b>
ALGODÓN	23,538.620	1,225.03	28,835,442.19
Otoño-Invierno 2002/2003 y Primavera-Verano 2003	23,538.620	1,225.03	28,835,442.19
ARROZ	126,953.070	500.00	63,476,531.00
Primavera-Verano 2003 (Pagos Pendientes)	110.320	500.00	55,160.00
Primavera-Verano 2003	126,842.750	500.00	63,421,371.00
CANOLA	200.830	726.28	145,858.80
Otoño-Invierno 2002/2003 (Pagos Pendientes)	76.860	930.00	71,479.80
Primavera-Verano 2003	123.970	599.98	74,379.00
CÁRTAMO	813.282	1,200.00	975,940.80
Otoño-Invierno 2002/2003 (Pagos Pendientes)	367.202	1,200.00	440,642.40
Primavera-Verano 2003	446.080	1,200.01	535,298.40
MAÍZ	2,220,946.982	178.90	397,322,987.05
Blanco	2,042,203.122	171.93	351,123,633.92
Otoño-Invierno 2002/2003 (Pagos Pendientes)	9,354.772	311.54	2,914,389.40
Primavera-Verano 2003	1,740,101.220	174.87	304,297,174.57
Otoño-Invierno 2003/2004	292,747.130	150.00	43,912,069.95
Amarillo	178,743.860	258.47	46,199,353.13
Primavera-Verano 2003	178,743.860	258.47	46,199,353.13
SORGO	16,478.188	139.47	2,298,170.90
Otoño-Invierno 2002/2003 (Pagos Pendientes)	2,353.338	256.31	603,188.66
Primavera-Verano 2003	14,124.850	120.00	1,694,982.24
SOYA	15,726.290	200.00	3,145,258.80
Primavera-Verano 2003	15,726.290	200.00	3,145,258.80
TRIGO	65,599.089	108.02	7,085,867.96
Otoño-Invierno 2002/2003 (Pagos Pendientes)	2,093.569	351.23	735,316.06
Otoño-Invierno 2003/2004	63,505.520	100.00	6,350,551.90
TRIGO FORRAJERO	13,309.190	48.12	640,459.45
Otoño-Invierno 2003/2004	13,309.190	48.12	640,459.45
OTROS	4,140.500	4,816.68	19,943,453.89
Primavera-Verano 2003	4,140.500	4,816.68	19,943,453.89
<b>APOYOS DIRECTOS PARA CONVERSIÓN DE CULTIVOS <sup>1/</sup></b>	<b>48,238.470</b>	<b>1,113.71</b>	<b>53,723,725.00</b>
GRANOS / PASTOS PERENNES (Chihuahua) - Pagos Pendientes	5,498.390	2,000.00	10,996,770.00
FRIJOL / AVENA FORRAJERA (Durango) - Pagos Pendientes	37.500	650.00	24,375.00
SORGO/ PASTOS PERENNES (Nuevo León) - Pagos Pendientes	6,337.130	1,000.00	6,337,130.00
SORGO/ PASTOS PERENNES (Tamaulipas) - Pagos Pendientes	36,365.450	1,000.00	36,365,450.00
<b>OTROS ESQUEMAS DE APOYOS</b>	<b>30,469.203</b>	<b>3,691.38</b>	<b>112,473,451.00</b>
CONVENIOS DE CONCERTACIÓN (GARANTÍA LIQUIDA)	27,211.340	4,115.37	111,984,771.59
Frijol	27,211.340	4,115.37	111,984,771.59
OTROS	3,257.863	150.00	488,679.41
Sorgo (Tamaulipas) - Pagos Pendientes	3,257.863	150.00	488,679.41
<b>SUBTOTAL APOYOS A LA COMERCIALIZACIÓN</b>	<b>2,518,175.244</b>	<b>274.03</b>	<b>690,067,146.84</b>
APOYOS PARA LA ADQUISICIÓN DE COBERTURAS DE PRECIOS AGROP.	2,569,960.000	123.72	317,957,125.06
COBERTURAS	2,569,960.000	123.72	317,957,125.06
<b>TOTAL</b>	<b>5,088,135.244</b>	<b>198.11</b>	<b>1,008,024,271.90</b>

<sup>1/</sup> No se consideran en el total por estar referido en hectáreas.

Fuente: Dirección General de Política de Comercialización con datos de la Dirección General de Medios de Pagos. ACERCA. "COMERCIALIZACIÓN Resultados Principales. AÑO FISCAL 2004 DEL 1° DE ENERO AL 30 DE JUNIO."

Existen otros apoyos como el Esquema al Estímulo del Diesel de Uso Agropecuario, el cual beneficia a los productores que explotan sus unidades de producción, o sea todos sus predios que mantienen en producción, siempre y cuando utilice maquinaria agropecuaria que usa el diesel como combustible en los procesos de siembra hasta la cosecha, ya sea que ésta sea de su propiedad, la rente o contrate el servicio de maquila. El beneficio que recibe el productor al cumplir con los requisitos, consiste en que puede comprar el diesel a un precio menor o "de estímulo", a como lo compra otra persona que no esté favorecida con este esquema, esto se debe a que el Gobierno Federal no le está cobrando ningún impuesto por el combustible.

### 3.3 Subsidio a la tarifa eléctrica.

A continuación se citan los comentarios realizados por el Subsecretario de Electricidad a principios de septiembre de 2004: "si se llevaran a su costo real, las tarifas aumentarían 58 por ciento para los consumidores residenciales; 16 por ciento para los comerciales; 17 por ciento para servicios; 72 por ciento para el campo y 18 por ciento a la industria<sup>5</sup>".

"El programa social que más recursos recibe del Gobierno federal, no es el Progreso, ni el Oportunidades, ni la educación, ni la salud, sino es el pago a las tarifas eléctricas que no puede pagar el consumidor"

El costo de generación del kilo Watt-hora en 2003, de acuerdo con datos proporcionados por el consultor Atanasio Espinosa, ascendió a 1.32 \$/kWh. Para estimar el monto del subsidio en 2003, se calculó el costo de bombeo de un pozo típico con las siguientes características:

- Caudal promedio: 0.03 m<sup>3</sup>/s
- Carga hidráulica: 120 m
- Eficiencia hidráulica y electromecánica: 0.45
- Dotación anual 350 000 m<sup>3</sup>

Con estas características, el pozo típico requeriría de 78.4 kWh para extraer el caudal, con la carga hidráulica y la eficiencia hidráulica y electromecánica especificados; necesitaría 3 241 horas para extraer el volumen de dotación anual, con un consumo aproximado de 254 196 kWh. Para las tarifas eléctricas establecidas del 2003, el costo total de extracción del volumen de dotación asciende a \$99 134, por lo que la tarifa promedio en todo el año sería del orden de 37.4 centavos por kWh.

Esto implica que el subsidio promedio para la tarifa eléctrica para uso agrícola en San Luis Potosí, fue de  $100 \cdot (1 - 0.373/1.32) = 71.7\%$ , valor que coincide con las declaraciones del funcionario de la Secretaría de Energía. El costo del millar de metros cúbicos, por concepto de consumo de energía eléctrica sería de 271 \$/dam<sup>3</sup>.

En la **Tabla E.3** se presenta la secuencia de cálculo para la estimación del costo de la tarifa eléctrica.

<sup>5</sup> Periódico Reforma, Septiembre 8 de 2004

**Tabla E.3 Cálculo del costo de la energía eléctrica.**

Meses	t* < 5,000	5,001 < t < 15,000	15,001 < t < 35,000	t > 35,000	Consumo Promedio (kWh)	Horas de Bombeo
Ene	0.30000	0.33600	0.36700	0.40100	22,877.6	292
Feb	0.30600	0.34300	0.37400	0.40900	22,115.1	282
Mar	0.31200	0.35000	0.38100	0.41700	28,724.2	366
Abr	0.31800	0.35700	0.38900	0.42500	26,944.8	344
May	0.32400	0.36400	0.39700	0.43400	24,402.8	311
Jun	0.33000	0.37100	0.40500	0.44300	20,589.9	263
Jul	0.33700	0.37800	0.41300	0.45200	14,235.0	181
Ago	0.34400	0.38600	0.42100	0.46100	17,539.5	224
Sep	0.35100	0.39400	0.42900	0.47000	16,268.5	207
Oct	0.35800	0.40200	0.43800	0.47900	18,556.3	237
Nov	0.36500	0.41000	0.44700	0.48900	23,894.4	305
Dic	0.37200	0.41800	0.45600	0.49900	18,047.9	230
<b>Total</b>					<b>254,196.1</b>	<b>3241</b>

t\* = tarifa 09M \$/ kWh

Meses	Costo < 5,000	5,001 < Costo < 15,000	15,001 < Costo < 35,000	Costo > 35,000	Costo Total (\$)	Costo kWh Promedio
Ene	1500.00	3360.00	2891.10	0.00	7,751.10	0.33881
Feb	1530.00	3430.00	2661.03	0.00	7,621.03	0.34461
Mar	1560.00	3500.00	5228.90	0.00	10,288.90	0.35820
Abr	1590.00	3570.00	4646.52	0.00	9,806.52	0.36395
May	1620.00	3640.00	3732.92	0.00	8,992.92	0.36852
Jun	1650.00	3710.00	2263.90	0.00	7,623.90	0.37027
Jul	1685.00	3490.82	0.00	0.00	5,175.82	0.36360
Ago	1720.00	3860.00	1069.14	0.00	6,649.14	0.37909
Sep	1755.00	3940.00	544.21	0.00	6,239.21	0.38351
Oct	1790.00	4020.00	1557.67	0.00	7,367.67	0.39704
Nov	1825.00	4100.00	3975.81	0.00	9,900.81	0.41436
Dic	1860.00	4180.00	1389.85	0.00	7,429.85	0.41167
<b>Subtotal</b>	<b>5,475.00</b>	<b>12,300.00</b>	<b>6,923.33</b>	<b>0.00</b>	<b>94,846.88</b>	<b>0.37312</b>

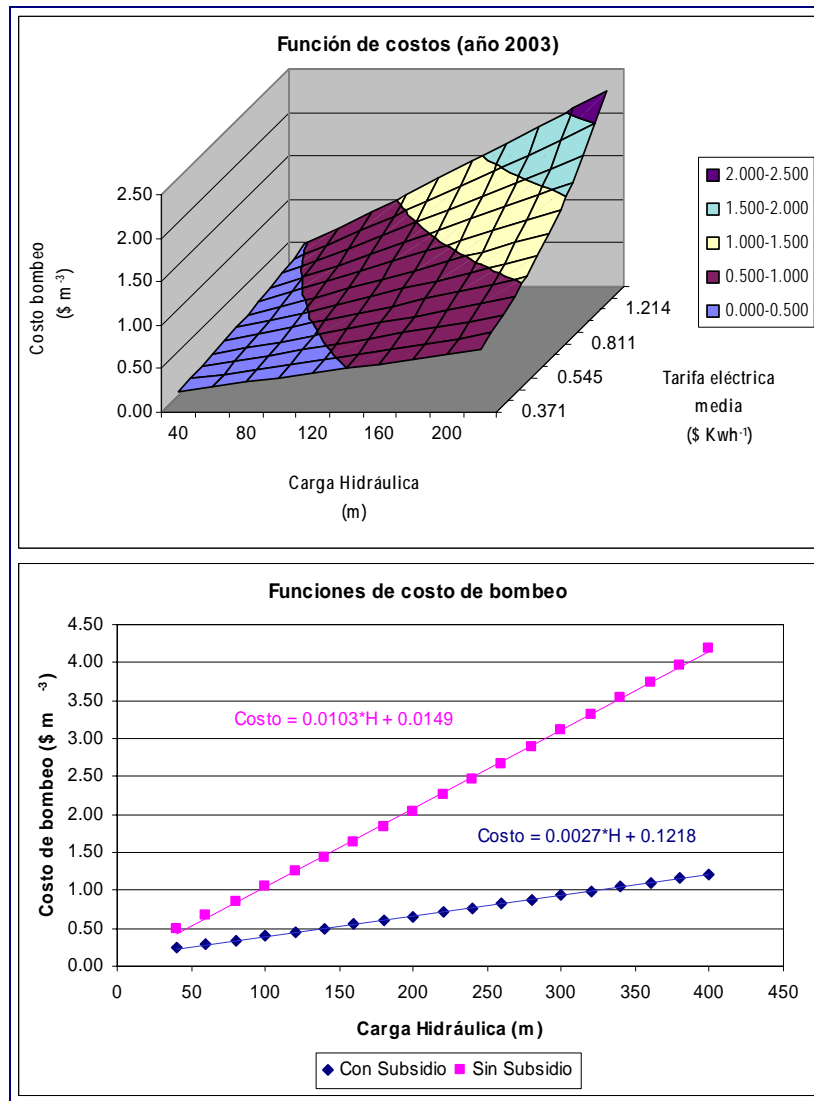
Si a los costos de energía se le agregan los debidos a depreciación del equipo, reparaciones y otros costos de operación, el costo del metro cúbico bombeado para 2003 ascendería a 0.476 \$/m<sup>3</sup>. En la **Tabla E.4** se presentas estos costos adicionales, en la **Figura E.8** se presenta la función de costos al variar la carga hidráulica y la tarifa eléctrica, así como las funciones de costo con respecto a la carga, para la tarifa promedio en el 2003, con subsidio y sin subsidio.



Tabla E.4 Costos de bombeo.

Concepto	Costo	
	Anual (\$)	\$ dam <sup>-3</sup>
Costos Directos		
Energía eléctrica	94,847	270.99
Costo de reparación de bomba	15,600	44.57
Servicio anual de mantenimiento	5,700	16.29
Lubricantes y otros gastos	4,000	11.43
<i>Subtotal</i>	<i>120,147</i>	<i>343.28</i>
Costos Indirectos		
Depreciación Pozo	26,629	76.08
Depreciación Motor, Bomba y Subestación	19,842	56.69
<i>Subtotal</i>	<i>46,471</i>	<i>132.77</i>
<b>Costo total por millar de m<sup>3</sup></b>		<b>476.05</b>

Figura E.8 Funciones de costo de bombeo.



#### 4. Superficies regadas.

Un problema que generalmente se encuentra en las zonas de riego que se abastecen de aguas subterráneas, es la falta de información referente a estadísticas agrícolas y volúmenes de extracción. Esto se debe a que la SAGARPA maneja sus estadísticas a escala de centros de apoyo, municipios y distritos de desarrollo rural, y generalmente los límites de las zonas de riego abastecidas por los acuíferos no coinciden con ninguna de estas divisiones. Por otro lado, la Comisión Nacional del Agua sólo maneja estadísticas de uso del agua de los Distritos de Riego, por lo que no existe una institución que lleve a cabo la recopilación de esta información en las Unidades de Riego para el Desarrollo Rural, que es donde se encuentran ubicados la mayoría de los acuíferos de México.

En estos casos, es de gran utilidad el uso de imágenes provenientes de sensores remotos combinados con Sistemas de Información Geográficos. Con estas dos herramientas es posible definir las fracciones de superficie agrícola de cada municipio que queda comprendido dentro de la zona de riego de un acuífero. Posteriormente con las estadísticas de SAGARPA a escala municipal, se puede realizar una estimación del patrón de cultivos dentro del acuífero. Una vez definido el patrón, es posible realizar una estimación de los volúmenes de extracción, al suponer una lámina media para cada cultivo y multiplicarlas por las superficies del patrón.

Primero es necesario contar con los polígonos que definen los límites de los acuíferos y de los municipios. Para los acuíferos se utilizaron las coordenadas de los límites administrativos publicados en el Diario Oficial de la Federación el 31 de enero de 2003, mientras que para el límite de los municipios se utilizó el Marco Geográfico Municipal del año 2000, generado por INEGI. Con el fin de poder realizar operaciones con superficies, los polígonos se proyectaron al sistema Universal Transversa de Mercator, zona 14 norte, el cual especifica las coordenadas en metros.

Se realizaron operaciones de álgebra de mapas para poder definir las áreas de los municipios que quedaban incluidos en los límites administrativos de los acuíferos. De estas operaciones resultaron nuevos polígonos de las partes recortadas de los municipios para cada acuífero.

Para las imágenes provenientes de sensores remotos, se utilizaron dos escenas del sensor ETM+ del satélite Landsat 7, tomadas el 19 de marzo del año 2000; con estas escenas se cubre completamente el área de los tres acuíferos en estudio (escenas 28/44 y 28/45, del sistema de referencia mundial, segunda versión).

Las imágenes de satélite son matrices con datos de respuesta espectral de objetos terrestres. Las mediciones se realizan sobre bandas de muestreo del espectro electromagnético, por lo que estas bandas pueden considerarse como diferentes *colores*; con la característica que muchas bandas de muestreo se realizan fuera del espectro visible. El sensor ETM+ cuenta con 8 bandas, de las cuales de la 1 a la 5 y la 7, tienen una resolución de 30 m, la banda 8 (pancromática) tiene una resolución de 15 metros y la banda 6 (térmica) de 60 metros.

Para poder detectar cultivos en las áreas de interés, se utilizó un clasificador genérico de objetos desarrollado por el Colegio de Postgraduados<sup>6</sup>, el cual permite transformar las matrices de

<sup>6</sup> Palacios S. L. A., Paz P. F., Oropeza M. J. L., Figueroa S. B., Martínez M. M., Ortiz S. C. A., Exebio G. A. 2004., Clasificador Genérico de Objetos en Imágenes ETM+. Remitido a la revista *Agrociencia*.

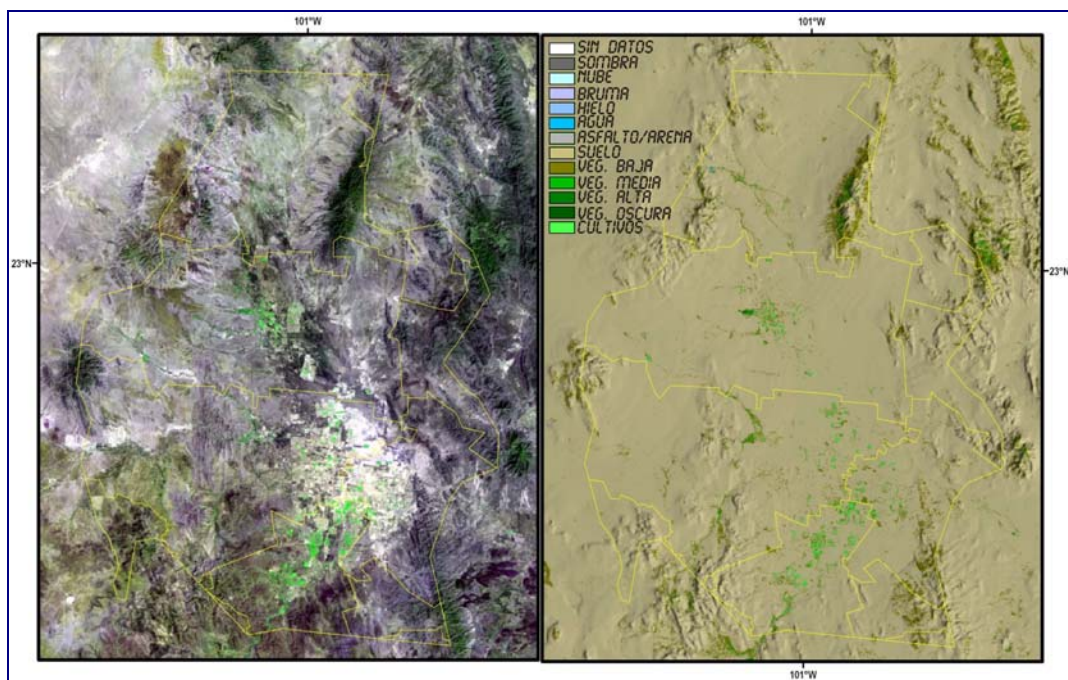
valores de las diferentes bandas en clases temáticas y así poder contabilizar puntos elementales de la imagen (píxeles). El algoritmo no separa específicamente cultivos, sino que clasifica la vegetación en cuatro clases distintas que posteriormente se pueden reclasificar mediante procedimientos de fotointerpretación y procedimientos de álgebra de mapas.

En las **Figuras E.9 a E.11**, se presentan pares de imágenes para cada límite administrativo de los acuíferos, la primera corresponde a una composición en falso color, al combinar las bandas 1 como azul, 4 como verde y 3 como roja. Con esta combinación se genera una composición de azul - infrarrojo cercano - rojo, por lo que no es color verdadero; sin embargo, con esta combinación resalta en verde brillante la vegetación vigorosa. La otra imagen del par, corresponde al resultado de la clasificación genérica, sobrepuesto a un sombreado por relieve. De esta segunda imagen es donde se realizó un conteo de píxeles por clase de los recortes de polígonos municipales, para determinar la superficie al multiplicar el número de píxeles por 0.09 hectáreas que es la resolución de un píxel (30 x 30 m).

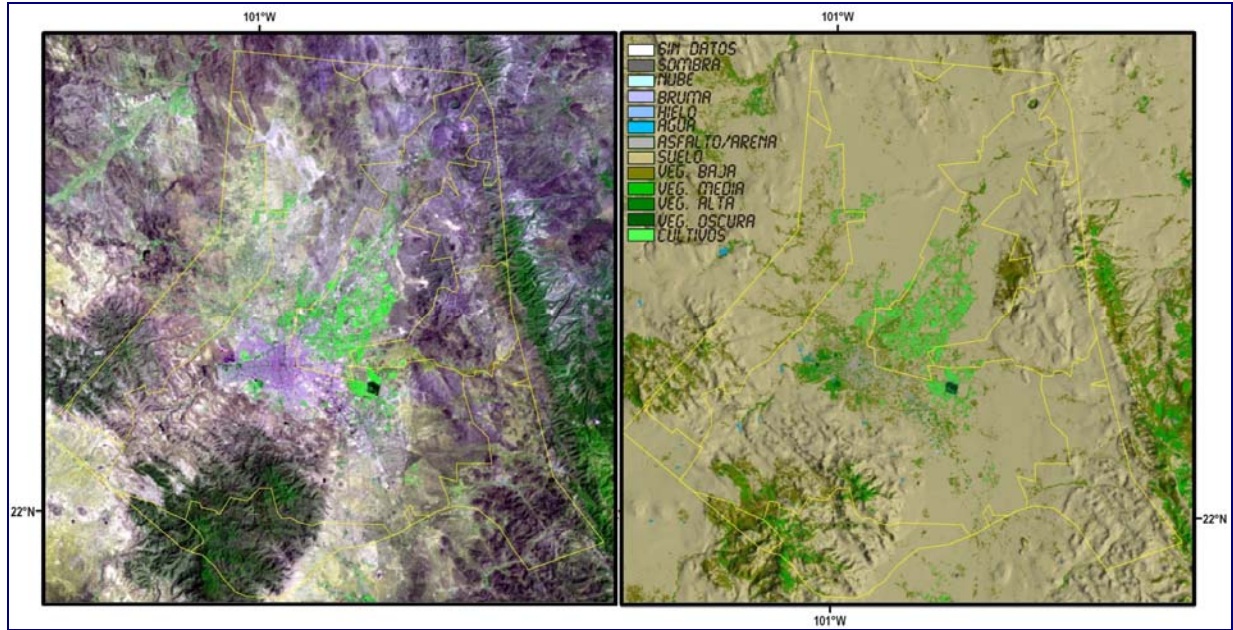
En la clasificación, el suelo corresponde a suelo desnudo, material vegetal senescente o con cobertura de vegetación inferior a un tercio de la superficie.

El municipio de San Luis Potosí fue el que tuvo problemas, ya que la zona de riego de éste, abarca los acuíferos de Villa de Arista y el de San Luis Potosí. Al realizar operaciones de álgebra de mapas, el polígono de los límites de este municipio queda segmentado con la porción correspondiente a cada acuífero. Del conteo de píxeles de cultivos en cada acuífero, resultó que el 46% de la zona de riego del municipio le corresponde a Villa de Arista y el 54% restante al de San Luis Potosí. La ventaja de la fecha del paso del satélite, es que en marzo no existe posibilidad de que haya cultivos de temporal (ver **Figura E.4**), por lo que los cultivos detectados son de riego; adicionalmente, están presentes los cultivos finales de otoño - invierno, los iniciales de primavera - verano y los perennes.

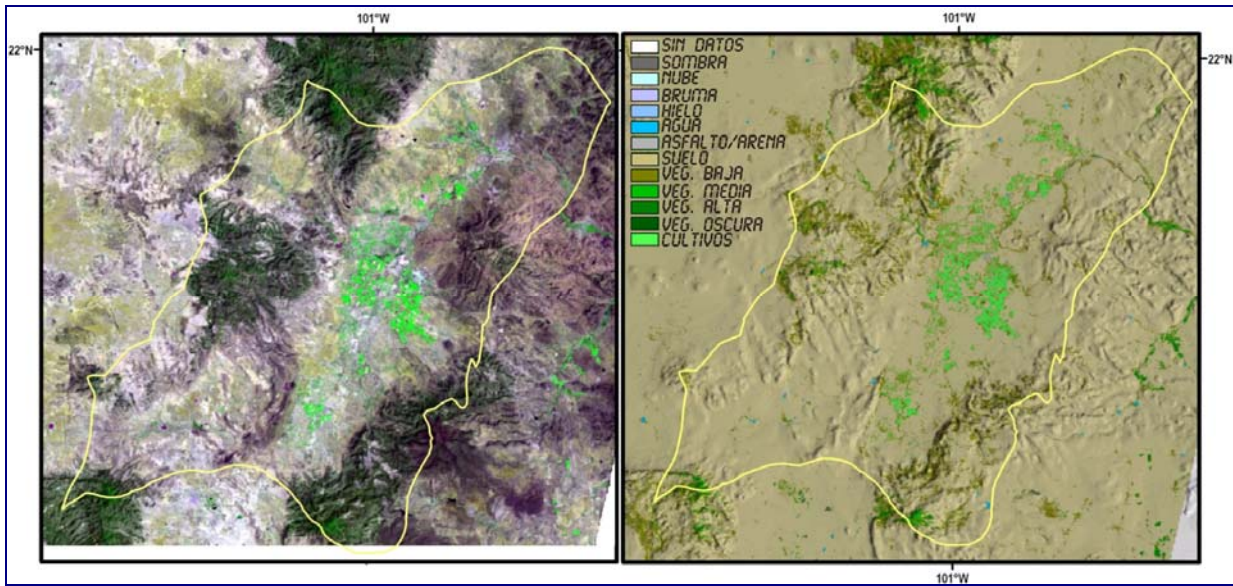
**Figura E.9** Resultado de la clasificación genérica de objetos en el acuífero Villa de Arista.



**Figura E.10 Resultado de la clasificación genérica de objetos en el acuífero de San Luis Potosí.**



**Figura E.11 Resultado de la clasificación genérica de objetos en el acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes.**



En las **Tablas E.5 a E.10** se presenta el patrón de cultivos supuesto a partir de la información estadística municipal del Sistema de Información Agrícola y Pecuaria de la SAGARPA y el procedimiento anterior.

**Tabla E.5 Superficie sembrada en el acuífero de Villa de Arista, año agrícola 2001.**

Ciclo/Cultivo	Sembrada ha	Cosechada ha	Producción ton	Valor \$	Rendimiento ton/ha	Precio medio rural (\$/ton)
Otoño-Invierno						
Ajo	20.0	0.0	0.0	0	0.0	0
Avena forrajera achicalada	115.0	115.0	575.0	690,000	5.0	1,200
Avena forrajera en verde	517.0	502.0	6,024.0	1,838,280	12.0	305
Avena grano	15.0	15.0	37.5	37,500	2.5	1,000
Brócoli	6.9	6.9	207.0	414,000	30.0	2,000
Lechuga	70.2	70.2	2,106.0	2,082,244	30.0	989
Zanahoria	9.2	9.2	69.0	77,108	7.5	1,118
<b>Subtotal</b>	<b>753.3</b>	<b>718.3</b>	<b>9,018.5</b>	<b>5,139,132</b>		
Primavera - verano						
Brócoli	16.1	16.1	450.8	563,500	28.0	1,250
Calabacita	36.9	36.9	832.8	1,178,820	22.6	1,415
Cebolla cambray	13.8	13.8	207.0	155,250	15.0	750
Chile seco	1,534.2	1,531.9	2,515.4	65,097,000	1.6	25,880
Chile verde	437.6	436.7	10,000.2	46,100,250	22.9	4,610
Col (repollo)	23.0	23.0	644.0	418,600	28.0	650
Coliflor	6.9	6.9	193.2	125,580	28.0	650
Frijol	252.8	252.8	434.2	3,279,400	1.7	7,553
Lechuga	107.0	107.0	3,026.0	1,966,900	28.3	650
Maíz grano	851.2	851.2	2,772.1	4,113,704	3.3	1,484
Tomate rojo (jitomate)	3,176.4	2,821.2	46,718.0	108,836,000	16.6	2,330
Tomate verde	35.5	35.5	532.8	1,065,600	15.0	2,000
<b>Subtotal</b>	<b>6,491.4</b>	<b>6,133.0</b>	<b>68,326.4</b>	<b>232,900,604</b>		
Perennes						
Alfalfa verde	1,734.2	1,734.2	190,943.5	71,485,785	110.1	374
Durazno	10.0	10.0	14.0	84,000	1.4	6,000
Manzana	1.5	1.5	6.0	36,000	4.0	6,000
Nuez de castilla	6.0	6.0	15.0	52,500	2.5	3,500
Pastos y praderas en verde	50.0	50.0	200.0	200,000	4.0	1,000
<b>Subtotal</b>	<b>1,801.7</b>	<b>1,801.7</b>	<b>191,178.5</b>	<b>71,858,285</b>		
<b>Total</b>	<b>9,046.4</b>	<b>8,653.0</b>	<b>268,523.4</b>	<b>309,898,020</b>		

**Tabla E.6 Superficie sembrada en el acuífero de Villa de Arista, año agrícola 2002.**

Ciclo/Cultivo	Sembrada ha	Cosechada ha	Producción ton	Valor \$	Rendimiento ton/ha	Precio medio rural (\$/ton)
Otoño-Invierno						
Ajo	11.9	11.9	91.4	1,086,300	7.7	11,885
Avena forrajera achicalada	160.0	160.0	760.0	760,000	4.8	1,000
Avena forrajera en verde	268.0	268.0	3,216.0	982,680	12.0	306
Brócoli	18.4	18.4	552.0	910,800	30.0	1,650
Cebada forrajera achicalada	13.0	13.0	52.0	52,000	4.0	1,000
Cebolla	20.0	20.0	360.0	540,000	18.0	1,500
Col (repollo)	10.1	10.1	303.6	258,060	30.0	850
Lechuga	66.0	56.0	1,680.0	1,527,000	30.0	909
Zanahoria	8.3	8.3	149.0	141,588	18.0	950
<i>Subtotal</i>	<i>575.7</i>	<i>565.7</i>	<i>7,164.0</i>	<i>6,258,428</i>		
Primavera - Verano						
Calabacita	10.0	10.0	200.0	750,000	20.0	3,750
Cebolla cambray	10.0	10.0	180.0	189,000	18.0	1,050
Chile seco	1,666.0	1,666.0	2,624.0	57,480,000	1.6	21,905
Chile verde	211.8	211.8	3,742.4	12,998,400	17.7	3,473
Col (repollo)	9.2	9.2	276.0	207,000	30.0	750
Coliflor	4.6	4.6	138.0	106,950	30.0	775
Frijol	100.0	100.0	172.0	904,000	1.7	5,256
Lechuga	107.0	107.0	3,210.0	2,407,500	30.0	750
Maíz forrajero en verde	27.6	27.6	966.0	289,800	35.0	300
Maíz grano	759.0	759.0	2,776.0	3,920,800	3.7	1,412
Pepino	5.0	5.0	125.0	250,000	25.0	2,000
Tomate rojo (jitomate)	2,872.6	2,872.6	67,136.4	78,885,480		
<i>Subtotal</i>	<i>5,782.8</i>	<i>5,782.8</i>	<i>81,545.8</i>	<i>158,388,930</i>		
Perennes						
Alfalfa verde	1,739.2	1,739.2	177,792.8	54,217,351	102.2	305
Durazno	10.0	10.0	45.0	270,000	4.5	6,000
Manzana	1.5	1.5	6.0	30,000	4.0	5,000
Nuez de castilla	6.0	6.0	15.0	225,000	2.5	15,000
Pastos y praderas seco	50.0	50.0	250.0	225,000	5.0	900
<i>Subtotal</i>	<i>1,806.7</i>	<i>1,806.7</i>	<i>178,108.8</i>	<i>54,967,351</i>		
<b>Total</b>	<b>8,165.2</b>	<b>8,155.2</b>	<b>266,818.7</b>	<b>219,614,709</b>		

Para el año 2004, productores del acuífero de Villa de Arista reportan unas 10 000 hectáreas sembradas, de las cuales la mitad corresponde al cultivo de alfalfa y el resto a hortalizas y muy poco maíz. Sin embargo, en el recorrido de campo no se apreció una superficie tan extensa de alfalfa, por lo que sería conveniente obtener las estadísticas agrícolas de la SAGARPA para este año.

**Tabla E.7 Superficie sembrada en el acuífero de San Luis Potosí,  
año agrícola 2001.**

Ciclo/Cultivo	Sembrada ha	Cosechada ha	Producción ton	Valor \$	Rendimiento ton/ha	Precio medio rural (\$/ton)
Otoño-Invierno						
Acelga	6.0	6.0	36.0	36,000	6.0	1,000
Avena forrajera en verde	408.0	408.0	4,896.0	1,530,720	12.0	313
Brócoli	8.0	8.0	243.0	486,000	30.4	2,000
Cilantro	8.0	8.0	40.0	40,000	5.0	1,000
Col (repollo)	8.0	8.0	240.0	240,720	30.0	1,003
Coliflor	8.0	8.0	240.0	249,290	30.0	1,039
Lechuga	125.0	125.0	3,744.0	3,701,768	30.0	989
Rábano	8.0	8.0	40.0	40,000	5.0	1,000
Zanahoria	10.8	10.8	81.0	90,518	7.5	1,118
<i>Subtotal</i>	<i>589.8</i>	<i>589.8</i>	<i>9,560.0</i>	<i>6,415,016</i>		
Primavera - Verano						
Acelga	25.0	25.0	150.0	900	6.0	6
Brócoli	18.9	18.9	529.2	661,500	28.0	1,250
Calabacita	20.1	20.1	277.2	198,180	13.8	715
Cebolla cambray	41.2	41.2	618.0	463,500	15.0	750
Chile seco	291.0	288.0	431.0	8,623,000	1.5	20,007
Chile verde	32.4	31.3	469.8	587,250	15.0	1,250
Cilantro	30.0	30.0	150.0	150,000	5.0	1,000
Col (repollo)	77.0	77.0	2,156.0	1,191,400	28.0	553
Coliflor	38.1	38.1	1,066.8	693,420	28.0	650
Flores	15.0	15.0	120.0	120,000	8.0	1,000
Frijol	117.2	117.2	173.8	1,216,600	1.5	7,000
Lechuga	258.0	258.0	7,224.0	4,695,600	28.0	650
Maíz forrajero en verde	120.0	120.0	4,200.0	1,344,000	35.0	320
Maíz grano	763.8	759.8	2,620.4	3,406,546	3.4	1,300
Sorgo forrajero en verde	100.0	100.0	2,800.0	896,000	28.0	320
Tomate rojo (jitomate)	858.6	793.8	11,907.0	23,814,000	15.0	2,000
Tomate verde	6.5	6.5	97.2	194,400	15.0	2,000
Zempoalxochitl	10.0	10.0	100.0	100,000	10.0	1,000
<i>Subtotal</i>	<i>2,822.8</i>	<i>2,749.9</i>	<i>35,090.4</i>	<i>48,356,296</i>		
Perennes						
Alfalfa verde	2,275.8	2,275.8	265,942.1	85,101,455	116.9	320
Zacate	10.0	10.0	100.0	30,000	10.0	300
<i>Subtotal</i>	<i>2,285.8</i>	<i>2,285.8</i>	<i>266,042.1</i>	<i>85,131,455</i>		
<b>Total</b>	<b>5,698.4</b>	<b>5,625.5</b>	<b>310,692.5</b>	<b>139,902,767</b>		

**Tabla E.8 Superficie sembrada en el acuífero de San Luis Potosí,  
año agrícola 2002.**

Ciclo/Cultivo	Sembrada ha	Cosechada ha	Producción ton	Valor \$	Rendimiento ton/ha	Precio medio rural (\$/ton)
Otoño-Invierno						
Acelga	12.0	12.0	72.0	82,800	6.0	1,150
Ajo	8.1	8.1	48.6	218,700	6.0	4,500
Avena forrajera en verde	462.0	462.0	5,544.0	1,690,920	12.0	305
Brócoli	21.6	21.6	648.0	1,069,200	30.0	1,650
Cilantro	20.0	20.0	100.0	150,000	5.0	1,500
Col (repollo)	31.9	31.9	956.4	782,940	30.0	819
Coliflor	18.0	18.0	540.0	486,000	30.0	900
Lechuga	154.0	154.0	4,620.0	4,158,000	30.0	900
Rábano	18.0	18.0	108.0	135,000	6.0	1,250
Zanahoria	9.7	9.7	175.0	166,212	18.0	950
<i>Subtotal</i>	<i>755.3</i>	<i>755.3</i>	<i>12,812.0</i>	<i>8,939,772</i>		
Primavera - Verano						
Acelga	25.0	25.0	150.0	187,500	6.0	1,250
Calabacita	4.0	4.0	56.0	42,000	14.0	750
Chile seco	324.0	324.0	486.0	9,720,000	1.5	20,000
Chile verde	43.2	43.2	777.6	2,721,600	18.0	3,500
Cilantro	25.0	25.0	150.0	187,500	6.0	1,250
Col (repollo)	70.8	70.8	2,124.0	1,413,000	30.0	665
Coliflor	35.4	35.4	1,062.0	710,550	30.0	669
Frijol	84.0	84.0	126.0	841,500	1.5	6,679
Lechuga	258.0	258.0	7,740.0	5,355,000	30.0	692
Maíz forrajero en verde	112.4	112.4	3,934.0	1,264,200	35.0	321
Maíz grano	751.0	751.0	3,004.0	3,905,200	4.0	1,300
Rábano	8.0	8.0	40.0	42,000	5.0	1,050
Sorgo forrajero en verde	60.0	60.0	1,800.0	594,000	30.0	330
Tomate rojo (jitomate)	842.4	842.4	16,848.0	16,848,000	20.0	1,000
Zempoalxochitl	10.0	10.0	100.0	100,000	10.0	1,000
<i>Subtotal</i>	<i>2,653.2</i>	<i>2,653.2</i>	<i>38,397.6</i>	<i>43,932,050</i>		
Perennes						
Alfalfa verde	2,275.8	2,275.8	254,325.5	76,297,639	111.8	300
Pastos y praderas en verde	10.0	10.0	90.0	27,000	9.0	300
<i>Subtotal</i>	<i>2,285.8</i>	<i>2,285.8</i>	<i>254,415.5</i>	<i>76,324,639</i>		
<b>Total</b>	<b>5,694.3</b>	<b>5,694.3</b>	<b>305,625.1</b>	<b>129,196,461</b>		

Para el caso del acuífero Jaral de Berrio – Villa de Reyes, como es un acuífero interestatal, se muestra la información separada por municipio y estado.



**Tabla E.9. Superficie sembrada en el acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes, año agrícola 2001.**

Ciclo/Cultivo	Sembrada ha	Cosechada ha	Producción ton	Valor \$	Rendimiento ton/ha	Precio medio rural (\$/ton)
<b>San Felipe, Guanajuato</b>						
<i>Otoño - Invierno</i>						
Pastos y praderas en verde	390	390	7,800	1,950,000	20.00	250.00
Avena forrajera en verde	490	490	13,720	6,860,000	28.00	500.00
<i>Subtotal</i>	880	880	21,520	8,810,000		
<i>Primavera - Verano</i>						
Maíz grano	3,386	3,386	13,544	13,544,000	4.00	1000.00
Frijol	1,034	1,034	1,820	10,919,040	1.76	6000.00
Chile verde	1,644	1,644	11,508	45,831,991	7.00	3982.62
Avena forrajera en verde	27	27	675	270,000	25.00	400.00
Trigo grano	3	3	9	13,500	3.00	1500.00
<i>Subtotal</i>	6,094	6,094	27,556	70,578,531		
<i>Perennes</i>						
Alfalfa verde	2,385	2,385	138,330	55,325,084	58.00	399.95
Pastos y praderas en verde	276	276	12,420	2,980,800	45.00	240.00
<i>Subtotal</i>	769	769	26,149	9,854,300		
<b>Total</b>	<b>7,743</b>	<b>7,743</b>	<b>75,225</b>	<b>89,242,831</b>		
<b>Villa de Reyes, San Luis Potosí</b>						
<i>Otoño - Invierno</i>						
Ajo	40	40	320	1,440,000	8.00	4500.00
Avena forrajera en verde	340	340	4,080	1,264,800	12.00	310.00
<i>Subtotal</i>	380	380	4,400			
<i>Primavera - Verano</i>						
Camote	15	15	225	101,250	15.00	450.00
Chile seco	490	490	735	14,700,000	1.50	20000.00
Frijol	600	600	840	5,880,000	1.40	7000.00
Maíz forrajero	200	200	7,000	8,618,100	35.00	1231.16
Maíz grano	1,850	1,850	6,475	8,417,500	3.50	1300.00
Sorgo forrajero	140	140	4,900	1,568,000	35.00	320.00
Jitomate	10	10	200	350,000	20.00	1750.00
<i>Subtotal</i>	3,305	3,305	20,375			
<i>Perennes</i>						
Alfalfa verde	1,500	1,500	175,245	56,078,400	116.83	320.00
Zacate	30	30	300	90,000	10.00	300.00
<i>Subtotal</i>	1,530	1,530	175,545	56,168,400		
<b>Total</b>	<b>5,215</b>	<b>5,215</b>	<b>200,320</b>			
<b>Total acuífero</b>	<b>14,850</b>	<b>400,146</b>	<b>236,202,464</b>			

**Tabla E.10. Superficie sembrada en el acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes, año agrícola 2002.**

Ciclo/Cultivo	Sembrada ha	Cosechada ha	Producción ton	Valor \$	Rendimiento ton/ha	Precio medio rural (\$/ton)
<b>San Felipe, Guanajuato</b>						
<i>Otoño - Invierno</i>						
Rye grass en verde	360	360	3,960	1,584,000	11.00	400.00
Avena forrajera en verde	716	716	20,048	4,009,600	28.00	200.00
<i>Subtotal</i>	<i>1,076</i>		<i>24,008</i>	<i>5,593,600</i>		
<i>Primavera - Verano</i>						
Maíz grano	4,697	4,697	21,137	29,591,100	4.50	1400.00
Frijol	1,249	1,249	1,874	8,618,100	1.50	4600.00
Chile verde	692	692	2,768	11,072,000	4.00	4000.00
Cebada grano	26	26	125	212,160	4.80	1700.00
<i>Subtotal</i>	<i>6,664</i>	<i>6,664</i>	<i>25,903</i>	<i>49,493,360</i>		
<i>Perennes</i>						
Alfalfa verde	2,385	2,385	121,635	48,654,000	51.00	400.00
Pastos y praderas en verde	276	276	12,420	2,980,800	45.00	240.00
<i>Subtotal</i>	<i>2,661</i>	<i>2,661</i>	<i>134,055</i>	<i>51,634,800</i>		
<b>Total</b>	<b>10,401</b>	<b>10,401</b>	<b>183,966</b>	<b>106,721,760</b>		
<b>Villa de Reyes, San Luis Potosi</b>						
<i>Otoño - Invierno</i>						
Ajo	30	30	240	1,140,000	8.00	4750.00
Avena forrajera en verde	400	400	4,800	1,488,000	12.00	310.00
<i>Subtotal</i>	<i>430</i>	<i>430</i>	<i>5,040</i>	<i>2,628,000</i>		
<i>Primavera - Verano</i>						
Maíz grano	2,050	2,050	8,200	10,660,000	4.00	1300.00
Chile seco	600	600	900	18,000,000	1.50	20000.00
Sorgo forrajero en verde	100	100	3,000	990,000	30.00	330.00
Maíz forrajero en verde	250	250	8,750	2,887,500	35.00	330.00
Tomate rojo (jitomate)	10	10	200	200,000	20.00	1000.00
Camote	20	20	600	570,000	30.00	950.00
Frijol	310	310	465	3,022,500	1.50	6500.00
<i>Subtotal</i>	<i>3,340</i>	<i>3,340</i>	<i>22,115</i>	<i>36,330,000</i>		
<i>Perennes</i>						
Alfalfa verde	1,560	1,560	172,177	51,653,160	110.37	300.00
Pastos y praderas en verde	30	30	270	81,000	9.00	300.00
<i>Subtotal</i>	<i>1,590</i>	<i>1,590</i>	<i>172,447</i>	<i>51,734,160</i>		
<b>Total</b>	<b>5,360</b>	<b>5,360</b>	<b>199,602</b>	<b>90,692,160</b>		
<b>Total Acuífero</b>	<b>15,761</b>	<b>15,761</b>	<b>383,568</b>	<b>197,413,920</b>		

## 5. Tecnología de riego.

Los sistemas de riego en los acuíferos están claramente divididos en niveles tecnológicos, con un rango que va del riego por inundación en terrenos no nivelados, hasta sistemas de protección ambiental con riego por goteo en sustrato. Obviamente los beneficios obtenidos de la agricultura también presentan un rango muy amplio, que van de la agricultura de autoconsumo con cultivos como el maíz, hasta actividades empresariales hortícolas y de floricultura.

Sin embargo, en los sistemas de riego como la cintilla de goteo, muchas veces se observaron deficiencias en el diseño del tendido de las tuberías o poco mantenimiento de los goteros. Esto se reflejaba en manchones con encharcamiento por una baja uniformidad de aplicación.

### 5.1 Uso del agua en el acuífero de Villa de Arista.

La zona de riego de Villa de Arista tiene una historia hortícola basada en el tomate, ya que, aunque su siembra se inició en la década de los sesentas, fue en las décadas de los setentas y ochentas que tuvo un auge económico muy importante.

El tipo de riego que se le aplicaba al tomate en 1995, era principalmente goteo, que representaba el 69% de una superficie total de 3 940 ha, le seguía el riego rodado con el 28% y el resto era con riego por aspersión<sup>7</sup>. La situación cambió para 1998, cuando el riego por goteo representó tan sólo el 42% de las 3 630 ha sembradas con tomate, correspondiendo el resto a riego por gravedad.

Para 1998, el riego por goteo representaba el 24% de los cultivos del valle, el 4% se regaba con riego por aspersión y el resto, 72%, con riego por gravedad. Este cambio se debe, entre otras cosas, a una serie de problemas económicos que han venido teniendo los productores de la región, que provocó el retiro de muchas empresas hortícolas.

A principios de los noventa, se presentó una plaga del jitomate conocida como virosis, provocada por un insecto hemíptero llamado *Paratrioza cockerelli*, al que se le conoce con el nombre común de *pulgón saltador*, aunque en realidad es un psilido. En el tomate le causa la enfermedad "permanente del tomate"; éste al igual que su vector, fue descubierto por investigadores mexicanos en la década de los 80, y últimamente se demostró que era un fitoplasma. Se detectó por primera vez en el estado de Guanajuato, causando un 60% de daños en la producción del jitomate, y de sembrarse más de 13 mil hectáreas al año, la superficie se redujo a menos de 2 mil ha.

En la actualidad este insecto se presenta como plaga en cultivos como el chile y el tomate verde, aunque éstos no se ven afectados por el fitoplasma. Una vez detectado el origen de la enfermedad, fue más fácil el control del vector, por lo que se pudo continuar con la siembra del tomate.

En la actualidad pueden encontrarse riegos con goteo y acolchado, aspersión y riegos rodados. Según información de productores, existen alrededor de 2 000 hectáreas de hortalizas con riego por goteo, no se cuenta con información de la superficie regada con aspersión, pero debe ser elevada si la superficie de alfalfa asciende a 5 000 hectáreas, ya que es el riego que más se observó en el recorrido de campo para este cultivo. En la **Figura E.12** se presentan fotos de los cultivos tomadas durante el recorrido de campo, donde se aprecian en la parte superior el riego de chiles con goteo y acolchado, en la parte inferior derecha aspersión en alfalfa y en la inferior derecha maíz con riego rodado.

<sup>7</sup> Maisterrena Z. J. y Mora L. I., Oasis y Espejismo. Proceso e impacto de la agroindustria del jitomate en el valle de Arista, S.L.P., El Colegio de San Luis, 2000.

**Figura E.12 Sistemas de riego en Villa de Arista.**

### 5.2 Uso del Agua en San Luis Potosí.

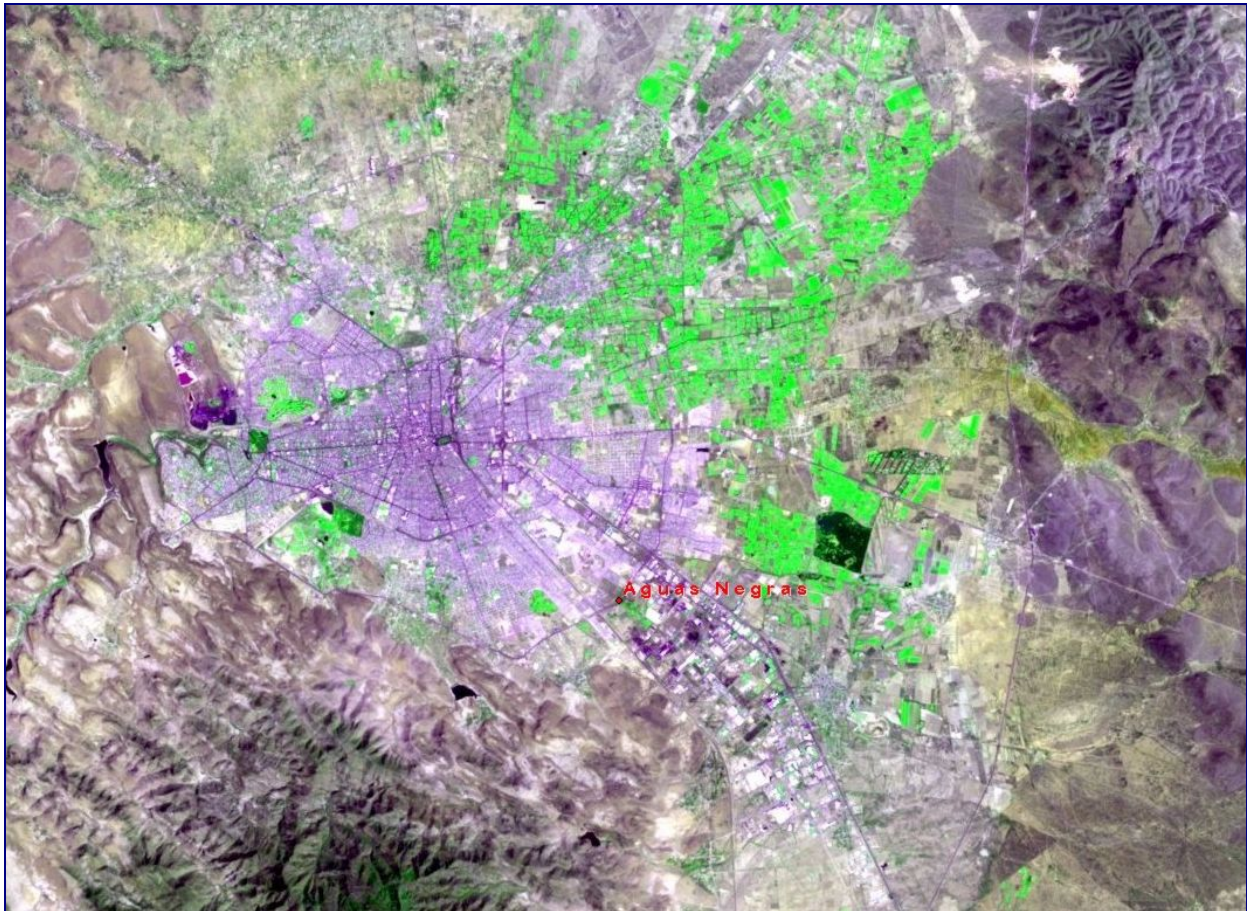
En el caso del acuífero de San Luis Potosí, una de las principales fuentes de abastecimiento en la zona de riego, corresponde a las aguas residuales sin tratamiento. Esta situación es doblemente negativa, ya que aparte de que, por Ley, no debería de regarse con aguas residuales crudas, los volúmenes de retorno al acuífero por sobre riego contaminan con nitratos el acuífero superior. La contaminación es evidente en algunos pozos visitados, donde el olor del agua de los pozos profundos, así como su eutrofización, no dejaban duda, tal como se puede apreciar en las fotos de la **Figura E.13**.

**Figura E.13 Fotos de riego con aguas contaminadas en San Luis Potosí.**

En estas fotos es posible apreciar el enorme problema existente en el uso del agua para riego en el acuífero de San Luis Potosí. En la parte superior izquierda, se aprecia una laguna de varias hectáreas de aguas residuales dentro de la ciudad de San Luis Potosí, en el recorte de la imagen de satélite de la **Figura E.14** se muestra su ubicación (Aguas Negras), así como el área de riego pegada a ella. Personal del COTAS indicaron que existen rumores que el estancamiento del agua residual fue provocado por los productores agrícolas, con el fin de que existiera carga hidráulica para el riego de sus parcelas. Pero lo observado en el terreno es que se tapó una alcantarilla con escombros tirado a un lado de la vía rápida.

En la fotografía superior derecha, se observa el grado de eutrofización de un estanque regulador con descarga de agua de pozos, en la foto inferior izquierda se presenta una parcela de maíz regada con aguas residuales crudas y en la foto inferior derecha se aprecia el cultivo de lechuga, con aguas de pozo profundo. No obstante lo anterior, en este acuífero también se visitó una explotación de generación de plántula de hortalizas y producción de flores, todo bajo sistema de protección ambiental. La explotación es exitosa y marca el camino a seguir en la agricultura del valle de San Luis Potosí.

**Figura E.14 Ubicación de la laguna de aguas negras y su zona de riego.**



**Figura E.15 sistema de producción de plántula y flores bajo protección ambiental.**



La eficiencia en el uso del agua residual es baja, ya que la mayor parte de las parcelas observadas con este tipo de riego, carecían de una buena nivelación y tenían alta incidencia de malas hierbas. Esta situación ocasiona zonas con crecimiento deficiente, por lo que el desarrollo del cultivo no era homogéneo en las parcelas. Por otro lado, la conducción y distribución del agua se realiza mediante canales de tierra con longitudes considerables y con estructuras de control rudimentarias, por lo que las pérdidas por infiltración y fugas por estructuras son altas.

### 5.3 Uso del Agua en Jaral de Berrio – Villa de Reyes.

El sistema de riego más utilizado en el acuífero Jaral de Berrio – Villa de Reyes, es el de gravedad o rodado. También se identificaron riegos por aspersión en forrajes, goteo por cintilla subterránea en alfalfa y algunas hortalizas con cintilla de goteo. La mayor parte del riego presurizado se ubica en el municipio de San Felipe, Guanajuato, ya que en este estado, las inversiones en la tecnificación del riego por parte del gobierno han sido importantes. En Villa de Reyes, son incipientes las inversiones estatales, por lo que la mayor parte de la tecnificación corre por cuenta de los medianos y grandes productores.

El municipio de San Felipe tiene 77 proyectos de tecnificación del riego concluidos, 4 en proceso y autorización para 15 más, en la **Tabla E.11** se presenta el resumen de inversión llevado al cabo en dicho municipio.

**Tabla E.11 Relación de proyectos del Municipio de San Felipe, Guanajuato.**

Estatus	No. de obras	Superficie	Productores beneficiados	Inversión global
Obras concluidas	77	3,151	552	33'983,485
Obras en proceso	4	178	40	1'832,385
Obras en autorización	15	602	154	7'430,701
<b>Total</b>	<b>96</b>	<b>3,931</b>	<b>746</b>	<b>43'246,571</b>

Fuente: Secretaría de Desarrollo Agropecuario de Guanajuato.

De los proyectos concluidos, 584.9 hectáreas corresponden a riegos por aspersión, 758.6 ha a riego por goteo y 1 807 ha a riegos con tuberías con compuertas.

La mayoría de las explotaciones agrícolas en el acuífero, cuentan con canales de conducción sin revestir, por lo que las pérdidas por infiltración son grandes. En comentarios hechos por productores de Villa de Reyes, expusieron que en una conducción sin revestir de aproximadamente 1 km de longitud, el agua tardaba 10 horas en llegar a su destino, cuando instalaron tubería de PVC, el agua llegaba a la parcela en 15 minutos.

En el municipio de Villa de Reyes, existen cultivos que se riegan con aguas residuales de la planta procesadora de papel reciclado, PRONAPADE. El residuo principal de las aguas servidas es la celulosa, aunque sería conveniente realizar un análisis de calidad del agua, para detectar metales pesados que normalmente se encuentran en las tintas.

En general, los sistemas de riego presurizado observados tienen deficiencias en su operación, debido tanto a malos diseños, como a un desconocimiento por parte de los usuarios de las condiciones de operación óptimas.

Las parcelas de maíz tenían un alto grado de heterogeneidad en cuanto a tamaño, esto se debe, según comentarios de técnicos locales, a que no utilizan semillas mejoradas, a malos trazos de riego por gravedad y mala nivelación de terrenos. Es necesario instrumentar programas de extensión agrícola, ya que los productores no tienen el conocimiento adecuado de técnicas de irrigación y cultivo.

**Figura E.16 Canal de conducción en tierra, con residuos de celulosa.**



## 6. Volúmenes utilizados.

Debido a que la mayoría de los aprovechamientos de agua subterránea no cuentan con totalizadores volumétricos, es necesario realizar una estimación de los volúmenes de extracción con base en láminas medias y superficie de los cultivos.

### 6.1 Volúmenes extraídos en los acuíferos de San Luis Potosí y Villa de Arista.

El acuífero de San Luis Potosí comprende porciones de los municipios de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Armadillo de los Infante, Cerro de San Pedro, Zaragoza y Mexquitic de Carmona. Sin embargo, el acuífero de Villa de Arista también comprende una porción del municipio de San Luis Potosí, por lo que es necesario estimar las fracciones de la superficie de riego de este municipio que corresponde a cada acuífero.

Para tal fin, se realizó un análisis de imágenes del satélite Landsat 7 del 19 de marzo del 2000, en la que se estimó una superficie sembrada de 3 087 hectáreas. En esta fecha, es posible detectar cultivos de los tres ciclos agrícolas, pero con una sola imagen no se puede estimar la superficie del año agrícola. No obstante permite estimar la proporción de superficie del municipio que se siembra en cada acuífero. Del conteo de píxeles de la imagen, resultó una superficie de 1 665 hectáreas del municipio de San Luis Potosí, comprendidas dentro del acuífero del mismo nombre, que corresponde al 54 % de la superficie total de riego.

De la base de datos municipales del Servicio de Información y Estadísticas Agroalimentaria y Pesquera, de la SAGARPA para los años agrícolas 2001 y 2002, se extrajeron los correspondientes a la modalidad riego de los municipios de San Luis Potosí, Cerro de San Pedro y Soledad de Graciano Sánchez, que es donde se concentra la agricultura. En las siguientes dos tablas se presentan las superficies sembradas por municipio y la estimada para el acuífero.

**Tabla E.12. Superficies sembradas por municipios en San Luis Potosí Año agrícola 2001**

Municipio	Ciclo	Superficie Sembrada	Acuífero ((54% SLP)
Cerro de San Pedro	Perennes	40	40
	Total año agrícola	40	40
San Luis Potosí	Otoño - Invierno	355	192
	Primavera - Verano	3,427	1,851
	Perennes	1,270	686
	Total año agrícola	5,052	2,729
Soledad de Graciano Sánchez	Otoño - Invierno	398	398
	Primavera - Verano	972	972
	Perennes	1,560	1,560
	Total año agrícola	2,930	2,930
Total Municipios		8,022	5,699

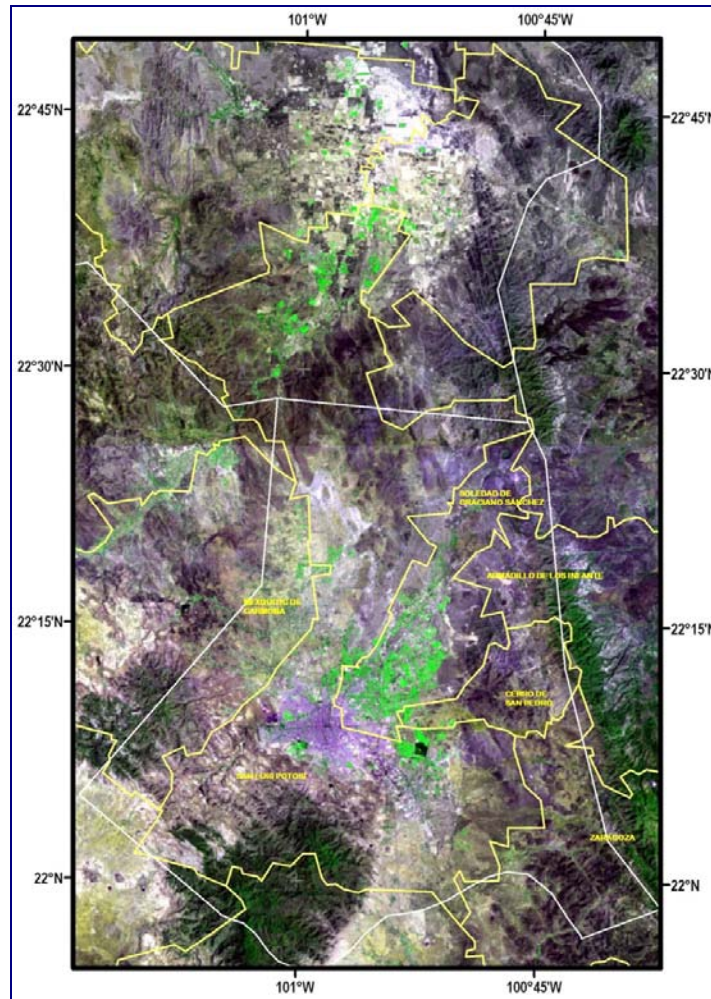


**Tabla E.13. Superficies sembradas por municipios en San Luis Potosí Año agrícola 2002**

Municipio	Ciclo	Superficie Sembrada	Acuífero ((54% SLP)
Cerro de San Pedro	Perennes	40	40
	Total año agrícola	40	40
San Luis Potosí	Otoño - Invierno	495	267
	Primavera - Verano	3,280	1,771
	Perennes	1,270	686
	Total año agrícola	5,045	2,724
Soledad de Graciano Sánchez	Otoño - Invierno	488	488
	Primavera - Verano	882	882
	Perennes	1,560	1,560
	Total año agrícola	2,930	2,930
Total Municipios		8,015	5,694

De estas tablas es posible apreciar que el municipio de San Luis Potosí cuenta con 2 700 hectáreas en el acuífero del mismo nombre. Sin embargo, de acuerdo con pláticas con personal del COTAS, surgió el dato que se siembran 2 500 hectáreas **para todo el acuífero**.

**Figura E.17. Áreas agrícolas en verde intenso en el acuífero de San Luis Potosí.**



A menos que haya disminuido la superficie de riego abruptamente de 2003 a la fecha, las imágenes y las estadísticas hacen suponer que la superficie es mayor a la estimada por el COTAS. De acuerdo con el documento del consultor Oscar Escolero, la zona conurbada tiene concesionada agua para 2 500 ha, por lo que la superficie regada con aguas subterráneas es del orden de 3 200 ha.

La demanda de agua por los cultivos se tomó del estimado por el INIFAP en 2001 en el folleto: *Requerimientos hídricos de especies anuales y perennes en las zonas media y altiplano de San Luis Potosí*. Sin embargo, en este folleto no se calcula el requerimiento de riego, el cual resulta de restar a la evapotranspiración del cultivo la precipitación efectiva; por lo que se calculó ésta a partir de las normales climatológicas para restarla de los valores obtenidos en el folleto. Para el cálculo de los volúmenes de riego aplicados a los cultivos, el requerimiento de riego se tiene que afectar por la eficiencia en el uso del agua. Para el caso del valle de San Luis Potosí, la eficiencia en el uso del agua se supuso de 50% para el caso de cultivos regados con agua del subsuelo y de 40% para las regadas con aguas subterráneas.

**Tabla E.14. Volúmenes extraídos para riego en el acuífero de San Luis Potosí en 2002**

Ciclo/Cultivo	Superficie <sup>1</sup> Sembrada (ha)	Superficie Bombeo (ha)	Volumen Bombeo (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen Bombeo (hm <sup>3</sup> )	Volumen <sup>2</sup> residuales (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen residuales (hm <sup>3</sup> )
Otoño-Invierno						
Avena Forrajera	462.0	154.0	6,566	1.01	9,011	2.78
Lechuga	154.0	154.0	5,696	0.88		
Hortalizas O-I	140.0	140.0	5,624	0.79		
<i>Subtotal</i>	<i>756.0</i>	<i>448.0</i>		<i>2.7</i>		<i>2.78</i>
Primavera - Verano						
Chile Seco	324.0	324.0	10,447	3.38		
Chile Verde	43.0	43.0	9,822	0.42		
Col (Repollo)	71.0	71.0	7,270	0.52		
Frijol	84.0	28.0	6,743	0.19	9,593	0.54
Lechuga	258.0	258.0	6,769	1.75		
Maíz Forrajero	112.0	37.0	6,982	0.26	9,902	0.74
Maíz Grano	751.0	251.0	6,712	1.68	9,632	4.82
Sorgo Forrajero	60.0	20.0	6,842	0.14	9,807	0.39
Tomate Rojo (Jitomate)	842.0	842.0	7,506	6.32		
Hortalizas P-V	107.0	107.0	7,160	0.77		
<i>Subtotal</i>	<i>2,652.0</i>	<i>1,981.0</i>		<i>15.4</i>		<i>6.49</i>
Perennes						
Alfalfa	2,276.0	761.0	20,870	15.88	29,110	44.10
Pastos y praderas	10.0	4.0	17,310	0.07	24,310	0.15
<i>Subtotal</i>	<i>2,286.0</i>	<i>765.0</i>		<i>16.0</i>		<i>44.25</i>
<b>Total</b>	<b>5,694.0</b>	<b>3,194.0</b>		<b>34.1</b>		<b>53.51</b>

1 Incluye riego con aguas residuales

2 Eficiencia global del 40%

Para el caso de Villa de Arista, la eficiencia es mayor, debido a que existe una superficie considerable de riegos con cintilla y acolchado en hortalizas y riego con aspersión en forrajes, por lo que las eficiencias en el uso del agua se establecieron entre 50 y 70% dependiendo si era cultivo básico, forraje u hortaliza.

**Tabla E.15. Volúmenes extraídos para riego en el acuífero de Villa de Arista en 2002**

Ciclo/Cultivo	Superficie Sembrada (ha)	Volumen Bruto (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volumen Bruto (hm <sup>3</sup> )
Otoño - Invierno			
Avena Forrajera	428.0	7,126	3.0
Cebada Forrajera	13.0	7,126	0.1
Lechuga	66.0	4,346	0.3
Horatilizas O-I	68.7	4,274	0.3
<i>Subtotal</i>	<i>575.7</i>		<i>3.7</i>
Primavera - Verano			
Chile Seco	1,666.0	7,697	12.8
Chile Verde	211.8	7,372	1.6
Frijol	100.0	7,393	0.7
Lechuga	107.0	4,999	0.5
Maíz Forrajero	27.6	7,652	0.2
Maíz Grano	759.0	7,382	5.6
Tomate Rojo (Jitomate)	2,872.6	5,486	15.8
Hortalizas P-V	38.8	5,720	0.2
<i>Subtotal</i>	<i>5,782.8</i>		<i>37.5</i>
Perennes			
Alfalfa	1,739.2	18,510	32.2
Frutales	17.5	11,090	0.2
Pastos y praderas	50.0	15,310	0.8
<i>Subtotal</i>	<i>1,806.7</i>		<i>33.2</i>
<b>Total</b>	<b>8,165.2</b>		<b>74.3</b>

## 6.2 Volúmenes extraídos en el acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes.

De acuerdo con información del Campo Experimental Palma de la Cruz del INIFAP, en San Luis Potosí, las áreas de riego del acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes se caracterizan por poseer una baja eficiencia en el uso del agua. Esto se debe que la lámina y frecuencia de riegos que realizan, se basa en la experiencia que los agricultores han adquirido a través de los años, sin tener un fundamento técnico. Si a lo anterior se le agrega la baja eficiencia de conducción existente por el uso de canales de tierra, se puede inferir que las pérdidas de agua existentes son considerables. Se estima que la eficiencia global en el uso del agua es del orden de un 42%.

Tomando como base el requerimiento de riego calculado por el INIFAP y la eficiencia en el uso del agua comentada en el párrafo anterior, es posible realizar una estimación gruesa de los volúmenes de agua utilizados con fines de riego en el acuífero Jaral de Berrio – Villa de Reyes. Al igual que en el caso de Villa de Arista y San Luis Potosí, se le restó la precipitación efectiva a la demanda hídrica de los cultivos, cuyos resultados se muestran en la **Tabla E.16**.

**Tabla E.16. Volúmenes extraídos para riego  
en el acuífero de Jaral de Berrio - Villa de Reyes en 2002.**

Ciclo/Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Volumen bruto m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup>	Volumen bruto dam <sup>3</sup>
<b>San Felipe, Guanajuato</b>			
<i>Otoño - Invierno</i>			
Rye grass en verde	227	8,457	1,918
Avena forrajera en verde	451	8,457	3,815
<i>Subtotal</i>	<i>678</i>		<i>5,733</i>
<i>Primavera - Verano</i>			
Maíz grano	2,959	8,970	26,543
Frijol	787	8,946	7,039
Chile verde	436	12,726	5,548
Cebada grano	16	7,973	131
<i>Subtotal</i>	<i>4,198</i>		<i>39,261</i>
<i>Perennes</i>			
Alfalfa verde	1,503	27,239	40,928
Pastos y praderas en verde	174	22,722	3,951
<i>Subtotal</i>	<i>1,676</i>		<i>44,879</i>
<b>Total</b>	<b>6,553</b>		<b>89,873</b>
<b>Villa de Reyes, San Luis Potosí</b>			
<i>Otoño - Invierno</i>			
Ajo	30	7,332	220
Avena forrajera en verde	400	8,457	3,383
<i>Subtotal</i>	<i>430</i>		<i>3,603</i>
<i>Primavera - Verano</i>			
Maíz grano	2,050	8,970	18,389
Chile seco	600	13,701	8,221
Sorgo forrajero en verde	100	9,405	941
Maíz forrajero en verde	250	9,240	2,310
Tomate rojo (jitomate)	10	9,903	99
Camote	20	9,652	193
Frijol	310	9,005	2,792
<i>Subtotal</i>	<i>3,340</i>		<i>32,943</i>
<i>Perennes</i>			
Alfalfa verde	1,560	27,239	42,493
Pastos y praderas en verde	30	22,722	682
<i>Subtotal</i>	<i>1,590</i>		<i>43,175</i>
<b>Total</b>	<b>5,360</b>		<b>79,720</b>
<b>Total Acuífero</b>	<b>11,913</b>		<b>169,593</b>

El volumen de extracción calculado para el año 2002 es de 169.6 hm<sup>3</sup>, de los cuales 89.87 hm<sup>3</sup> corresponden a extracciones del municipio de San Felipe, Guanajuato y 79.72 hm<sup>3</sup> al municipio de Villa de Reyes, San Luis Potosí.

## 7. Beneficios netos de los cultivos.

No fue posible conseguir los costos promedios de producción que corresponden a los rendimientos establecidos en las estadísticas de producción agrícola de SAGARPA. Con el fin de estimar los beneficios y productividad del agua para las condiciones promedio, se adaptaron los costos de producción de zonas agrícolas cercanas, como es Aguascalientes y la Región Lagunera, para que reflejaran la tecnología utilizada en los acuíferos de San Luis Potosí. En los costos de producción no se consideró el costo del agua, ya que éste se estimó a partir de las funciones calculadas para las condiciones medias del acuífero, con y sin subsidio (*Figura E.8*).

Se consiguieron datos de costos producción de tres tipos de chiles y alfalfa de productores de la zona. Sin embargo, estos productores tenían un nivel tecnológico superior al promedio, por lo que se utilizarán para el análisis económico de propuestas de tecnificación.

**Tabla E.17 Beneficios netos para los cultivos de San Luis Potosí con subsidio**

Ciclo/Cultivo	Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos			PROCAMPO (\$ t <sup>-1</sup> )	Apoyos Comerc. (\$ ha <sup>-1</sup> )	Beneficio Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )
		Producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Agua (\$ ha <sup>-1</sup> )	Total (\$ ha <sup>-1</sup> )			
Otoño-Invierno							
Avena Forrajera	3,660	3,304	3,177	6,481			-2,821
Lechuga	27,000	19,263	2,753	22,016			4,984
Hortalizas O-I	28,371	20,715	2,721	23,436			4,935
Primavera - Verano							
Chile Seco	30,000	21,387	5,085	26,472			3,528
Chile Verde	63,293	33,345	4,762	38,107			25,186
Col (Repollo)	22,885	18,260	3,517	21,777			1,108
Frijol	10,018	6,760	3,296	10,056	829		791
Lechuga	20,756	19,263	3,294	22,557			-1,801
Maíz Forrajero	11,288	5,220	3,411	8,631			2,657
Maíz Grano	5,200	3,950	3,291	7,241	829	400	388
Sorgo Forrajero	9,900	4,190	3,353	7,543			2,357
Tomate Rojo (Jitomate)	20,010	15,600	3,663	19,263			747
Hortalizas P-V	26,937	15,700	3,468	19,168			7,769
Perennes							
Alfalfa	33,523	13,990	10,142	24,132			9,391
Pastos y praderas	21,960	13,515	8,430	21,945			15

Como puede apreciarse en la *Tablas E.17*, anterior, y *Tabla E.18*, posterior, en el valle de San Luis Potosí, los beneficios netos de algunos cultivos, aún con subsidios, son negativos. En el caso de los forrajes, éstos se consideran como insumos de la producción pecuaria, por lo que las pérdidas se cargan como costos adicionales en la producción de leche. La lechuga tuvo un desplome de precios en el ciclo primavera – verano, el cual es un riesgo inherente en la producción de hortalizas.

**Tabla E.18 Beneficios netos para los cultivos de San Luis Potosí sin subsidio**

Ciclo/Cultivo	Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos			Beneficio Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )
		Producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Agua (\$ ha <sup>-1</sup> )	Total (\$ ha <sup>-1</sup> )	
Otoño-Invierno					
Avena Forrajera	3,660	3,304	8,914	12,218	-8,558
Lechuga	27,000	19,263	7,726	26,989	11
Hortalizas O-I	28,371	20,715	7,635	28,350	21
Primavera - Verano					
Chile Seco	30,000	21,387	14,269	35,656	-5,656
Chile Verde	63,293	33,345	13,362	46,707	16,586
Col (Repollo)	22,885	18,260	9,870	28,130	-5,245
Frijol	10,018	6,760	9,248	16,008	-5,990
Lechuga	20,756	19,263	9,243	28,506	-7,750
Maiz Forrajero	11,288	5,220	9,572	14,792	-3,504
Maiz Grano	5,200	3,950	9,234	13,184	-7,984
Sorgo Forrajero	9,900	4,190	9,409	13,599	-3,699
Tomate Rojo (Jitomate)	20,010	15,600	10,277	25,877	-5,867
Hortalizas P-V	26,937	15,700	9,732	25,432	1,505
Perennes					
Alfalfa	33,523	13,990	28,458	42,448	-8,925
Pastos y praderas	21,960	13,515	23,655	37,170	-15,210

En el caso de que se quiten los subsidios, sólo el chile verde y las hortalizas de primavera – verano tendrían beneficios apreciables; las hortalizas de otoño – invierno tendrían sólo beneficios marginales. En general los sistemas de producción agrícola, no tienen los niveles tecnológicos adecuados, lo que se refleja en rendimientos bajos en la mayoría de los cultivos y por lo tanto en los beneficios obtenidos. Por ejemplo, INIFAP reporta rendimientos de 4.0 t ha<sup>-1</sup> en el rendimiento del chile guajillo (seco) con riego por goteo y fertirrigación y 4.5 t ha<sup>-1</sup> para siembra con acolchado plástico, cuando el promedio por riego rodado es de alrededor de 1.2 t ha<sup>-1</sup>.

En el caso de Villa de Arista, como el nivel tecnológico es mayor que el del valle de San Luis Potosí, los resultados son más favorables. También se presentan cultivos con beneficios negativos aún con subsidios, como es el caso de los forrajes de otoño – invierno y el frijol. Para los forrajes el caso es el mismo que para el valle de San Luis Potosí, mientras que el frijol tiene pérdidas marginales que si se considera sólo el costo de la energía eléctrica, tendría beneficios netos positivos; por otro lado, los costos reproducción son estimaciones por lo que lo más probable es que obtengan beneficios marginales.

**Tabla E.19 Beneficios netos para los cultivos de Villa de Arista con subsidio**

Ciclo/Cultivo	Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos			PROCAMPO (\$ ha <sup>-1</sup> )	Apoyos Comerc. (\$ t <sup>-1</sup> )	Beneficio Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )
		Producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Agua (\$ ha <sup>-1</sup> )	Total (\$ ha <sup>-1</sup> )			
Otoño - Invierno							
Avena Forrajera	4,750	3,304	3,177	6,481			-1,731
Cebada Forrajera	4,000	3,304	3,177	6,481			-2,481
Lechuga	27,268	19,263	1,937	21,200			6,068
Hortalizas O-I	42,747	24,630	1,905	26,535			16,212
Primavera - Verano							
Chile Seco	34,502	21,387	3,431	24,818			9,684
Chile Verde	61,371	33,345	3,286	36,631			24,740
Frijol	9,040	6,760	3,296	10,056	829		-187
Lechuga	22,500	19,263	2,229	21,492			1,008
Maíz Forrajero	10,500	5,220	3,411	8,631			1,869
Maíz Grano	5,166	3,950	3,291	7,241	829	400	217
Tomate Rojo (Jitomate)	27,461	15,600	2,446	18,046			9,415
Hortalizas P-V	38,736	19,300	2,550	21,850			16,886
Perennes							
Alfalfa	31,174	13,990	8,252	22,242			8,932
Frutales	30,000	22,620	4,944	27,564			2,436
Pastos y praderas	21,960	13,515	6,825	20,340			1,620

**Tabla E.20 Beneficios netos para los cultivos de Villa de Arista sin subsidio**

Ciclo/Cultivo	Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos			Beneficio Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )
		Producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Agua (\$ ha <sup>-1</sup> )	Total (\$ ha <sup>-1</sup> )	
Otoño - Invierno					
Avena Forrajera	4,750	3,304	8,914	12,218	-7,468
Cebada Forrajera	4,000	3,304	8,914	12,218	-8,218
Lechuga	27,268	19,263	5,436	24,699	2,569
Horatlizas O-I	42,747	24,630	5,346	29,976	12,771
Primavera - Verano					
Chile Seco	34,502	21,387	9,628	31,015	3,487
Chile Verde	61,371	33,345	9,222	42,567	18,804
Frijol	9,040	6,760	9,248	16,008	-6,968
Lechuga	22,500	19,263	6,253	25,516	-3,016
Maíz Forrajero	10,500	5,220	9,572	14,792	-4,292
Maíz Grano	5,166	3,950	9,234	13,184	-8,018
Tomate Rojo (Jitomate)	27,461	15,600	6,862	22,462	4,999
Hortalizas P-V	38,736	19,300	7,155	26,455	12,281
Perennes					
Alfalfa	31,174	13,990	23,154	37,144	-5,970
Frutales	30,000	22,620	13,872	36,492	-6,492
Pastos y praderas	21,960	13,515	19,151	32,666	-10,706

**Tabla E.21 Beneficios netos para los cultivos de Jaral de Berrio - Villa de Reyes con subsidio**

Ciclo/Cultivo	Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos			PROCAMPO (\$ ha <sup>-1</sup> )	Apoyos Comerc. (\$ t <sup>-1</sup> )	Beneficio Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )
		Producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Agua* (\$ ha <sup>-1</sup> )	Total (\$ ha <sup>-1</sup> )			
<b>San Felipe, Guanajuato</b>							
<i>Otoño - Invierno</i>							
Rye grass en verde	4,400	3,304	3,154	6,458			-2,058
Avena forrajera en verde	5,600	3,304	3,154	6,458			-858
Cebada grano	8,160	3,304	2,973	6,277	829		2,712
<i>Primavera - Verano</i>							
Maíz grano	6,300	3,950	3,345	7,295	829	400	1,634
Frijol	6,900	4,732	3,336	8,068	829		-339
Chile verde	28,000	19,340	4,746	24,086			3,914
<i>Perennes</i>							
Alfalfa verde	20,400	6,995	10,157	17,152			3,248
Pastos y praderas en verde	10,800	8,109	8,473	16,582			-5,782
<b>Villa de Reyes, San Luis Potosí</b>							
<i>Otoño - Invierno</i>							
Ajo	38,000	29,440	2,734	32,174			5,826
Avena forrajera en verde	3,720	3,304	3,154	6,458			-2,738
<i>Primavera - Verano</i>							
Maíz grano	5,200	3,950	3,345	7,295	829	400	334
Chile seco	30,000	21,387	5,109	26,496			3,504
Sorgo forrajero en verde	9,900	4,190	3,507	7,697			2,203
Maíz forrajero en verde	11,550	5,220	3,446	8,666			2,884
Tomate rojo (jitomate)	20,000	15,600	3,693	19,293			707
Camote	28,500	19,300	3,599	22,899			5,601
Frijol	9,750	6,760	3,358	10,118	829		461
<i>Perennes</i>							
Alfalfa verde	33,111	13,990	10,157	24,147			8,964
Pastos y praderas en verde	2,700	6,758	8,473	15,231			-12,531

\* Costo agua = 0.3729 \$ m<sup>-3</sup> para una carga de 85 m y eficiencia hidráulica y electromecánica de 45%

En términos generales el nivel tecnológico de la agricultura en Jaral de Berrio – Villa de Reyes es bajo, aunque existen ranchos con producción de alfalfa con riego por cinta enterrada y hortalizas con acolchado. Los cultivos con pérdidas corresponden a los forrajes y al frijol, por lo que se puede decir lo mismo que en el caso de Villa de arista. Las pérdidas tan grandes en pastos y pradera en verde, se deben a que quizá no se le aplican los insumos requeridos, ya sea agroquímicos o agua, por lo que los rendimientos son bajos.

Sin embargo, la situación al eliminar los subsidios es más drástica que en los dos acuíferos anteriores, ya que, con excepción del ajo, no hay cultivos que sean rentables para las condiciones de producción actuales.



**Tabla E.22 Beneficios netos para los cultivos de Jaral de Berrio - Villa de Reyes sin subsidio**

Ciclo/Cultivo	Valor de la producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Costos			Beneficio Neto (\$ ha <sup>-1</sup> )
		Producción (\$ ha <sup>-1</sup> )	Agua (\$ ha <sup>-1</sup> )	Total (\$ ha <sup>-1</sup> )	
<b>San Felipe, Guanajuato</b>					
<i>Otoño - Invierno</i>					
Rye grass en verde	4,400	3,304	8,278	11,582	-7,182
Avena forrajera en verde	5,600	3,304	8,278	11,582	-5,982
Cebada grano	8,160	3,304	7,804	11,108	-2,948
<i>Primavera - Verano</i>					
Maíz grano	6,300	3,950	8,780	12,730	-6,430
Frijol	6,900	4,732	8,756	13,488	-6,588
Chile verde	28,000	19,340	12,456	31,796	-3,796
<i>Subtotal</i>					
<i>Perennes</i>					
Alfalfa verde	20,400	6,995	26,662	33,657	-13,257
Pastos y praderas en verde	10,800	8,109	22,240	30,349	-19,549
<b>Villa de Reyes, San Luis Potosí</b>					
<i>Otoño - Invierno</i>					
Ajo	38,000	29,440	7,177	36,617	1,383
Avena forrajera en verde	3,720	3,304	8,278	11,582	-7,862
<i>Primavera - Verano</i>					
Maíz grano	5,200	3,950	8,780	12,730	-7,530
Chile seco	30,000	21,387	13,411	34,798	-4,798
Sorgo forrajero en verde	9,900	4,190	9,206	13,396	-3,496
Maíz forrajero en verde	11,550	5,220	9,044	14,264	-2,714
Tomate rojo (jitomate)	20,000	15,600	9,693	25,293	-5,293
Camote	28,500	19,300	9,447	28,747	-247
Frijol	9,750	6,760	8,814	15,574	-5,824
<i>Perennes</i>					
Alfalfa verde	33,111	13,990	26,662	40,652	-7,541
Pastos y praderas en verde	2,700	6,758	22,240	28,998	-26,298

\* Costo agua = 0.9788 \$ m<sup>-3</sup> para una carga de 85 m y eficiencia hidráulica y electromecánica de 45%

## 8. Productividad del agua.

Se estimó la productividad económica y social del agua para los tres acuíferos, al considerar la relación entre el beneficio neto de los productores y el número de jornales utilizados en la producción, con respecto del volumen de agua utilizado por los cultivos.

La productividad económica del agua varía en función de los precios de mercado, nivel tecnológico del cultivo (rendimiento y costos reproducción) y las láminas de riego aplicadas; los resultados de dichas estimaciones se presentan en las **Tablas E.23 a E.25**.

**Tabla E.23 Productividad del agua en el acuífero de San Luis Potosí.**

Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Volumen utilizado (dam <sup>3</sup> )	Productividad	
			Agua (\$ m <sup>-3</sup> )	Social (J dam <sup>-3</sup> )
<i>Otoño - Invierno</i>				
Forrajes	154	1,097	-0.3958	2.2
Hortalizas	294	1,806	0.8077	16.4
<i>Primavera - Verano</i>				
Chile Seco	324	3,696	0.3093	13.8
Chile Verde	43	459	2.3578	14.7
Frijol	28	560	0.1070	5.0
Forrajes	57	434	0.3355	1.8
Hortalizas	436	3,299	0.1350	14.3
Maíz Grano	251	1,853	0.0526	2.6
Tomate rojo	842	6,918	0.0909	10.3
<i>Perennes</i>				
Alfalfa	761	17,313	0.4128	2.2
Pastos y praderas	4	76	0.0008	0.8

**Tabla E.24 Productividad del agua en el acuífero de Villa de Arista**

Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Volumen utilizado (dam <sup>3</sup> )	Productividad	
			Agua (\$ m <sup>-3</sup> )	Social (J dam <sup>-3</sup> )
<i>Otoño - Invierno</i>				
Forrajes	441	3,143	-0.2460	2.2
Hortalizas	135	580	2.6087	18.0
<i>Primavera - Verano</i>				
Chile Seco	1,666	12,823	1.2582	20.4
Chile Verde	212	1,561	3.3559	21.3
Frijol	100	739	-0.0253	5.0
Forrajes	28	211	0.2442	2.0
Hortalizas	146	757	1.0082	21.1
Maíz Grano	759	5,603	0.0294	2.6
Tomate rojo	2,873	15,759	1.7162	15.5
<i>Perennes</i>				
Alfalfa	1,739	32,193	0.4825	2.7
Frutales	18	194	0.2197	4.8
Pastos y praderas	50	766	0.1058	1.0

**Tabla E.25 Productividad del agua en el acuífero Jaral de Berrio – Villa de Reyes.**

Cultivo	Superficie cosechada (ha)	Volumen utilizado (dam <sup>3</sup> )	Productividad	
			Agua (\$ m <sup>-3</sup> )	Social (J dam <sup>-3</sup> )
<i>Otoño - Invierno</i>				
Forrajes	1,078	9,116	-0.2138	1.9
Hortalizas	30	220	0.7946	10.9
Cebada grano	16	131	0.3401	2.0
<i>Primavera - Verano</i>				
Chile Seco	600	8,221	0.2557	11.5
Chile Verde	436	5,548	0.3076	12.3
Frijol	1,097	9,831	-0.0126	4.1
Forrajes	350	3,251	0.2896	1.5
Hortalizas	20	193	0.5803	8.3
Maíz Grano	5,009	44,932	0.1229	2.1
Tomate rojo	10	99	0.0714	8.6
<i>Perennes</i>				
Alfalfa	3,063	83,421	0.2261	1.8
Pastos y praderas	204	4,633	-0.2982	2.3

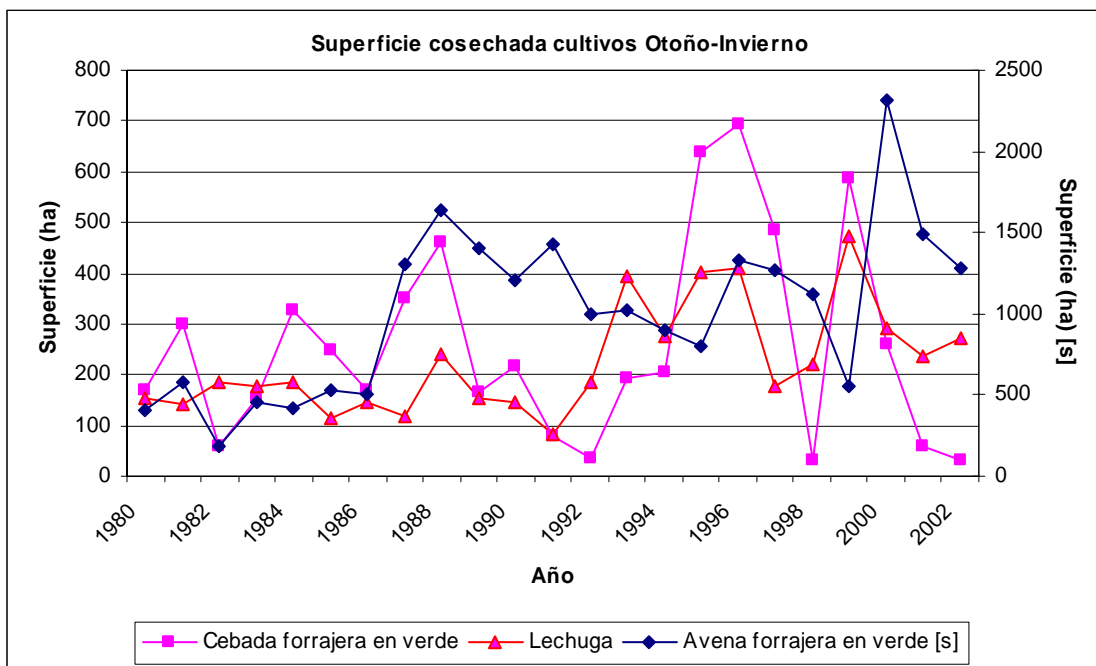
Como puede apreciarse en las tablas, las mayores productividades económicas del agua se presentan en el acuífero de Villa de Arista, le sigue el acuífero de San Luis Potosí y en último lugar está el acuífero de Jaral de Berrio – Villa de Reyes. Esto se debe principalmente a la diferencia en niveles tecnológicos de la producción de cultivos y en los sistemas de riego utilizados. Al utilizar mayores volúmenes de agua la productividad del agua disminuye, pero también influyen los precios medios y rendimientos de los cultivos. Tal es el caso de la alfalfa en Jaral de Berrio – Villa de Reyes, donde tiene un rendimiento ponderado de 81 t ha<sup>-1</sup>, mientras que en los otros acuíferos el rendimiento es superior a las 100 t ha<sup>-1</sup>; si a esto se le agrega que las láminas de agua aplicadas son mayores en Jaral de Berrio – Villa de Reyes, se explica que la productividad del agua sea alrededor de un 50% comparado con los otros acuíferos.

Las hortalizas tienen una productividad del agua superior a la de los demás cultivos, los forrajes de otoño – invierno tienen productividad negativa y para el frijol son negativos en Jaral de Berrio – Villa de Reyes y Villa de Arista.

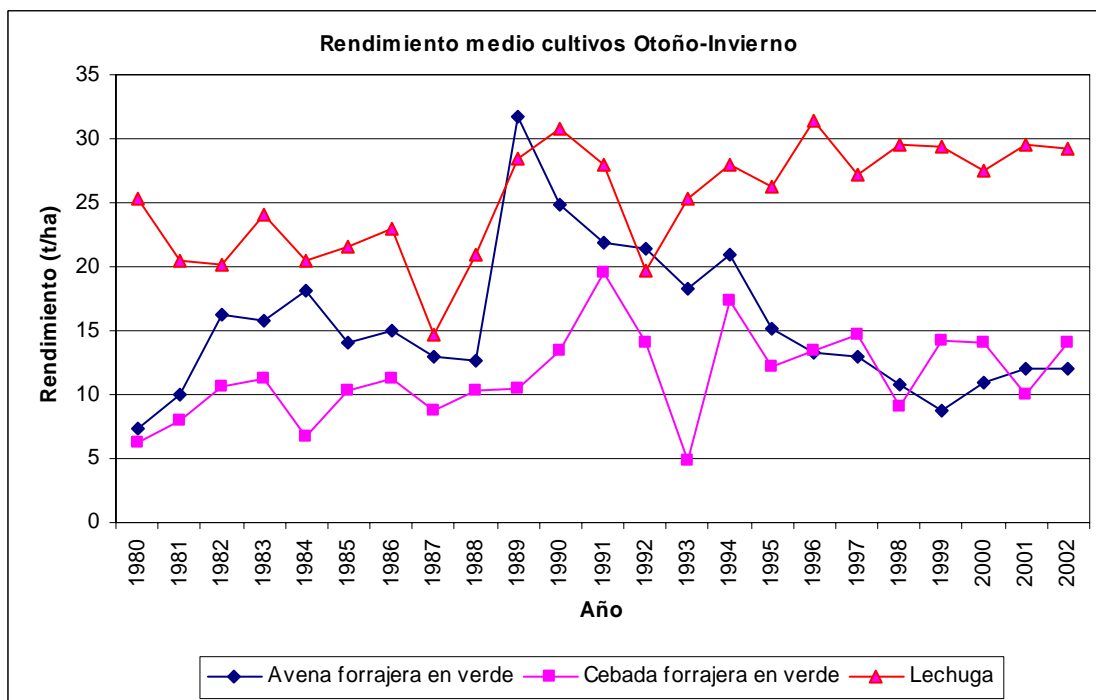
## 9. Tendencias de producción de los principales cultivos en San Luis Potosí.

Con el fin de poder analizar las posibles propuestas de reconversión, es necesario realizar un análisis del comportamiento histórico de las superficies, rendimientos y precios medios. Como no fue posible contar con información separada por acuífero, se presentan las series históricas del estado. En las **Figuras E.18 a E.26** se presentan las series históricas de superficies cosechadas, rendimientos y precios medios para los principales cultivos en los tres ciclos agrícolas. Cuando algunas variables tengan órdenes de magnitud diferentes, se utiliza un eje secundario y se marca con [s] aquellos cultivos que lo utilicen.

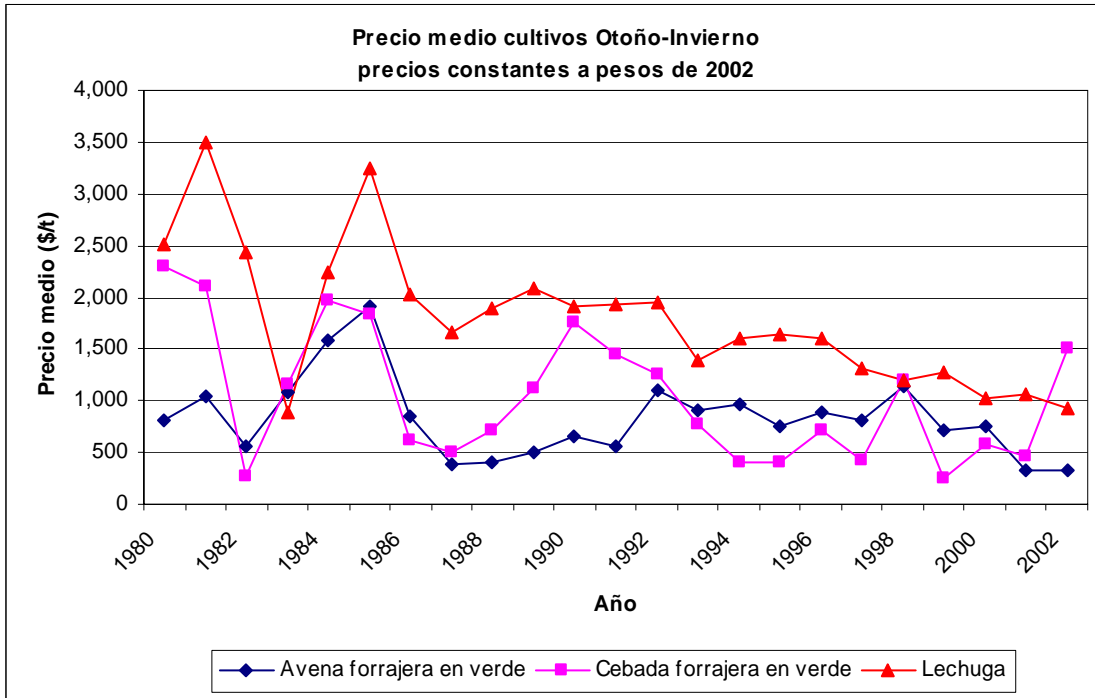
**Figura E.18 Superficies cosechadas para los cultivos de otoño – invierno.**



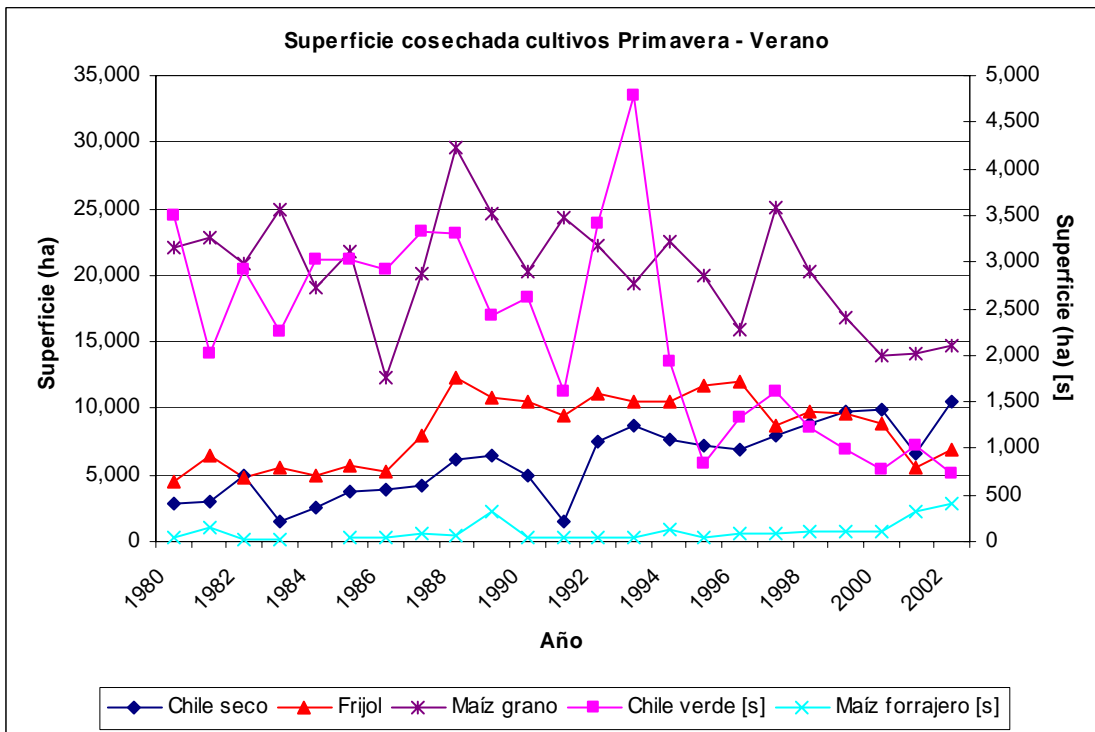
**Figura E.19 Rendimientos medios de los cultivos de otoño – invierno.**



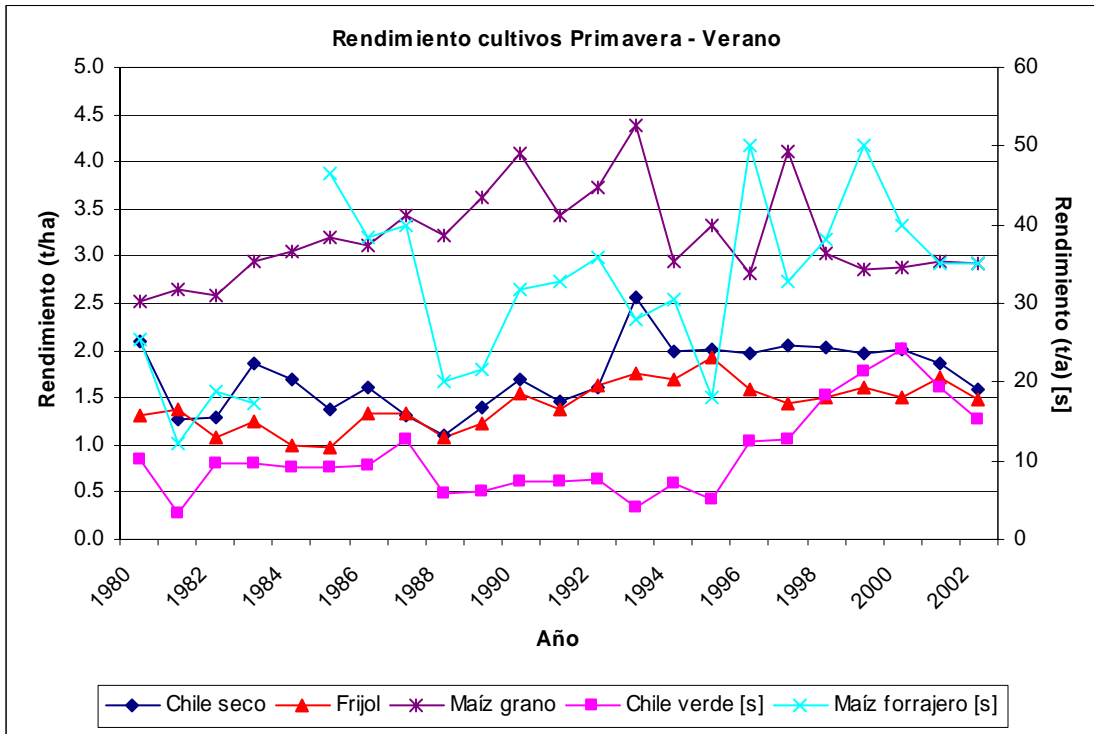
**Figura E.20 Precios medios de los cultivos de otoño – invierno**



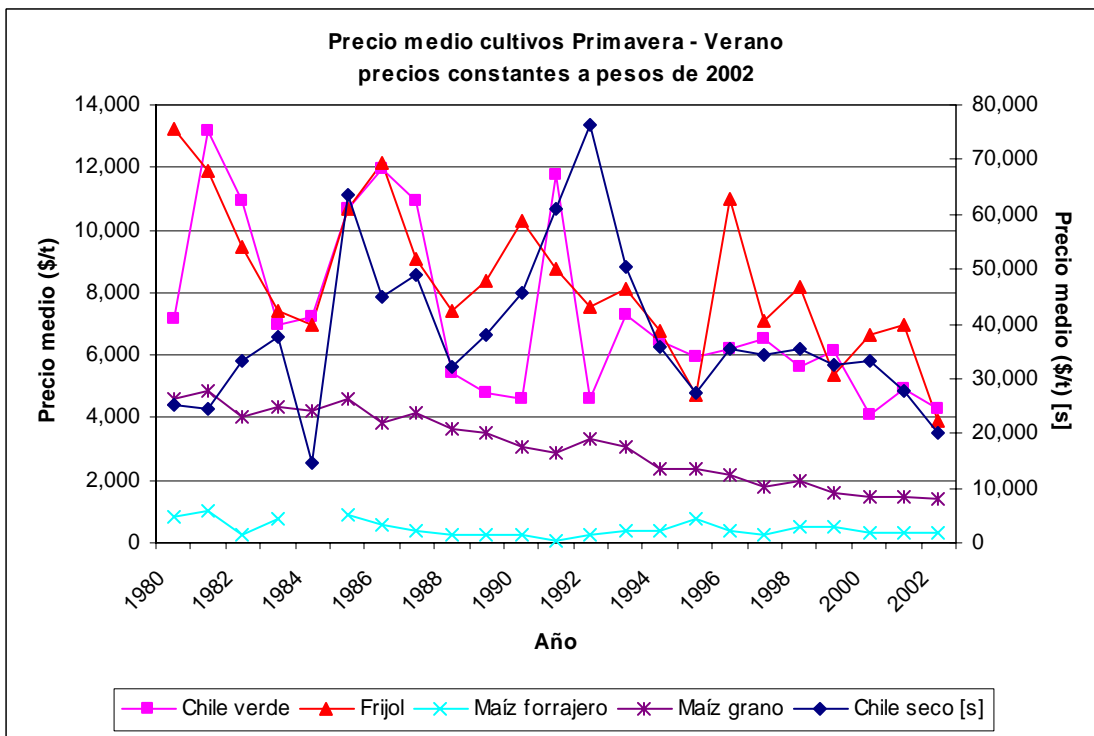
**Figura E.21 Superficies cosechadas de los cultivos primavera – verano**



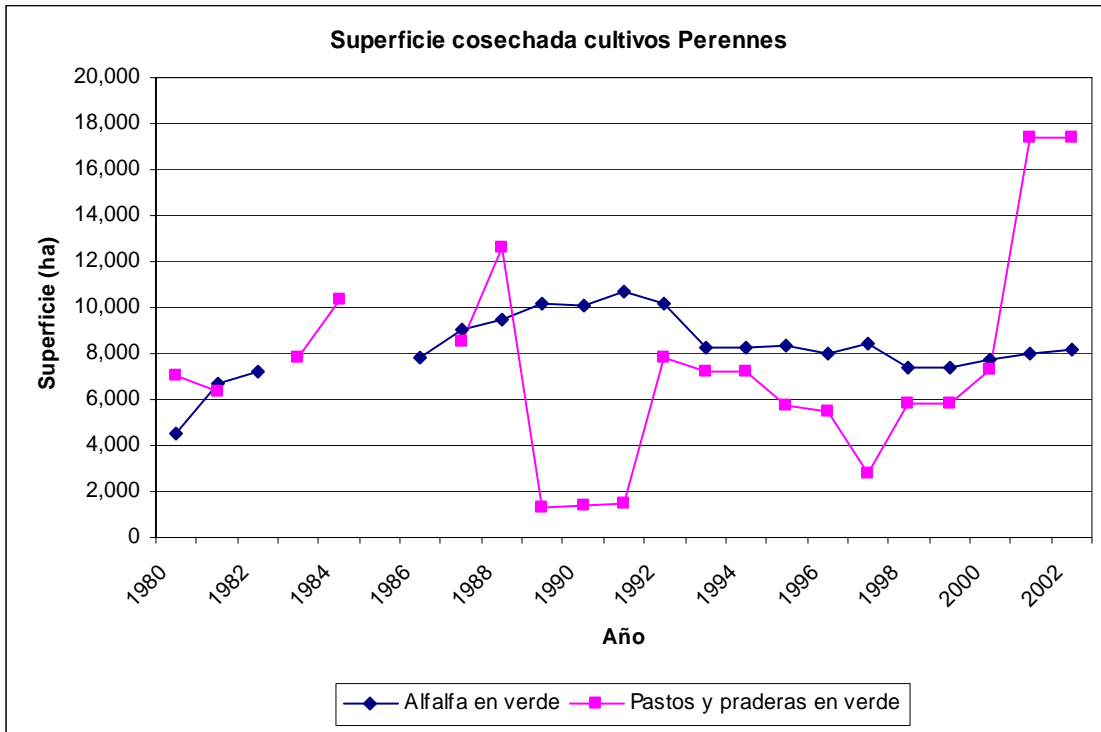
**Figura E.22 Rendimientos de los cultivos primavera – verano**



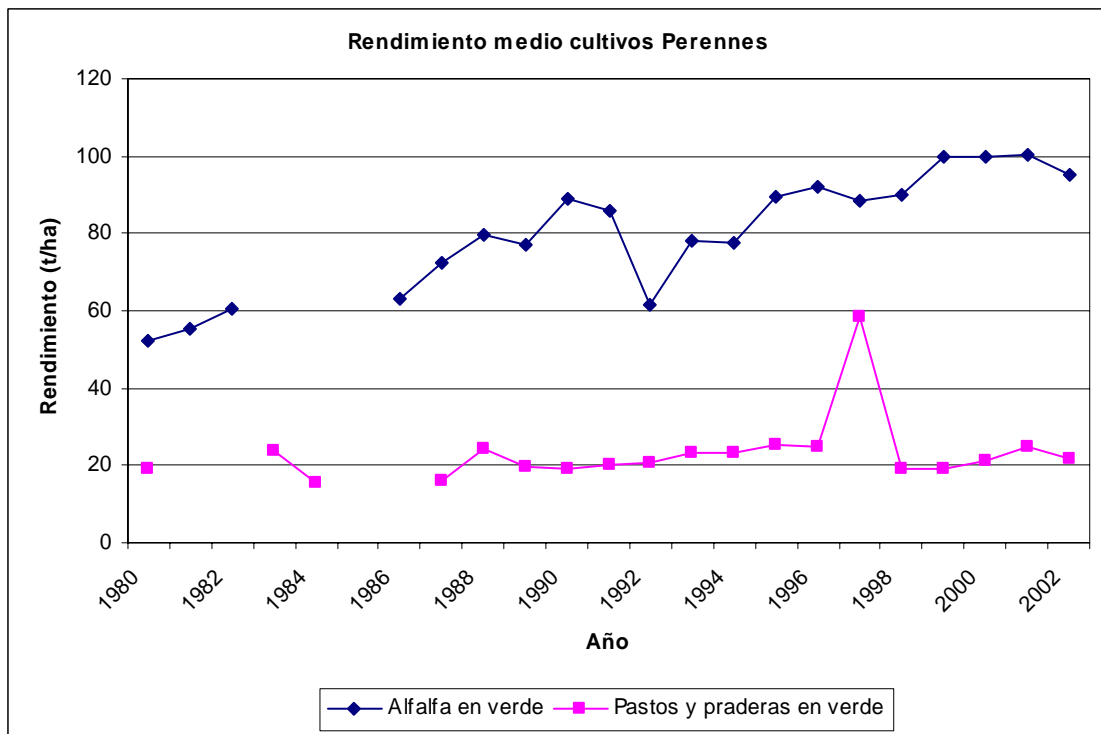
**Figura E.23 Precios medios de los cultivos primavera – verano**



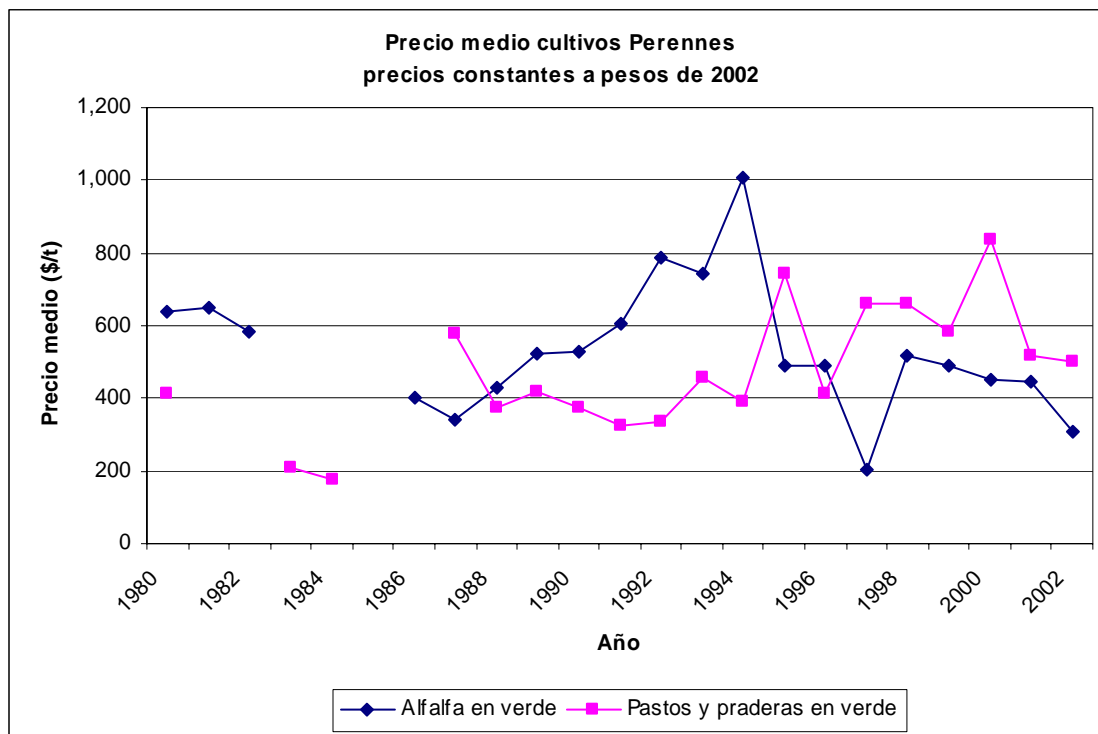
**Figura E.24 Superficies cosechadas de los cultivos perennes.**



**Figura E.25 Rendimiento de los cultivos perennes.**



**Figura E.26 Precios medios de los cultivos perennes.**



En términos generales y con excepción de algunas hortalizas, el precio de los productos agrícolas, a precios constantes de 2002, tiende a la baja. Esto implica que para poder mantener ingresos similares, es necesario un aumento en el rendimiento de los cultivos, situación que se observa para la mayoría de ellos. El éxito de la alfalfa se explica por el incremento al doble del rendimiento y la superficie cosechada en el período de 1980 al 2002, mientras que el precio medio se redujo sólo la tercera parte.

Para el caso de los granos básicos, la reducción en los precios ha sido muy marcada, por ejemplo, el precio del maíz para grano del año 2002, corresponde al 30% del mismo en 1980, mientras que los rendimientos sólo se incrementaron un 20%. Para el frijol la situación es similar ya que también se redujo el precio alrededor del 70%, mientras que los rendimientos se incrementaron sólo un 13%, para el período de análisis.

El cultivo con mayor variabilidad en la superficie es el pasto perenne, ya que oscila desde 1 800, hasta casi alcanzar las 18 000 hectáreas, aunque éstas se siembran principalmente en otras zonas de riego. En los dos últimos años del período de análisis es cuando se ha cosechado más superficie, a pesar de la productividad negativa del mismo. Esto implica que, o se sobreestimaron los costos de producción, o que las estadísticas de producción están mal, ya que es muy difícil que aumente la superficie de un cultivo que presenta pérdidas. Los rendimientos del pasto perenne en el estado, son más del doble de los reportados en las estadísticas de producción agrícola municipal para los acuíferos en estudio, lo cual podría explicar las aparentes pérdidas.



## 10. Reconversión de cultivos.

La dinámica de producción lechera en la región, hace que se incremente la demanda de forrajes, por lo que es importante no descuidar este aspecto. A pesar de que la industrialización de la agricultura es una meta a lograr, en el ínterin hay que proponer soluciones que sean instrumentables en el corto plazo.

Por otro lado, los granos básicos no pueden seguirse sembrando en zonas regadas con aguas subterráneas, ya que el aumento en los costos de producción hace que sea más barato importarlos de otros países, donde la siembra es con temporal tecnificado y por lo tanto con costos de producción más bajos.

**Tabla E.26 Estructura de producción por acuífero.**

Acuífero / Grupo de cultivo	Superficie		Volumen	
	(ha)	%	dam <sup>3</sup>	%
<b>San Luis Potosí</b>				
Básicos	279	8.7	2,413	6.4
Hortalizas	1,939	60.7	16,178	43.1
Forrajes	976	30.6	18,919	50.4
<b>Villa de Arista</b>				
Básicos	859	10.5	6,342	8.6
Hortalizas	5,031	61.7	31,481	42.5
Forrajes	2,258	27.7	36,312	49.0
<b>Jaral de Berrio - Villa de Reyes</b>				
Básicos	6,122	51.4	54,893	32.4
Hortalizas	1,096	9.2	14,281	8.4
Forrajes	4,694	39.4	100,419	59.2

En la **Tabla E.26** se presenta la estructura de producción de cultivos para los tres acuíferos, donde se puede apreciar que en San Luis Potosí y Villa de Arista, las hortalizas son el grupo más importante, ya que representa poco más del 60% de la superficie, que consume alrededor del 43% del agua. En Jaral de Berrio – Villa de Reyes, los cultivos básicos son los más importantes, ya que representan el 51% con un consumo de 32% del agua. Los forrajes tienen el 39% de la superficie de este último acuífero y consumen el 59% del agua, mientras que representan alrededor del 30% de la superficie de los otros dos acuíferos que consumen la mitad del agua.

Para el caso de San Luis Potosí, lo más recomendable es un cambio de uso del agua de agrícola a industrial, debido a los problemas existentes de calidad del agua. Si continúa la agricultura en este valle, los niveles de contaminación del acuífero pueden alcanzar niveles peligrosos para la ciudad capital del estado. La agricultura que quede, deberá de estar orientada hacia la producción de plantas ornamentales, como son las flores.

Para el caso de Villa de Arista, se propone el cambio de la alfalfa por maíz forrajero con riego por goteo y fertirrigación, con el que se tendría un rendimiento de materia verde de 65 t/ha, con un ahorro de agua sustancial. En la **Tabla E.27** se presenta la propuesta de cambio de 1 700 ha de alfalfa por maíz forrajero, así como del requerimiento de importación del forraje necesario para compensar la pérdida en materia seca para el ganado.

**Tabla E.27 Substitución de alfalfa por maíz forrajero en Villa de Arista**

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Reducción de superficie				
Alfalfa (ha)	500	500	700	1,700
Producción de materia verde (t)	51,000	51,000	71,400	173,400
Equivalente en materia seca (t)	10,200	10,200	14,280	34,680
Extracción bruta de agua (dam <sup>3</sup> )	9,255	9,255	12,957	31,467
Subsidio tarifa 09 (\$)	7,451,201	7,451,201	10,431,681	25,334,082
Substitución de superficie				
Maíz Forrajero (ha)	500	500	700	1,700
Producción de materia verde (t)	32,500	32,500	45,500	110,500
Equivalente en materia seca (t)	6,500	6,500	9,100	22,100
Extracción bruta de agua (dam <sup>3</sup> )	2,141	2,141	2,997	7,279
Subsidio tarifa 09 (\$)	1,723,719	1,723,719	2,412,885	5,860,323
Balance				
Superficie	0	0	0	0
Equivalente en materia seca (t)	-3,700	-3,700	-5,180	-12,580
Extracción bruta de agua (dam <sup>3</sup> )	-7,114	-7,114	-9,960	-24,188
Subsidio tarifa 09 (\$)	-5,727,482	-5,727,482	-8,018,796	-19,473,760
Subsidio transporte alfalfa achicalada (350 \$/t)	1,295,000	1,295,000	1,813,000	4,403,000
Diferencia en subsidio	-4,432,482	-4,432,482	-6,205,796	-15,070,760

La substitución de la alfalfa por el maíz forrajero, implicaría un ahorro de agua de 24 hm<sup>3</sup>, el ahorro anual en el subsidio de la tarifa 09, sería de 19 millones de pesos a partir del tercer año, pero se requerirían 4.4 millones adicionales para subsidiar el transporte de la alfalfa que sería necesaria (12 580 toneladas) para compensar la falta de materia seca por la diferencia en rendimientos; el balance de subsidios arroja un ahorro neto de 15 millones de pesos El sistema de riego del maíz forrajero sería por cintilla con fertirrigación, con cambio de la cintilla cada dos años; la inversión necesaria asciende a 24.31 millones de pesos. Se corrió un modelo de finca para una parcela de 10 hectáreas, a 10 años de vida útil del sistema de cabeza, cuyos resultados se presentan a continuación:

Superficie:	10 ha
Costo del sistema de cabeza:	\$ 143 000
Costo de cintilla cada dos años:	\$ 78 400
Rendimiento en materia verde:	65 t /ha
Precio del producto:	\$ 300 \$/t
Costo de producción:	\$ 10 357
Tasa de interés:	14%
TIR:	66%
VAN	\$ 195 050
B/C	1.41

Para el caso de Jaral de Berrios – Villa de Arista, sería necesaria la substitución de 3 000 ha de alfalfa por maíz forrajero, lo cual se presenta en la **Tabla E.28**.

**Tabla E.28 Substitución de alfalfa por maíz forrajero en Jaral de Berrio – Villa de Reyes**

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Total
Reducción de superficie				
Alfalfa (ha)	1,000	1,000	1,000	3,000
Producción de materia verde (t)	81,000	81,000	81,000	243,000
Equivalente en materia seca (t)	16,200	16,200	16,200	48,600
Extracción bruta de agua (dam <sup>3</sup> )	27,239	27,239	27,239	81,717
Subsidio tarifa 09 (\$)	21,930,119	21,930,119	21,930,119	65,790,357
Substitución de superficie				
Maíz Forrajero (ha)	1,000	1,000	1,000	3,000
Producción de materia verde (t)	65,000	65,000	65,000	195,000
Equivalente en materia seca (t)	13,000	13,000	13,000	39,000
Extracción bruta de agua (dam <sup>3</sup> )	4,277	4,277	4,277	12,831
Subsidio tarifa 09 (\$)	3,443,413	3,443,413	3,443,413	10,330,238
Balance				
Superficie	0	0	0	0
Equivalente en materia seca (t)	-3,200	-3,200	-3,200	-9,600
Extracción bruta de agua (dam <sup>3</sup> )	-22,962	-22,962	-22,962	-68,886
Subsidio tarifa 09 (\$)	-18,486,706	-18,486,706	-18,486,706	-55,460,119
Subsidio transporte alfalfa achicalada				
(350 \$/t)	1,120,000	1,120,000	1,120,000	3,360,000
Diferencia en subsidio	-17,366,706	-17,366,706	-17,366,706	-52,100,119

Para el caso de Jaral de Berrio – Villa de Reyes, el ahorro es más espectacular, ya que las eficiencias en el uso del agua y los rendimientos de la alfalfa son menores que en Villa de Arista. En agua se ahorrarían 69 hm<sup>3</sup> de extracción bruta por año, el ahorro neto en subsidio ascendería a 52 millones de pesos y se requeriría la importación de 9 600 toneladas de alfalfa achicalada. El costo de la implantación del sistema de riego por goteo con cintilla y fertirrigación, ascendería a 42.9 millones de pesos.

Las hortalizas en Villa de Arista se riegan en gran parte con sistemas por goteo y se está generalizando el uso de acolchado plástico, pero es conveniente industrializar la producción de estos cultivos mediante la instalación de sistemas de protección ambiental, como son los macro túneles e invernaderos; lo mismo se puede decir para el caso de Jaral de Berrio – Villa de Arista. El consultor José López Gálvez realizó una propuesta excelente para el uso de plasticultura en estos dos acuíferos, por lo que no se repetirá en el presente anexo.

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo F – Potencial de Desarrollo de la Plásticultura**

## Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)

### MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

#### Anexo F – Potencial de Desarrollo de la Plasticultura

##### 1. El regadío actual en las zonas de los acuíferos de la Región Centro.

Los cultivos predominantes son los forrajeros siendo el más importante el de alfalfa, teniendo una demanda evapotranspirativa en la zona del orden de 15.000 m<sup>3</sup>/ha y con la modernización de sus sistemas de riego mayoritariamente de aspersion, lo que no parece estar de acuerdo con la letra de la Ley de Aguas de este país, así, en su artículo 112 BIS fracción I dice *Privilegiar la gestión de la demanda, al propiciar un uso eficiente del agua, la racionalización de los patrones de consumo, y, en su caso, inhibir actividades que impongan una demanda excesiva.*

Los datos que siguen muestra la rentabilidad del cultivo de alfalfa regado con cinta de goteo enterrada. Las características de la inversión:

Superficie: 40 ha.

Inversión total: 572.000 \$

Costo de establecimiento: 356.240 \$

Costo de mantenimiento: 904.800 \$

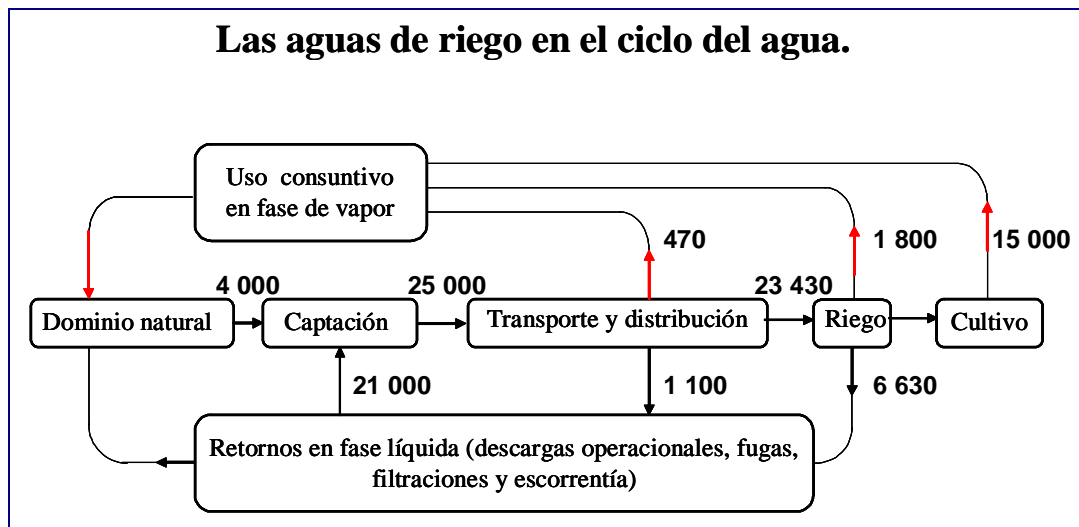
Ingresos totales: 1.056.000 \$

Indicadores de rentabilidad:

VAN = -83.430 (con i=14%)

TIR = 11,2%

**Figura F.1 Representación esquemática del ciclo del agua en un cultivo de alfalfa en San Luis Potosí**  
[aproximación de cifras en m<sup>3</sup>/(ha año)]



### 1.1.- El regadío en la zona de influencia del acuífero Valle de San Luis.

Las aguas utilizadas para riego en esta zona son mayoritariamente las residuales de la ciudad sin depurar. Con estas aguas se da riego a algo más de 3.000 ha, con sistemas de distribución en canales de tierra y el riego es rodado. Al parecer toda esta agua, más de 60 hm<sup>3</sup>, se usa para el cultivo de alfalfa y maíz.

**Figura F.2 Riego con aguas residuales sin tratar**



Llama la atención el que se permita el uso de estas aguas para el regadío por la contaminación que está produciendo sobre suelos y acuíferos<sup>1</sup>.

Las aguas depuradas vienen a regar unas 400 ha con técnicas de distribución y de aplicación similares a los arriba mencionadas. Los cultivos son, por lo general, los arriba mencionados.

Las aguas de pozos del acuífero superior, que están contaminadas (se pueden apreciar fuertes procesos de eutrofización), riegan una superficie no determinada de difícil estimación. Las aguas de pozos del acuífero intermedio, donde pudimos apreciar algún proceso de eutrofización, riegan una superficie no determinada. Los principales cultivos son alfalfa, maíz y algunas hortalizas. El agua concesionada es de unos 36 hm<sup>3</sup>, la superficie total de riego, de acuerdo con esta concesión y los cultivos que se realizan, podría ser del orden de 1.500 ha.

<sup>1</sup> Ver a este respecto Diario Oficial de la Federación, (1997) Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOC-1996. Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (6 de enero de 1997).

**Figura F.3 Eutrofización en depósito regulador**



**1.2.- El regadío en la zona de influencia del acuífero Villa de Arista.**

Este acuífero viene dando riego, de acuerdo con las estimaciones del COTAS, a unas 10.000 hectáreas, de las cuales 5.000 se destinan a cultivos de alfalfa como mejoradora de suelo manteniendo la misma durante cuatro años. Las 5.000 hectáreas restantes se destinan a cultivos de hortalizas, fundamentalmente chile, debido a que el tomate, cultivo de interés en la zona, está en franca recesión por los problemas de la paratiosis, teniendo una menor incidencia este problema en el tomate de cáscara (tomatillo) y otros hortícolas. El COTAS dice ignorar la cantidad de agua que se extrae de los pozos. Se podría estimar que la extracción puede superar los 150 hm<sup>3</sup>, más de 100 hm<sup>3</sup> se destinan a la producción de alfalfa.

**Figura F.4 Tomate de cáscara con cinta de goteo en Villa de Arista**



### 1.3.- El regadío en la zona de influencia del acuífero Jaral de Berrio-Villa de Reyes.

El cultivo con mayor superficie sembrada en el ciclo primavera verano, es el maíz para grano, con una superficie media del orden de 4.200 hectáreas. Le sigue en importancia el frijol con una superficie media en los cuatro últimos años de 1.300 ha. Finalmente, los chiles verde y seco, con superficies medias de 700 y 550 hectáreas, respectivamente. Los cultivos perennes están representados por la alfalfa, con una superficie promedio de alrededor de 3.000 hectáreas y los pastos con 250 hectáreas en promedio de los últimos cuatro años agrícolas.

El volumen de extracción medio anual para los cuatro años es de unos 160 hm<sup>3</sup>, de los cuales 85 hm<sup>3</sup> corresponden a extracciones del municipio de San Felipe (Gto) y 75 hm<sup>3</sup> al municipio de Villa de Reyes, San Luis Potosí.

## 2. El potencial de desarrollo de la plasticultura en la Región Centro.

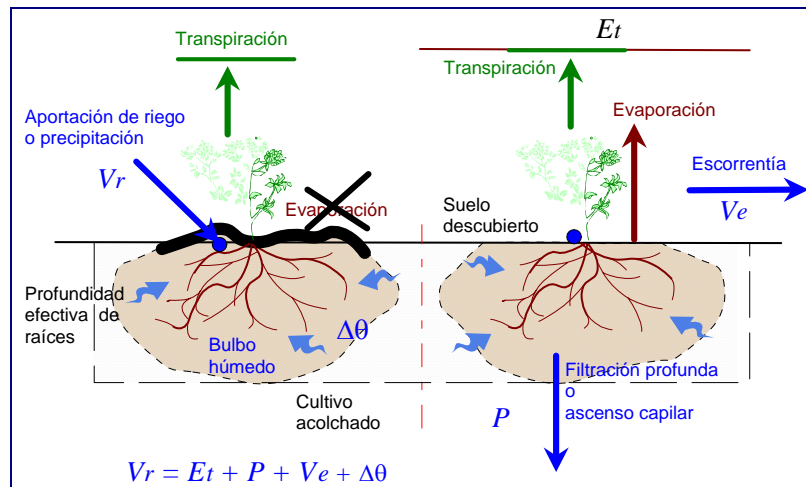
Los avances que viene experimentando la plasticultura ponen a disposición de los agricultores una gama, cada vez más amplia, de opciones técnicas para incrementar la producción y los beneficios empresariales. Además, abren la oportunidad de controlar la distribución del agua a la zona radical de los cultivos. Una y otra razones justifican la atención que debe prestarse a la plasticultura en una zona con las restricciones que impone la disponibilidad limitada de recursos hídricos en los acuíferos del área en estudio. No obstante, se hace conveniente observar que, como peculiaridad compartida con otras tecnologías agrarias, las innovaciones en técnicas de producción con materiales plásticos deben adaptarse a las condiciones locales y, para garantizar la idoneidad *in situ* de la tecnología, en este caso particular, no es suficiente con la adquisición del equipamiento y de los insumos necesarios sino que también debe existir información de base, en el área geográfica, para que el sistema productivo pueda manejarse de forma óptima.

Las razones por las que el desarrollo tecnológico que ha producido la plasticultura ha supuesto un uso más eficiente del agua por los cultivos son diversas. Entre ellas, merecen citarse las que siguen:

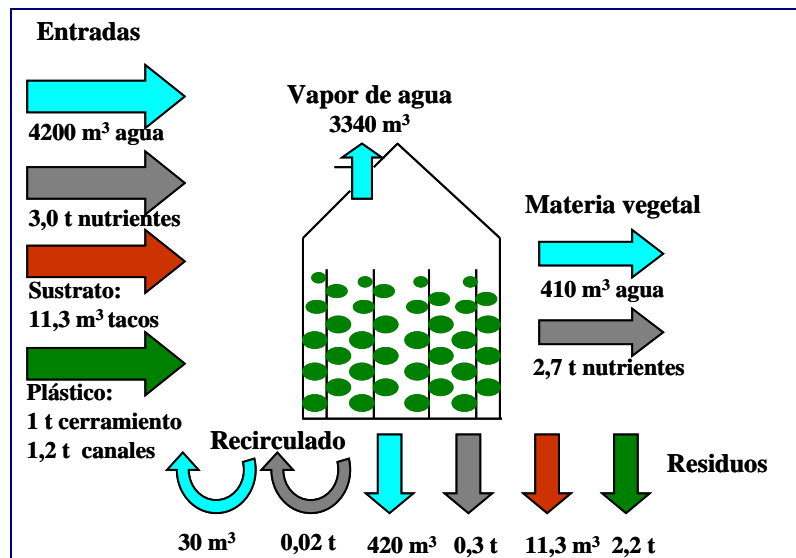
- a) Control de la evapotranspiración. Por lo que se refiere a la técnica de cultivo en acolchado, la barrera que este representa para el paso de vapor desde el suelo más húmedo a la atmósfera disminuye el sumando de la evaporación directa desde el suelo (**Figura F.5**).
- b) Otras técnicas, como el invernadero, la casa sombra, la cubierta flotante y el mini-túnel modifican el ambiente inmediato a la parte aérea del cultivo, en el que se reduce la radiación incidente, el déficit de presión de vapor y la velocidad de viento. La consecuencia es que la demanda de consumo en el interior, protegido, es menor que la exterior, por lo que dichas técnicas de producción son eficientes para reducir el consumo de agua de los cultivos (**Figura F.6**).
- c) El riego por goteo permite aplicar el agua y los nutrientes con la frecuencia que el complejo agua-suelo-planta requiere. La experiencia en cultivos hortícolas demuestra que es viable reducir esa dotación hacia los 5.000 m<sup>3</sup> / (ha · año) de agua, y en cultivos forrajeros, no anuales, a menos de 8.000 m<sup>3</sup> / (ha · año), para obtener un incremento notable de la productividad gracias a otras mejores opciones de cultivo. Pero el control de esa aplicación depende de las características hidráulicas de la red de distribución de agua y, sobre todo, de las de los ramales y emisores de goteo, o goteros.



**Figura F.5 Esquema para mostrar comportamiento diferencial de cultivo con goteo sobre suelo desnudo y bajo acolchado.**



**Figura F.6 Demanda evapotranspirativa de un cultivo de tomate en invernadero con recirculación del lixiviado (trabajo experimental realizado en Almería, España).**



## 2.1.- El potencial de desarrollo de la plasticultura en la zona de influencia del acuífero Valle de San Luis.

La probable contaminación de aguas y suelos que se puede estar dando en la zona de influencia de este acuífero, a consecuencia del uso de aguas sin depurar para agricultura hace muy problemático plantear alternativas. Los vegetales estimamos que no tendrían cabida ya que difícilmente se podrían certificar, por lo que habría que analizar la posibilidad de producir planta ornamental de especies autóctonas que posiblemente tendrían un alto valor en el mercado. La poca información disponible hace que no podamos plantear una propuesta de actuación para los próximos años, sería necesario analizar con algún experto en plantas ornamentales exóticas las posibilidades reales de este negocio en el área del acuífero.

En las visitas efectuadas hemos tenido la oportunidad de ver las instalaciones de la empresa Pronto Planta dedicada a almácigo y a la producción de planta en maceta que cuenta con una superficie e 4 ha de invernadero y tiene un volumen de negocio de unos dos millones de dólares.

## **2.2.- El potencial de desarrollo de la plasticultura en la zona de influencia del acuífero Jaral de Villa de Arista.**

La tecnología utilizada para el cultivo de hortaliza utiliza, principalmente, la cintilla de goteo parcialmente enterrada con el fin de afrontar o superar los problemas de suelo causados por la presencia de sodio en los mismos. En algunas explotaciones es posible ver la técnica de acolchado e incluso la técnica de invernadero. Los ciclos de cultivo al aire libre son variables pero predominan el ciclo de febrero a noviembre debido a las bajas temperaturas que se dan en los meses que van de noviembre a marzo pudiendo ser éstas de 5 grados bajo cero. Esta situación conlleva que las ventanas de mercado de los meses de mayo a julio no puedan ser atendidas por los productores. El actual ciclo se ve afectado por las lluvias que se producen en los meses de junio a agosto, planteándose en los cultivos problemas de enfermedades, fundamentalmente, bacterias, hongos y, lo que es mas grave, encharcamiento en la zona radical del cultivo con la consiguiente muerte de la planta.

Las técnicas de riego con cintilla y acolchado ya se vienen utilizando en Villa de Arista. Esta técnica no resuelve convenientemente los problemas ocasionados por las lluvias y menos aún por el granizo que se suele dar en los momentos de plena producción de los cultivos.

**Figura F.7 Goteo bajo acolchado en Villa Arista.**



**Figura F.8 Muerte de plantas por encharcamiento**

Las razones anteriores nos llevan a plantear, como alternativa segura para producir en cualquier época del año, técnicas de invernadero o macrotúnel para tener una producción de calidad y certificada tanto para los mercados nacionales como de exportación durante todo el año. Los actuales problemas ocasionados por el agua de lluvia y los derivados de las bajas temperaturas están siendo resueltos con invernaderos.

**Figura F.9 Invernaderos en Villa de Arista**

### 2.3.- El potencial de desarrollo de la plasticultura en la zona de influencia del acuífero Jaral de Berrio-Villa de Reyes.

Los riegos más comunes en la zona son los que usan aguas rodadas. Resulta evidente que el uso de compuertillas para dejar escurrir el agua sobre la superficie del suelo no da opción a controlar la distribución uniforme del agua al cultivo, y el uso puede ser muy poco eficiente.

**Figura F.10 Compuertas para riego por superficie.**



También se emplea todavía el riego por aspersión, que tampoco ofrece grandes oportunidades para un rendimiento (eficiencia) alto en el uso del agua, especialmente cuando las condiciones evaporativas, los vientos, o las variaciones de presión en las tuberías no facilitan la distribución uniforme de la pluviosidad que conviene a la capacidad de infiltración de los suelos.

**Figura F.11 Cola de ramal de aspersión con transporte manual.**



**Figura F.12 Sombreadero en Villa Arista.**



El uso de materiales plásticos en la zona del acuífero Jaral de Berrios - Villa de Reyes se restringe, en la actualidad, al acolchado en diversas hortalizas (chile, pepino y tomate), siendo la superficie cubierta con esta técnica escasa. La técnica de producción en cubierta flotante, mini túnel, invernadero y casa sombra aún no se ha iniciado.

En cuanto a los cultivos forrajeros, el uso más extendido de los plásticos es básicamente el de la cinta, o cintilla, para riego *subsuperficial* de alfalfa, que va extendiéndose a costa del riego por acequias o compuertas. La aspersión para la nascencia de alfalfa es también frecuente, y el uso indiferente de los mismos equipos de bombeo para aspersión y subsuperficial no es objeto de mayores preocupaciones para los regantes, que resuelven las diferentes demandas de presión con la descarga de parte del gasto bombeado.

Frente a las cifras apuntadas, hay que hacer notar que, en el caso del regadío con aguas rodadas, llegan a aplicarse alrededor de  $30.000 \text{ m}^3 / (\text{ha año})$  de agua para cultivos forrajeros, en particular, alfalfa. También llegan a alcanzarse usos similares incluso con técnicas de riego subsuperficial (en general, mediante cintilla enterrada).

## **2.4.- Conclusiones**

El exceso de dotación se ha observado en los cultivos de hortalizas regados con técnicas de plasticultura, cintilla, cintilla con acolchado e invernadero. A lo que hay que añadir el insuficiente control del agua distribuida, a veces acompañado de un mal tratamiento de la maleza que así tiende a desarrollarse, lo que es causa de pérdidas de agua por transpiración de las mismas y de fugas desde las tuberías, como consecuencia de la actuación de roedores que proliferan con esa falta de limpieza.

Como podría esperarse con sistemas de riego a presión, la instalación de unidades sin proyecto técnico, la no evaluación de sistemas instalados y el desconocimiento sobre necesidades hídricas y nutricionales de los cultivos hacen razonable suponer que las aportaciones de riego lleguen a ser muy elevadas, llegando a producir encharcamientos, lo que probablemente ocasiona estrés al cultivo que se traduce en una menor producción. Por otra parte, puesto que el sistema aplica agua y nutrientes, además del consiguiente despilfarro de agua se produce el de fertilizantes. Las explotaciones visitadas vienen a corroborar que, con buenas técnicas de riego subsuperficial o

bajo acolchado, parece haberse alcanzado un notable ahorro de agua, de hasta un 60%, pero conviene considerar que esos resultados no deben generalizarse, lo que debe ser motivo de un seguimiento con las oportunas evaluaciones.

En general, los productores de la zona parecen tener clara la idea de que las variaciones de presión en el sistema de riego deben ser pequeñas. Los mejor dotados de equipos y medios de control suelen medir las presiones en las unidades de riego e incluso disponen de reguladores con los pilotos para su ajuste. Sin embargo, no suelen prestar demasiada atención a la decisión de imponer una presión adecuada a las características de descarga de los goteros y a la relación que dicha presión pueda imponer sobre esa descarga y, por lo tanto, con el tiempo de riego.

Por lo que se refiere a las dimensiones de las tuberías secundarias y ramales de goteo (longitudes y diámetros), su correspondencia con las variaciones de presión no parece haber merecido la necesaria atención a la hora de proyectar las instalaciones y adoptar las decisiones convenientes. En cuanto a la variación (de manufactura o uso) que puede existir entre los goteros, es una cuestión en la que suele depositarse una confianza ciega en la calidad de los emisores proporcionados por los fabricantes, puesto que ningún productor entrevistado ha prestado atención alguna a sus coeficientes de variación.

Aunque la mayoría de las instalaciones visitadas disponía de contador (medidor) en la descarga de la impulsión (en general, rebombeo desde alberca o depósito regulador), la falta de mediciones precisas en las unidades de riego suele ser un impedimento para conocer las dotaciones de agua que se están usando.

Las cuestiones comentadas, junto a las que, como la demanda hídrica de la atmósfera (evapotranspiración), pueden ser determinantes para la fijación de calendario y criterios de riego (aportación por gotero y por riego), aconsejan un asesoramiento de cuya necesidad no parecen ser conscientes los productores. La atención que ha de prestarse a este aspecto debe ser relacionada con la distribución de fertilizantes disueltos, íntimamente ligada a la del agua.

La mayor eficiencia de uso del agua (es decir, más altos rendimientos de distribución y de riego, definidos como cociente entre agua útil en destino y agua usada, en origen), se alcanzarán en la medida que se den riegos uniformes y de que su aportación sea la adecuada a las condiciones del suelo, clima y calendario de riegos, cubriendo las necesidades del cultivo (evapotranspiración *Et*) y las de lavado de sales del suelo. Para ello, se hace necesario asegurar que la distribución del agua se hace de manera uniforme en todo el campo de cultivo. Un uso más eficiente del agua de riego conlleva en primer lugar mejorar los sistemas de riego y en segundo lugar impulsar técnicas de producción convenientes. En particular, prácticas de riego adecuadas a las condiciones impuestas a los cultivos.

Como resumen de los comentarios que anteceden, puede afirmarse que el empleo de materiales plásticos es de interés para el desarrollo de la agricultura, con un uso eficiente del agua. El desarrollo de la plasticultura en esta zona está en su fase de inicio, presentando los problemas típicos de una tecnología que no se conoce. La carencia de información sobre los sistemas de riego por goteo que se están instalando no permite alcanzar todo el potencial que su uso conlleva en lo referente a ahorro de agua. Las condiciones climáticas permiten el uso de técnicas de acolchado, cubierta flotante, casa sombra e invernadero, y el potencial de desarrollo de la plasticultura es elevado, pero, para alcanzarlo,

será preciso que se consiga un manejo adecuado de la misma, lo que hará necesario invertir en formación e información a los productores, con el fin de optimar el manejo de esta tecnología. Además, ello podrá redundar en un mejor control y uso del agua de riego. Los campos fundamentales de su expansión se centran en el riego por goteo, el acolchado con o sin cubiertas flotantes, la protección de cultivos (sombreadero e invernadero) y, en menor medida, el pequeño túnel, aunque si se quiere garantía de producción salvando las bajas temperaturas invernales y la lluvia y el granizo en verano será necesario ir a sistemas de protección tipo macrotúnel o invernadero.

### **3. Análisis del rendimiento de uso del agua.**

La instalación de sistemas de riego por goteo con el Programa de Tecnificación del Riego representa en sí un gran desarrollo de la Plásticultura y está produciendo otros efectos paralelos.

El importante abatimiento de los mantos acuíferos en el área objeto de estudio recomienda un mejor seguimiento de los usos del agua por los cultivos, sería necesario un inventario de extracciones de pozo por los COTAS. Entre los cultivos más interesantes, desde el punto de vista socio-económico, se encuentran las hortalizas en todas sus variantes mientras que los forrajeros (alfalfa y maíz, sobre todo) deben ser objeto de serias reservas. En general, no se llevan estadísticas de los usos de agua por los diferentes cultivos, pero los datos facilitados por los productores indican que la lámina total de agua que se les aplica supera la media de 0,8 m en el caso del maíz y es de 1,8 m en el caso de la alfalfa con riego de cintilla subsuperficial, cantidad esta que está por encima de lo requerido por el cultivo, con una correcta programación del riego.

Las cifras dadas sobre necesidades de riego a los cultivos llevan a pensar que quizás sea notable el margen de ahorro de agua y, por ende, de fertilizantes (al considerar que una parte importante de los mismos se aplica mediante el sistema de riego por goteo). Las cifras medias pueden llegar o incluso superar el 30% en cultivos tecnificados. El supuesto anterior indica la urgencia en la realización de trabajos que traten con realismo la dosis óptima de riego en los cultivos con el manejo de sistemas de goteo, con alto potencial de alta uniformidad de aplicación del agua y con capacidad para aplicar programas con alta frecuencia de riegos.

Con base en información obtenida a partir de los productores que se entrevistaron y de la información proporcionada por el INIFAP, para el requerimiento de riego de los principales cultivos, el rendimiento (eficiencia) en el uso del agua se estimó en un 48%. Este porcentaje se puede descomponer en dos partes: un rendimiento de conducción del 80% y un rendimiento de aplicación del 60%. Esto corresponde a un promedio en los diferentes sistemas de riego observados en el campo, que son por gravedad (en una gran mayoría), aspersión y goteo subterráneo.

### **4. Análisis de los cultivos con acolchado plástico.**

Los cultivos con acolchado plástico visitados se encuentran en alguno de los ejidos visitados en la zona de Jaral de Berrios, en Villa de Reyes no se vio ninguna explotación con esta técnica. Por otra parte, en Villa de Arista, se visitó una gran explotación, con cultivos con técnicas de invernadero y acolchado (película plástica blanca-negra) y cintilla en chile, pepino, calabacita, tomate; con técnica de riego con cintilla se estaba cultivando cebolla y con técnicas de casa sombra se cultivaba pimiento corto de carne gruesa. Se suele hacer el cultivo en ciclo de

primavera-verano-otoño. También pudimos visitar algunos ranchos donde se practicaba la técnica de acolchado.

La superficie de cultivo varía entre 100 y 800 ha por rancho, por lo que se pueden considerar como grandes unidades productivas. Los materiales plásticos utilizados y la cinta de riego están pensados para una vida útil de un solo ciclo de cultivo. Al finalizar el ciclo de cultivo el plástico es recolectado manualmente, lo que supone un coste de unos 600 \$/ha. El coste del plástico es de unos 3.000 \$/ha, y la mano de obra para limpia de malas hierbas más el herbicida, cuando no se hace acolchado, es de unos 6.000 \$/ha.

Los principales problemas a resolver en las explotaciones visitadas donde se practican estas técnicas, además de las ya comentadas en el epígrafe anterior de los sistemas de riego, son:

- a) distancias excesivas a las unidades de riego desde la cabeza del sistema, donde están instalados los equipos de ferti-riego, lo que supone un escaso control en su aplicación,
- b) competencia de malas hierbas,
- c) desconocimiento del material vegetal,
- d) inadecuado manejo del cultivo y
- e) escasa información de lo que el potencial de materiales y técnicas de protección de cultivos permite para producir en épocas en que las condiciones climáticas son adversas.

## 5. Análisis de los cultivos con casa sombra e invernadero.

La casi inexistencia de sistemas de protección de cultivos (casa sombra e invernaderos) en el área no ofrece datos de referencia. El único invernadero comercial visitado en la zona del acuífero Villa de Arista ocupa una superficie de unas 10 ha. Se trata de una estructura de hierro galvanizado con un coste de 20 USD/m<sup>2</sup> que se está cultivado de pimiento corto de carne gruesa. Este invernadero plantea problemas de escasas renovaciones de aire y la preparación del suelo es muy deficiente lo que probablemente está ocasionando estrés al cultivo por exceso de humedad.

Los invernaderos en estas latitudes deberían concebirse de manera que las renovaciones de aire sean máximas, lo que se consigue con naves más estrechas, ventilación cenital y lateral y anchura total del invernadero reducida.

Las condiciones desfavorables que pueden limitar el desarrollo, la fructificación y la sanidad de los cultivos, con estas técnicas de producción, en las zonas de los acuíferos, se resumen en:

- a) Temperaturas bajas en invierno<sup>2</sup>.
- b) Temperaturas muy altas en verano.
- c) Radiación alta.
- d) Lluvia concentrada en los meses de verano.
- e) Baja humedad relativa (menos del 25%) en algunas épocas del año.
- f) Vientos que pueden superar los 90 km/h.

---

<sup>2</sup> La existencia de pozos con aguas termales en algunos pozos de Villa de Reyes (agua que sale a una temperatura de 40 °C) puede contribuir en gran medida a superar esta condición adversa para el cultivo en los meses con riesgo de heladas.



De acuerdo con las condiciones desfavorables enunciadas los sistemas de protección para esta área deberían cumplir total o parcialmente con los requisitos de abrigo (para combatir las bajas temperaturas del invierno) y sombrero (contra el exceso de radiación) La técnica de casa sombra con armazones estructurales sencillos (económicos) pueden resolver los problemas de la alta radiación, además de ser un buen cortavientos.

La protección de los cultivos frente a los dos factores arriba mencionados requiere de un sistema que, durante una época del año, actúe como abrigo (baja temperatura) y, en otra, como sombrilla (exceso de radiación). El mercado no ofrece un sistema económico que pueda cumplir con lo estos requerimientos y, por esta razón, no parece conveniente poner excesivo énfasis en una primera etapa en esta técnica de cultivo en invernadero y si quizás en las casas sombra. No obstante serán las ventanas de mercado las que decidan sobre este punto.

Las casas sombras por lo general plantean el problema de tener incorporado el sistema de tutorado a la estructura. La adopción de esta técnica de producción habrá de tener en cuenta la época de lluvias, ya que, si estas son abundantes durante la época de verano, su efecto beneficioso al cultivo puede verse reducido por esta causa, para salvar esta dificultades habría que pensar en incorporar la técnica de paraguas o techitos que se practican en numerosas áreas de Costa Rica y Panamá. Esta técnica, que es muy artesanal, consiste en colocar sobre la línea de cultivo una cubierta plástica que es soportada por postes de madera.

## **6. Diseño de una finca piloto en plasticultura.**

### **6.1.- Antecedentes.**

El mes de mayo del año 2002, la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA), la Comisión Nacional del Agua (CNA), a través del Programa de Modernización en el Manejo del Agua (PROMMA), colaboró en los trabajos de diagnóstico de la problemática del acuífero del Valle de Aguascalientes, trabajos realizados por expertos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las conclusiones de esos trabajos, entre otras, contemplaba el apoyo a la creación de una finca piloto en Agroplasticultura. El apoyo se concretó en un convenio de colaboración entre la CNA/PROMMA y la UAA denominado “Programa de capacitación y desarrollo de la finca piloto para capacitación en plasticultura en apoyo del manejo integrado y sostenible del agua en el Valle de Aguascalientes” (Convenio SGT-CPROMMA-DF-02-CE-AD). En la actualidad la Finca Piloto de la UAA, cuenta con 10 profesores, que dedica un porcentaje de su carga académica a las actividades de investigación y formación en el campo de la Producción Vegetal Intensiva, con énfasis en la optimación del agua de riego y el uso de plásticos en la producción agrícola, cuenta con un campo de invernaderos, un campo de acolchado y sistemas de protección de malla sombra. El gran esfuerzo desarrollado no se ha visto acompañado por un mejor y más rápido cambio en las técnicas de producción con plasticultura en el Valle de Aguascalientes por lo que plantearemos la implantación de módulos de infraestructuras de producción con técnicas de Agroplasticultura con el fin de dinamizar el cambio.

### **6.2.- Objetivos.**

El objetivo general que se pretende es: Iniciar, lo más rápidamente posible, la modernización de la agricultura del área, con técnicas de agroplasticultura, a fin de sustituir cultivos como alfalfa o maíz por otros de menor uso consuntivo de agua (al menos un 50% menos) y de mayor rentabilidad socioeconómica.

Los objetivos específicos se resumen como sigue:

- o Construir en fincas de los productores y evaluar durante dos años dos sistemas de protección de cultivos, con diferente gradación técnica.
- o Instalar sistemas de goteo y cintilla para analizar cual es más conveniente.
- o Montar un semillero con la tecnología suficiente para iniciar técnicas de producción de plántulas de calidad adecuada (vigorosas y sanas), donde se practicará técnicas de injerto.
- o Preparar las bases para la constitución de una organización de productores a fin de realizar compra de insumos y venta de cosecha en común.
- o Establecer los protocolos para hacer una producción limpia (protocolos para control integrado).

### **6.3.- Desarrollo del proyecto.**

El plan se desarrollará en los acuíferos de Villa de Arista y Jaral de Berrio-Villa de Reyes de la siguiente manera:

- a) Cada COTAS elegirá 10 explotaciones, en el caso del de Jaral de Berrio-villa de Reyes se efectuará del siguiente modo, 5 en el área de influencia de Jaral de Berrio y 5 en la de Villa de Reyes, de las que 4 pertenecerán al sector social y 6 al sector empresarial, a fin de instalar en cada explotación dos sistemas de protección, un multitúnel y un invernadero de 5.000 m<sup>2</sup> cada uno.
- b) En el área de influencia de cada COTAS se instalará un semillero con una superficie de unos 500 m<sup>2</sup>.

El desarrollo del plan precisará de la redacción de los proyectos técnicos en cada parcela y de los protocolos de control integrado, así como, de los documentos legales para la constitución de una organización de productores.

### **6.4.- Características de los sistemas de protección.**

Como ya se ha comentado en el epígrafe 6 de este documento, los sistemas de protección en estas latitudes deberían concebirse de manera que las renovaciones de aire sean máximas, lo que se consigue con naves estrechas, ventilación cenital y lateral y, anchos de invernadero reducidos. Las condiciones desfavorables que limitan el desarrollo, la fructificación y la sanidad de los cultivos en el área de los dos acuíferos considerados se resumen en:

- Temperaturas bajas en invierno.
- Radiación alta.
- Lluvia y granizo concentrada en los meses de verano.
- Baja humedad relativa (inferior al 25%) en algunas épocas del año.

De acuerdo con las condiciones desfavorables enunciadas, los acolchados muestran grandes debilidades ya que no se podrá cultivar en los meses fríos y los meses con temperaturas favorables la lluvia y el granizo va a plantear serios problemas al desarrollo de los cultivos, por esta razón no contemplamos la técnica de acolchado en la propuesta. Los sistemas de protección para esta área deberían cumplir total o parcialmente con los requisitos de abrigo (para combatir las bajas temperaturas), sombrero (contra el exceso de radiación) y paraguas (para evitar la incidencia de la lluvia en el cultivo).

A fin de mejorar las condiciones de baja temperatura en invierno el material de cerramiento será polietileno térmico sin EVA, para evitar la dilatación que sufre con altas temperaturas y en su interior llevará una película de EVA con el fin de mejorar las condiciones térmicas durante las horas nocturnas, esta película se debe abrir durante las horas diurnas para evitar el exceso de temperatura. En algunos cultivos como es el caso del chile esta película de EVA se podría sustituir por una cubierta flotante de Agribón. Los sistemas de protección que habría que diseñar sería un macrotúnel de bajo coste de inversión, con canales para desalojar el agua de lluvia, y un invernadero.

El cultivo principal en el multitúnel será chile, este sistema de protección plantea problemas a la hora de realizar cultivos de crecimiento indeterminado en ciclo largo, por lo que si se piensa hacer jitomate hay que diseñar el sistema de tutorado que puede ir o no incorporado a la estructura. Los cultivos en el invernadero serán jitomate de larga vida de crecimiento indeterminado o pimiento corto de carne gruesa para el mercado de exportación.

Los dos sistemas se orientarán, si es posible, perpendicular al régimen de brisas a fin de mejorar las condiciones de aireación. La ventilación en el multitúnel será mediante ventanas laterales y en el invernadero también tendrá ventanas cenitales, en todos los casos de apertura y cierre será manual. Caso que la humedad relativa sea muy baja habrá que pensar en algún sistema barato de humidificación.

El invernadero para el semillero será totalmente automático.

#### **6.5.- Coste de la propuesta.**

El coste de la inversión para cada zona acuífera será:

- Proyecto técnico: \$300.000
- Preparación de los protocolos de control integrado: (integrado en el punto anterior)
- Preparación de la constitución de la organización de productores: \$20.000
- Multitúnel incluyendo riego a 80 \$/m<sup>2</sup>: \$ 4.000.000
- Invernadero incluyendo riego a 200 \$/m<sup>2</sup>: \$ 10.000.000
- Obra civil (almacén y depósito regulador): \$ 1.000.0000
- Preparación de suelo y acolchado: \$ 100.000
- Coste del semillero 500\$/m<sup>2</sup>: \$ 400.000

**TOTAL COSTE DE INVERSIÓN: \$ 15.820.000**

#### **6.6.- Necesidades de personal.**

Se prevé la necesidad de un técnico, por cada zona acuífera, que asistiría a la totalidad de las fincas, controlaría que se está realizando los protocolos de control integrado y se encargaría de los aspectos de comercialización. Esta persona percibiría un salario anual de: \$ 360.00.

También será necesaria disponer de expertos tanto en la etapa de redacción de proyectos, como de ejecución de las obras, como en las de cultivo con un coste anual de \$ 380.000.

**TOTAL COSTE DE PERSONAL: \$740.000/AÑO**

## 6.7.- Coste total del plan.

El coste total de la propuesta para el conjunto de los dos acuíferos asciende a unos cuarenta millones de pesos (\$40.000.000).

**Tabla F.1 Coste total del plan en cada zona acuífera.**

Concepto	Costo
Proyecto técnico	300.000
Preparación de la constitución de la organización de productores	20.000
Multitúnel incluyendo riego a 80 \$/m <sup>2</sup> x 5.000m <sup>2</sup> x10productores	4.000.000
Invernadero incluyendo riego a 200 \$/m <sup>2</sup> x5.000m <sup>2</sup> x10productores	10.000.000
Obra civil (almacén y depósito regulador)	1.000.000
Preparación de suelo y acolchado	100.000
Coste del semillero 500 \$/m <sup>2</sup>	400.000
Técnico 360.000 añox2 años	720.000
Expertos año 1	380.000
Experto año 2	200.000
Programa de capacitación (3 personas en Almería, España)	500.000
<b>Total en cada zona acuífera</b>	<b>17.620.000</b>

## 7. Programa de capacitación.

### 7.1. Antecedentes.

El Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA) de la Comisión Nacional del Agua (CNA) de México en el marco del Acuerdo de Cooperación Interinstitucional que tiene la CNA con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), ha venido desarrollando programas de capacitación en materia de riego localizado y plasticultura, como actividades inscritas dentro del componente de “*Manejo Sostenible del Agua Subterránea*” (MASAS), del PROMMA, parcialmente financiado por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento del Grupo del Banco Mundial, mediante el préstamo BIRF 4050-ME.

Entre las conclusiones de los trabajos del PROMMA, cabe destacar la conveniencia de intensificar la capacitación de productores, a fin de subsanar la deficiente asesoría para abordar técnicas de uso eficiente del agua dentro de un programa de manejo de los plásticos. En particular, se han de superar barreras impuestas por el desconocimiento de los materiales plásticos que pueden ser usados para acolchado y cerramiento de invernaderos, del control y diseño de invernaderos, del manejo de cultivos y riegos, del ferti-riego y de los equipos correspondientes. Resulta pues necesario intensificar acciones de formación de carácter eminentemente práctico que puedan ser de aplicación inmediata en las áreas de actuación del PROMMA, y en particular de la segunda fase del Proyecto en preparación.

En las líneas que siguen se propone la capacitación en Almería, España, de productores en unidades agrícolas de producción, almacigos, riego, fertilizantes, sustratos, comercializadoras, transformadoras de plásticos y construcción de invernaderos. Esta modalidad de capacitación de tipo “capacitándose trabajando” (*On-The-Job-Training*) ha probado ser sumamente efectiva, es decir, eficaz y eficiente, para lograr que los participantes aprendan de manera real y efectiva los diferentes aspectos prácticos de las actividades técnicas motivo de la capacitación.

Ya en el año 2003, un grupo conformado por tres profesores del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes (UAA) y un investigador del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pesqueras (INIFAP) dependiente del Ministerio de Agricultura de México, auspiciados por el proyecto PROMMA, recibieron capacitación en esta modalidad, con una estancia de seis semanas en la región de Almería, España. Estas personas, hoy están a cargo de la Finca Piloto para Capacitación en Plasticultura de la UAA en el Valle de Aguascalientes para el caso de los tres profesores de la UAA, y el investigador del INIFAP está llevando el desarrollo técnico / científico de un “experimento de plasticultura con macro-túneles” en el mismo valle, el cual se caracteriza por una agricultura que requiere de una profunda pero a la vez, rápida transformación, para reducir drásticamente los volúmenes de extracción que están provocando una seria sobreexplotación del acuífero del valle.

En el año 2004 y auspiciados por el PROMMA también recibieron, capacitación en materia de plasticultura y riego en Almería, España, tres jóvenes productores mexicanos de Aguascalientes y Guanajuato, durante dos meses. Con el objetivo de familiarizarse con las técnicas de manejo de invernaderos plásticos, agua y disoluciones nutritivas practicadas en los sistemas de producción de Almería, como curso dirigido a capacitarlos para proyectar sistemas similares, interpretar su funcionamiento y tomar decisiones hacia el mejoramiento de parámetros de cultivo y riego bajo las condiciones reales de sus áreas geográficas. El resultado de esta última capacitación resultó positiva ya que al término de la capacitación proyectaron sistemas de protección de cultivos, que a juicio de los profesores que les asistieron, pueden ser adecuados, para sus condiciones agroclimáticas.

Siguiendo el modelo de la capacitación de los jóvenes productores, arriba mencionados, se hará el planteamiento de este programa. La pretensión es aplicar la capacitación sobre productores / tomadores de decisiones, jóvenes, con formación, al menos de bachillerato y preferiblemente titulados en ingeniería agronómica, para impulsar aún más el *cambio* que requiere la agricultura en, general, las regiones de México caracterizadas por la extracción del agua subterránea en niveles de sobreexplotación y en particular la de los acuíferos objeto de este informe.

## **7.2.- Objetivos y alcances.**

El objetivo general es que los jóvenes productores mexicanos conozcan y sean capaces de emplear o aplicar los aspectos técnicos más relevantes de tecnologías de plasticultura sobre cultivos intensivos en campo y protegidos bajo invernadero de plástico, con prácticas de ferti-riego, tal como se practican en el Sudeste de España, con especial énfasis en el manejo del agua de riego con sistemas de riego por goteo.

Los objetivos específicos del programa propuesto se concretan, por una parte, en una formación de estos productores de nueva generación, que los haga capaces de seleccionar, ejecutar y manejar estructuras y cerramientos de plástico tanto para almácigo como para cultivo de hortalizas. Objetivo también prioritario del programa es familiarizar a los participantes con las técnicas de manejo de agua y disoluciones nutritivas, con los riegos por goteo practicados en dichos sistemas de producción, y capacitarlos para proyectar sistemas de riego, interpretar su funcionamiento y tomar decisiones hacia el mejoramiento de sus parámetros hidráulicos bajo las condiciones reales impuestas al riego.

Por otra parte, serán asimismo objeto del programa la poscosecha y la preparación de los productos, para su presentación en los mercados. Con un carácter tanto teórico como práctico,

dichos objetivos se centran en difundir hacia áreas de características comparables una experiencia que, en Almería, ha contribuido a un uso eficiente del agua compatible con una elevada productividad.

A los efectos que se pretenden, se procurará la participación activa de los alumnos en la realización de labores de cultivo, para así transmitirles *in situ*, junto el conocimiento del uso y comportamiento de los diferentes tipos de equipos empleados y, en particular, el de los sistemas de riego por goteo, el de las respuestas productivas del cultivo a diversos parámetros de funcionamiento que condicionan la distribución de agua y fertilizantes.

En suma, aparte de conseguir información directa sobre el estado actual de las técnicas mencionadas en el Sudeste de España, y sobre sus expectativas, se pretende que los jóvenes productores participantes sepan aplicarlas, lo que deberá conseguirse a través de su capacitación durante tres meses como productores residentes en distintos campos de cultivo en dicha zona, con el apoyo de sesiones teóricas para análisis y discusión de las prácticas observadas.

### **7.3.- Desarrollo del programa.**

Se prevén actividades de carácter formativo dirigidas a un máximo de tres grupos de **tres productores, es decir un máximo de nueve personas**, de nueva generación que disponen ya de alguna base en técnicas de cultivo intensivo. Dentro de la duración total del programa, de ocho semanas, el horario será, de lunes a viernes, de 8,00 a 18,00 horas, con parada de 1,30 horas para el almuerzo, y el sábado de 8,00 a 13,00 horas.

Los participantes serán calificados por su asertividad, aprovechamiento y dedicación y responsabilidad que demuestren a todo lo largo del curso.

En el *Apéndice F.1* se detalla el desarrollo del curso.

### **7.4.- Profesorado**

El programa deberá contar con un coordinador de la actividad experto en Agroplasticultura y profesores tutores expertos en producción bajo invernadero, riego, fertilización, proyectos, comercialización, protección contra plagas y enfermedades. Además de técnicos y productores.

### **7.5.- Costo del programa**

El grupo está compuesto por un mínimo de una persona y un máximo de tres y el número de grupos podría variar entre uno y tres, es decir nueve personas máximo a manejar en la capacitación. Las fechas para el inicio de la capacitación iría desde el 15 de octubre al 1 de marzo, fuera de esas fechas la calidad de la formación se resentiría por la dificultad de encontrar cultivos en todas sus etapas fenológicas.

**El coste de un programa de esta naturaleza para tres grupos costaría sobre un millón novecientos mil pesos mexicanos.**

**Tabla F.2 Costo total del programa de capacitación (US\$)**

Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe
<b>1. Gestión de la capacitación:</b>				
Matrícula*	Grupo	3	13.300	39.900
Desplazamiento**	Grupo	3	3.000	9.000
Indirectos (16%)				7.824
IVA (18%)				8.802
<b>TOTAL 1</b>				<b>65.526</b>
<b>2. Pasaje, viáticos y seguros:</b>				
2.1. Avión SLP-AL-SLP	Persona	9	1.500	13.500
2.2. Viáticos 90 días	Persona	9	9.000	81.000
2.3. Seguro médico	Persona	9	250	2.250
<b>TOTAL 2</b>				<b>96.750</b>
<b>TOTAL</b>				<b>162.276</b>

Notas: Cifras en dólares de los Estados Unidos de Norteamérica, tipo de cambio de \$11,50 por 1USD.

\* Los días efectivos de capacitación son 77

\*\* Incluye el costo de los vehículos y chofer entre alojamiento y nueve fincas diarias.

### **7.6.- Puesta en marcha del programa.**

El programa de capacitación debería ir paralelo al proceso de transformación de las explotaciones de las actuales, por lo que se podría pensar en enviar grupos personas de entre las que vayan a iniciar la reconversión, los tres primeros años.

## **8. Propuesta de un plan de actuación en plasticultura.**

El riego con aguas residuales, si depurar, a lo que hay que añadir, la resistencia de los regantes a dejar de usarla, en el área del acuífero del Valle de San Luis, no permitirá una producción certificada lo que llevaría al fracaso cualquier plan de actuación en plasticultura.

La propuesta que haremos se centrará en los acuíferos de Villa de Arista y de Jaral de Berrios - Villa de Reyes.

### **8.1.- Plan de transformación con técnica de plasticultura.**

La producción agrícola en la zona del acuífero de Villa de Arista y de Jaral de Berrios - Villa de Reyes se puede dividir en dos grupos claramente diferenciados. Uno es el de los productores agrícolas de carácter empresarial, que siembran grandes extensiones de hortaliza, es el caso de Villa de Arista, o alfalfa, es el caso de Jaral de Berrio-Villa de Reyes, esta última con baja productividad socio-económica. En el caso de la hortaliza, principalmente chile, el problema es la inseguridad de la cosecha por problemas climáticos, lluvia y granizo en verano y baja temperatura en invierno.

El otro grupo está representado por medianos y pequeños productores particulares y ejidatarios, orientados a otro tipo de cultivos como maíz, frijol, alfalfa y otros, este es el caso de Jaral de Berrio-Villa de Reyes. En Villa de Arista la producción está orientada al cultivo de hortaliza y al de alfalfa para mejorar la condición de los suelos, se estima que de las 10.000 ha de riego, unas 5.000 ha se destinan a la producción de hortaliza y el resto, es decir, otras 5.000 ha se destinan al cultivo de alfalfa.

Las técnicas de plasticultura utilizadas en la producción de hortaliza apuntan su interés socioeconómico. A continuación se presentan acciones orientadas en cada uno de estos acuíferos, con las que se incrementaría substancialmente la productividad económica y social del agua en la agricultura en la zona de los dos acuíferos. Se ofrecen datos de inversión, costes de cultivo, producción e ingresos; con estos datos se calcularon beneficios netos con precios y rendimientos. El costo promedio del jornal para 2003 se supuso de \$95, de acuerdo a información de SAGARPA. En la **Tabla F.3**, se presenta el costo de producción de las hortalizas bajo el sistema de riego por goteo, acolchado en las áreas objeto de análisis.

**Tabla F.3 Costos de producción e ingresos de hortalizas bajo acolchado y riego por goteo.**

Labores	Pepino	Brócoli	Calabacita	Chile (verde)
Preparación del suelo	1,075	845	1,460	1,070
Fertilización	2,489	4,860	3,170	7,990
Siembra	2,777	4,796	1,190	13,440
Labores de cultivo	2,364	1,187	1,200	4,430
Riego	3,402	2,009	5,160	5,350
Plagas y enfermedades	2,480	2,594	3,520	5,870
Cosecha	5,295	4,297	23,370	13,300
Diversos	2,972	3,120	13,030	1,440
<i>Subtotal</i>	<i>22,854</i>	<i>23,708</i>	<i>52,100</i>	<i>52,890</i>
Cinta de goteo	3,050	3,050	3,050	3,050
Acolchado y cubierta flotante	5,540	5,540	5,540	5,540
<i>Total</i>	<i>31,444</i>	<i>32,298</i>	<i>60,690</i>	<i>61,480</i>
Rendimiento medio (t ha <sup>-1</sup> )	22	30	30	45
Precio medio (\$ kg <sup>-1</sup> )	1.60	2.50	3.00	2.00
Valor producción(\$ ha <sup>-1</sup> )	35,200	75,000	90,000	90,000
Beneficio neto(\$ ha <sup>-1</sup> )	3,756	42,702	29,310	28,520

### **Evaluación financiera de macrotúnel, con acolchado plástico y riego de cintilla<sup>3</sup>.**

Superficie: 1 ha.

Cultivo: un ciclo de chile y otro de calabacín.

Coste de inversión: 700.000 \$

Interés: 14%

Plástico de dos campañas: cada dos años habrá un gasto extraordinario de 50.000 \$

Vida del macrotúnel: 9 años

Gastos de cultivo de chile: 137.500 \$

Gastos cultivo de calabacín: 75.000 \$

Gastos totales de cultivo: 212.500 \$

Ingresos Chile: 382.000 \$

Ingresos calabacín: 120.000 \$

Ingresos totales: 502.000 \$

VAN: 623.590

TIR: 36%

<sup>3</sup> La evaluación financiera muestra datos de rentabilidad de los macrotúneles instalados en Aguascalientes por el programa MASAS.



## 8.2.- Para pequeños propietarios y ejidatarios.

### 8.2.1.- Villa de Arista.

La propuesta consistirá en la transformación a mediano y largo plazos de las 5.000 ha de riego de alfalfa con un uso consuntivo de unos 100 hm<sup>3</sup> a unas 2.000 ha de invernadero con un uso consuntivo de unos 10 hm<sup>3</sup>, con lo que se produciría una reducción en el minado del acuífero de unos 90 hm<sup>3</sup>/año.

El plan de tecnificación que se propone es de bajo coste de inversión en la etapa inicial, debido a que los productores no conocen bien la tecnología y a la situación socioeconómica que atraviesan.

La propuesta es pasar del cultivo de chile, en rotación con otras hortalizas como pepino, calabacín y otras, que actualmente se está cultivando con técnicas de acolchado y cintilla, a su cultivo en macrotunel.

**Tabla F.4. Costes e ingresos (cifras en \$) de diferentes variedades de chile con acolchado plástico y cintilla.**

Concepto	Jalapeño	Serrano	Poblano
Semilla	7220	8362	13888
Semillero	3683	2917	2245
Craker	250	250	250
Rastra	250	300	300
Rotocultivo	300	400	400
Aplicación pretransplante	300	300	300
Acamado	200	200	200
Mano de obra	1650	1650	1650
Transplante	1100	880	670
Envarado			5000
Fertilización	16500	16500	16500
Agroquímicos	8800	8800	8800
Aplicación agroquímicos	2365	2365	2365
Riego	2200	2200	2200
Imprevistos	4640	4742	4742
Cinta de riego	2850	2850	2850
Acolchado	4400	4400	4400
Cosecha	22500	26250	7500
Arpillas	3420	2660	
Fletes	10868	5283	11250
Comisiones	13500	15750	13500
TOTAL GASTOS	106996	107059	99010
Rendimiento medio (t ha <sup>-1</sup> )	55	55	60
Precio medio (\$ kg <sup>-1</sup> )	2,5	2,5	2
Valor producción(\$ ha <sup>-1</sup> )	137500	137500	120000
Beneficio neto(\$ ha <sup>-1</sup> )	30504	30441	20990

El conocimiento que los productores de este acuífero tienen sobre producción de hortaliza con técnicas de acolchado y la inseguridad en la cosecha a consecuencia de la climatología, con

lluvias y granizo en los meses de verano y bajas temperaturas en los meses de invierno nos llevan a proponer la transformación a macrotúnel o invernadero, dada la alta rentabilidad que se espera obtener. El macrotúnel (1.000 ha) se diseñaría de acuerdo al cultivo principal que sería chile y el invernadero (1.000 ha) se diseñaría, principalmente, para cultivo de pimiento de carne gruesa.

### 8.2.2.- *Jaral de Berrio-Villa de Reyes.*

La producción agrícola en la zona del acuífero Jaral de Berrios - Villa de Reyes se puede dividir en dos grupos claramente diferenciados. Uno es el de los productores agrícolas de carácter empresarial, que siembran grandes extensiones de alfalfa de baja productividad socio-económica. El otro grupo está representado por medianos y pequeños productores particulares y ejidatarios, orientados a otro tipo de cultivos como maíz, frijol, alfalfa y otros. Los niveles de tecnología aplicada son diferentes en estos dos grupos, ya que los productores de tipo carácter empresarial suelen utilizar riego a presión en sus cultivos. El grupo de medianos productores están intentando cambios de cultivo a agave azul, este cultivo puede presentar problemas por las bajas temperaturas que se dan en la zona, y olivo para aceite, siempre con riego de cintilla.

Los medianos y pequeños propietarios y ejidatarios de la zona presentan una situación socioeconómica, caracterizada por la dificultad de acceder a créditos y por el desconocimiento de la plasticultura, lo que nos lleva a proponer un plan de tecnificación con bajos costos de inversión y en el que se plantea una utilización máxima de mano de obra propia. Ello va a contribuir a la reducción en los costos de producción, que en el caso del acolchado representa alrededor del 25% de los costos totales de cultivo, hasta llegar al invernadero y casas sombra, donde la contribución de estos costos por concepto de mano de obra puede ser mayor del 50%.

Dado el recelo con el que se ve el cambio hacia cultivos hortícolas, la propuesta que se hace es la de trabajar en dos ejidos, uno de la parte de Jaral de Berrios y otro de Villa de Reyes, de 80 ha cada uno, para hacer un proceso de transformación en dos años. A este fin, se proponen unidades de producción por productor, constituidas por 4 ha de acolchado en rotación anual (dos cultivos anuales de 2 ha en diferentes campos), para prevenir problemas de contaminación de origen biológico en el suelo. Adicionalmente se plantea la construcción de módulos de 0,2 ha de invernadero, y la superficie restante se reservaría para servicios, caminos, etc. Este planteamiento llevaría una necesidad de mano de obra por unidad de cultivo de 2 personas permanentemente ocupadas por módulo.

El sistema de rebombeo y filtros alimentaría a las 80 ha (acolchado más invernadero) y se dispondría del sistema de ferti-riego en cabeza de cada unidad de cultivo. Los invernaderos tendrían el suelo con acolchado plástico, para evitar la competencia con malas hierbas, y un sistema de goteo con tubos, mientras que en el acolchado se utilizaría cinta de goteo que se cambiaría junto con el plástico cada año, realizándose dos ciclos de cultivo. Cuando el trasplante se realice en épocas con riesgo de heladas, una opción sería colocar una cubierta flotante (agribón o EVA) con un fuerte efecto termoaislante. El costo de la reposición de la cinta, el del acolchado y el la cubierta flotante se ha agregado a los costos de producción de los dos cultivos en el año, mientras que el sistema de rebombeo, filtros, ferti-riego y líneas principales se consideran como inversión. En el invernadero se sembraría tomate o pimiento corto de carne gruesa con ciclo largo para cultivo durante todo el año. Para el caso de la superficie de acolchado, se probarán varias combinaciones de hortalizas en los dos ciclos anuales. Los cultivos propuestos para el análisis son chile-calabacita en el acolchado y tomate en el invernadero.

A continuación se ofrecen datos de inversión, costes de cultivo, producción e ingresos; con estos datos se calcularon beneficios netos con precios y rendimientos mínimos y medios. El costo promedio del jornal para 2003 se supuso de \$95, de acuerdo a información de SAGARPA. En la **Tabla F.5** se presenta un resumen de las características de producción de las 80 ha, que corresponden a 3,8 ha de jitomate bajo sistema de protección y 38 ha de acolchado en combinación de chile y calabacita.

**Tabla F.5 Características del sistema propuesto para un ejido de 80 hectáreas.**

Concepto	Cantidad	Unidad	Observaciones
Unidad de producción			
Invernadero:	3.8	ha	
Acolchado:	38.0	ha	
Reposo:	38.0	ha	
Caminos, linderos, etc.	0.2	ha	
<i>Total:</i>	<i>80.0</i>	ha	
Invernadero	9,720,400	\$	Estructura
Cabeza de sistema	919,600	\$	Cabeza del sistema y líneas principales
Costo Producción	10,127,228	\$	Incluye cambio de cintilla cada dos ciclos (un año)
Valor Producción	15,652,390	\$	
Producción	3,154,000	t	
Mano de obra	9,918	jornales	
Requerimiento riego	347,700	m <sup>3</sup>	6,500 invernadero y 8,500 acolchado (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
Desglose			
<i>Invernadero</i>			Tomate bola o pimiento verde
Invernadero	2,558,000	\$ ha <sup>-1</sup>	
Cabeza de sistema	22,000	\$ ha <sup>-1</sup>	
Costo Producción	1,529,260	\$ ha <sup>-1</sup>	
Valor Producción	2,319,050	\$ ha <sup>-1</sup>	
Rendimiento	80,000	kg ha <sup>-1</sup>	
<i>Acolchado:</i>			
<i>Chile*</i>			1° febrero a 15 de junio
Costo Producción	61,480	\$ ha <sup>-1</sup>	Se cargan los costos de cintilla, acolchado y agribón
Valor Producción	90,000	\$ ha <sup>-1</sup>	
Rendimiento	45,000	kg ha <sup>-1</sup>	
<i>Calabacita*</i>			15 julio a 15 noviembre
Costo Producción	52,100	\$ ha <sup>-1</sup>	No incluye costos de cintilla, acolchado y agribón
Valor Producción	90,000	\$ ha <sup>-1</sup>	
Rendimiento	30,000	kg ha <sup>-1</sup>	

\* Se pueden utilizar las combinaciones de hortalizas que más convenga, en función del precio de mercado (chiles de diferentes tipos, pepino, brócoli, calabacita, etc.).

Según el calendario de implantación, con la meta de desarrollar 10 Unidades de producción (800 ha), las inversiones y el valor de la producción al final de cada año se presentan en la **Tabla F.6**.

**Tabla F.6 Programa de implantación, Inversión y Valor de la producción**

	Unidad (N°)	Superficie (ha)
<b>1° Año - Implantación</b>	1	80
Inversión ('000\$)		10,640
<i>Producción acumulada</i>	0	80
<i>Costos producción ('000\$)</i>	0	0
<i>Valor de la producción ('000\$)</i>	0	0
<b>2° Año - Implantación</b>	1	80
Inversión ('000\$)		10,640
<i>Producción acumulada</i>	1	80
<i>Costos producción ('000\$)</i>		10,127
<i>Valor de la producción ('000\$)</i>		15,650
<b>3° Año - Implantación</b>	2	160
Inversión ('000\$)		21,280
<i>Producción acumulada</i>	2	160
<i>Costos producción ('000\$)</i>		20,254
<i>Valor de la producción ('000\$)</i>		31,300
<b>4° Año - Implantación</b>	3	240
Inversión ('000\$)		31,920
<i>Producción acumulada</i>	4	320
<i>Costos producción ('000\$)</i>		40,508
<i>Valor de la producción ('000\$)</i>		62,600
<b>5° Año - Implantación</b>	3	240
Inversión ('000\$)		31,920
<i>Producción acumulada</i>	7	560
<i>Costos producción ('000\$)</i>		70,889
<i>Valor de la producción ('000\$)</i>		109,550
<b>6° Año - Implantación</b>		
Inversión ('000\$)		
<i>Producción acumulada</i>	10	800
<i>Costos producción ('000\$)</i>		101,270
<i>Valor de la producción ('000\$)</i>		156,500
<b>Total Implantación</b>	<b>10</b>	<b>800</b>
<b>Inversión ('000\$)</b>		<b>106,400</b>

Se puede observar: con 10 Unidades de producción propuestas (en una área total de 800 ha) de plasticultura, incluyendo 38 ha de invernadero y el equivalente de 380 ha de acolchado en producción permanente (760 ha en cultivo alterno), se necesitaría una extracción neta 3 millones de m<sup>3</sup> de agua y se obtendría un valor bruto de producción de 156.5 millones de pesos.

En comparación con la situación actual del riego en Villa de Reyes (5,100 ha de riego, extracción neta de 55 millones de m<sup>3</sup> de agua, valor bruto de producción de 90.7 millones de pesos), la plasticultura necesitaría una superficie 6 veces inferior, un volumen de agua 18 veces menor y produce un ingresos bruto de 70% superior.

Desde el punto del empleo rural, en la **Tabla F.7**, se presenta un comparativo para tres sistemas de explotación en relación con el proyecto de plasticultura propuesto: jitomate en sistema de protección con tres combinaciones de hortalizas en acolchado. Se puede observar que la plasticultura permitiría, con el mismo volumen de agua, generar una oportunidad de empleo de 7 a 14 veces superior al riego existente.

**Tabla F.7. Productividad del agua**

Cultivo	Sistema de riego	Productividad		
		Agua \$ m <sup>3</sup>	Social* J (m <sup>3</sup> * 10 <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Física kg m <sup>-3</sup>
Maíz Forrajero	Aspersión	1.23	1.9	3.73
Alfalfa (35% M.S.)	Aspersión	0.86	3.8	0.72
Alfalfa (35% M.S.)	Goteo subterráneo	1.32	1.4	1.10
Jitomate en invernadero combinado con acolchado en dos ciclos por año:				
Chile - Calabacita	Goteo cintilla y acolchado	45.02	28.5	9.07
Calabacita - Brócoli	Goteo cintilla y acolchado	43.38	28.5	7.43
Chile - Pepino	Goteo cintilla y acolchado	39.03	28.5	8.20

\* Jornales por millar de metros cúbicos

A mediano o largo plazo, con la implantación de 30 Unidades de producción con plasticultura (2,400 ha), se necesitaría un volumen neto de agua inferior a 10 millones de m<sup>3</sup> (menos de la quinta parte del volumen utilizado actualmente) para obtener un ingreso bruto del orden de cinco veces superior al actual. Un plan de implementación de plasticultura de ese tipo sería la opción de desarrollo para el acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes en los aspectos tanto socioeconómicos como ambientales. Sería aplicable igualmente al acuífero de Villa de Arista.

### 8.3.- Grandes productores.

Debido a que los grandes productores cuentan con sistemas de riego a presión (cinta de goteo subsuperficial) en la alfalfa, se proponen tres acciones en función de las características observadas en los sistemas:

- Mejorar los sistemas de ferti-riego
- Estudiar en las condiciones de los diferentes suelos el patrón de movimiento del agua para colocar la cinta a la profundidad y separación más conveniente.
- Establecer programas de ferti-riego para el manejo de la alfalfa
- Elaborar un manual de manejo del sistema.
- Desarrollar un programa de asistencia técnica y transferencia de tecnología en la formulación de proyectos de invernadero y acolchado. Esta ayuda deberá de estar supeditada al firme compromiso, por parte de los productores, de que el ahorro de agua del proyecto no se traduzca en extensión de superficie de alfalfa.

## 9. El desarrollo de la plasticultura y el manejo del agua

Entre los beneficios a prever por cambios tecnológicos ligados al desarrollo de plasticultura debe incluirse el de su potencial para el uso más eficiente del agua. En parte por reducir la evaporación, como es el caso con técnicas de acolchado, y en parte como resultado de facilitar un mejor manejo del agua, con riegos localizados por goteo y subsuperficial.

Las oportunidades que brindan las tecnologías propias de sistemas de riego localizado se relacionan con la capacidad de los mismos para dar respuesta a requisitos de riego en tiempo y lugar, ajustados al régimen productivo de los cultivos. Por una parte, debidamente proyectados y ejecutados, facilitan la medida y el control del agua distribuida y, por otra parte, el correcto

manejo de una aplicación de agua uniforme permite limitar, además, tanto costes energéticos como riesgos por contaminación (de suelos, con sales y agroquímicos, y de acuíferos, en retornos contaminados por el ferti-riego). Pero asegurar y aprovechar tales beneficios obliga a la realización un programa bien planificado de seguimiento de las técnicas adoptadas, con pruebas de evaluación destinadas a cuantificar e interpretar los resultados, para relacionarlos con las condiciones del sistema y con los criterios de manejo del agua (presiones y gasto en goteros y tiempos de riego apropiados para las condiciones del cultivo).

Aunque viables en términos tecnológicos y económicos, y técnicamente asequibles a regantes y autoridades, los programas de seguimiento con evaluaciones de riego habrán de ser ejecutados con rigor y regularidad, con objetivos a medio plazo, sin los apresuramientos propios de la preparación de planes que llegan a elaborarse y aprobarse en ausencia de datos sobre evaluación del uso del agua por los propios regantes. Los trabajos se deberán realizar conforme a unas bases metodológicas para las que hoy existen medios tanto en conocimientos científicos, hidráulicos y estadísticos, como en disponibilidades tecnológicas propias de riegos localizados. Sin ese estudio teórico-experimental, debidamente sistematizado en cada zona en estudio, el valor de encuestas sobre usos del agua y sus expectativas puede resultar excesivamente limitado. Por el contrario, la información acumulada que irá produciendo su realización en sucesivas campañas debe significar una herramienta de valor inestimable para estudios posteriores.

Las estimaciones sobre ahorro real de agua se basarán en el manejo de modernos de riego, con proyectos demostrativos que ofrezcan a los propios usuarios la oportunidad de medir y controlar los sumandos del balance hídrico en campo, de forma que puedan interpretar las diferencias de uso y consumo con dispositivos de medida y control hidráulicos –manómetros y reguladores de presión- y con elementos de plástico en técnicas de acolchado.

El entendimiento de balances hídricos, con base en la determinación experimental de los indicadores de riego y en su relación con los parámetros relativos a la distribución del agua (uniformidad, con su impacto en los términos de evaporación, transpiración y retorno) se juzga necesario tanto para fundamentar previsiones y estrategias sobre la extracción de recursos hídricos en sus fuentes (acuíferos) como para estudiar la productividad de su uso en el regadío, con especial referencia a la evapotranspiración de referencia y a riegos deficitarios. En todo caso, los COTAS podrán significar un valioso apoyo complementario en cuanto a la información de usos del agua a proporcionar por los propios agricultores regantes, que potenciarán así su capacidad para concienciarse, al argumentar y razonar sus propias decisiones, participando con sus propios datos.

El consultor con funciones de asesoramiento para la ejecución del programa deberá contar con una buena formación académica y práctica sobre el funcionamiento hidráulico y estadístico de sistemas de riego localizado, como base para planificar y programar los trabajos de manejo y evaluación de riegos (balance hídrico) a practicar en campo por los propios usuarios en proyectos piloto y en ranchos convencionales. La capacitación y asistencia técnica al respecto se realizará en coordinación con centros universitarios calificados para analizar e interpretar el desarrollo metodológico de trabajos de campo debidamente planificados, realizados e inventariados. Asimismo, para responsabilizarse del nivel y rigor exigido tanto a los participantes como a las conclusiones en los documentos a elaborar, que deberán satisfacer ciertos mínimos de registro y disponibilidad de datos sobre usos del agua de riego.

## Apendice F.1 Programa de Capacitación

Se indican los días s1 a s6 por los seis días hábiles de la semana, suponiendo que se llega un sábado a Almería, y el curso inicia en el lunes de la semana siguiente. Entre paréntesis se indica el número del día efectivo de capacitación, es decir, no se cuenta el domingo. Dado que el cultivo de tomate y pimiento es el que se muestra más interesante para producir en las áreas de los acuíferos de la Región Centro, se prestará especial atención al mismo.

### PRIMERA Y SEGUNDA SEMANA

**Día s1 a s5 (1° a 5°):** Los alumnos participantes practicarán el manejo del cultivo de tomate cada uno en una finca con diferente grado de desarrollo técnico, asistidos por personal de la explotación y por profesor-tutor de la actividad.

**Día s6 (6°):** Los alumnos podrán comprobar en una cooperativa de comercialización cómo se prepara el tomate para la venta y cómo se realiza el proceso de comercialización. A alguno de ellos que se muestre especialmente interesado en algún aspecto comercial, se le prepararía una estancia de una semana en uno de estos centros.

### TERCERA Y CUARTA SEMANA

**Día s1 a s5:** Los alumnos practicarán el manejo del cultivo de pimiento en tres fincas comerciales con diferente grado de desarrollo técnico, asistidos por personal de la explotación y por el profesor-tutor de la actividad.

**Día s6:** Los alumnos podrán comprobar en una cooperativa de comercialización cómo se prepara el pimiento para la venta y cómo se realiza el proceso de comercialización.

### QUINTA SEMANA

Asistidos por el profesor-tutor, técnicos de campo y productores los alumnos desarrollarán las siguientes actividades:

**Días s1 a s5:** Los participantes se familiarizarán con almácigos, sustratos y preparación de disoluciones nutritivas. Las actividades formativas tendrán un carácter eminentemente práctico y se desarrollarán en instalaciones comerciales relacionadas con los temas enunciados. Para facilitar las labores de aprendizaje, los alumnos se dividirán en tres grupos, cada uno de los cuales desarrollará las mismas actividades en días diferentes, en cada una de las instalaciones seleccionadas.

Los objetivos que se pretende alcanzar con esta actividad se centran en obtener información y formación práctica sobre:

- Manejo de disoluciones de ferti-riego en diferentes cultivos hortícolas, con especial atención a los sistemas con sustratos
- Funcionamiento de autómatas de ferti-riego y su interrelación con los sistemas de control climático.

- Manejo del agua y de la calidad agronómica de disoluciones nutritivas, atendiendo a las características de los fertilizantes usados para el ferti-riego.
- Funcionamiento de los semilleros comerciales, técnicas especiales de manejo de plántulas, técnicas de injerto y control del crecimiento.
- Otras actuaciones ante la problemática que el técnico asesor encuentra en su quehacer diario.

Para realizar este tipo de formación práctica se seleccionarán empresas especializadas, de diferentes sub-sectores:

- Empresa dedicada a la explotación hortícola que, además, actúe como distribuidor de productos y fabricante de disoluciones concentradas para el ferti-riego, con técnicos experimentados en el asesoramiento práctico sobre manejo de esas disoluciones en sistemas de cultivo sin suelo
- Empresa dedicada al diseño, instalación y mantenimiento de equipos automáticos de control del riego y clima.
- Cooperativa dedicada a la explotación hortícola que cuente con diferentes sistemas de cultivo y de ferti-riego, relacionados con la explotación de especies hortícolas.
- Empresa viverista dedicada a la producción de plántulas, de especies fundamentalmente hortícolas. La problemática muy particular que presenta el manejo de estas instalaciones aconseja esta inclusión en el programa práctico.

A cada uno de los técnicos colaboradores en dichas actividades se asignará un alumno, que irán rotando su posición con los diferentes técnicos, de tal forma que todos los alumnos reciban una formación similar y aborden todos los temas planteados en los objetivos.

**Día s6:** Pautas para la realización de un almácigo comercial.

## SEXTA SEMANA

Asistidos por un profesor-tutor experto en Hidráulica de Regadíos, los participantes se familiarizarán con las técnicas de riego a las que corresponden las sesiones que se comentan seguidamente:

**Día s1:** *1/ Presentación sobre las prácticas de riego tradicional en Almería*, en el marco de sus difíciles condiciones de captación de aguas, suelo y clima. Se describirán y discutirán las condiciones de captación de agua en Almería (con sus diversas fuentes de aguas superficiales, subterráneas y residuales, previamente tratadas). Asimismo, de los cambios que la plasticultura ha hecho posibles para el desarrollo de su agricultura regada. En particular, de los cambios debidos a la mejor regulación del servicio de captación y toma por los regantes y a los riegos localizados (por goteo), que se han añadido a los del control del clima mediante invernaderos, paliando así los principales factores limitantes suelo y agua; *2/ Visita de campo* (diversas zonas, captaciones, bombeos y redes de distribución), con la finalidad de que los participantes tengan un contacto directo con los cambios que el regadío ha experimentado en áreas próximas a Almería, con el paso desde las tecnologías tradicionales de riego por superficie y por turnos a las de riego por goteo, a la demanda (uso de balsas y paso del sistema de acequias al de redes a presión).

**Día s2:** *1/ Sesión de aula* se destinará a interpretar criterios de programación de riegos y a fundamentar el manejo del agua con sistemas de goteo; *2/ Visita de campo a invernaderos* que



familiaricen a los participantes con los recursos tecnológicos hoy en uso sobre técnicas para distribuir el agua a los regantes.

**Día s3:** 1/ *Sesión de aula*, en la que se tratarán los aspectos hidráulicos y estadísticos que determinan la distribución de agua y nutrientes a los cultivos. Recibirán atención principal los aspectos relativos a proyecto de unidades de riego. 2/ *Visita de campo*, a invernaderos (productores de alto nivel, con recursos avanzados) que familiaricen a los participantes con la tecnología disponible para el manejo de agua y fertilizantes en las unidades de cultivo.

**Día s4:** Sesión única en aula con equipos de computación. Durante todo el día, tanto en la mañana como en la tarde, se practicará con la computadora la resolución de cuestiones de proyecto y de evaluación de riegos.

**Día s5:** 1/ *Sesión de campo*, para evaluar el riego en campo. 2/ *Sesión en aula*, con equipos de computación, para analizar e interpretar los datos tomados en el ensayo de campo y para evaluar el aprovechamiento de los participantes.

**Día s6:** Elaboración de un proyecto de riego.

## SÉPTIMA SEMANA

Los participantes, asistidos por los tutores de la actividad trabajarán en fincas que utilizan técnicas de Producción Integrada.

### Días s1 a s5:

1. Conocer *in situ* la tecnología de Producción Integrada en invernadero de algunos productos hortofrutícolas (pimiento, tomate, pepino, melón y sandía) en Almería
2. Estancia práctica en invernaderos pertenecientes a cooperativas de Producción Integrada
3. Realización de labores prácticas de Producción Integrada en los citados invernaderos
4. Conocimiento de la metodología de Producción Integrada en Andalucía y en España.
5. Conocimiento y práctica de las labores poscosecha y manipulado de Productos Hortofrutícolas obtenidos mediante las técnicas de Producción Integrada.
6. Certificación de productos.

**Día s6:** Pautas para la elaboración de un proyecto de invernadero con técnicas de producción integrada.

## OCTAVA SEMANA

Los alumnos participantes, asistidos por el tutor correspondiente, trabajarán en:

**Días s1 a s5:** Trabajos de campo con empresa de construcción de invernaderos, conocerán como se preparan los suelos para el cultivo y visitarán una fábrica de transformación de materiales plásticos y alguna estación experimental.

**Día s6:** Pautas para la elaboración de diseño de invernadero.

**NOVENA SEMANA**

Los alumnos participantes, asistidos por el profesor tutor y técnicos de campo, trabajarán en:

**Días s1 a s5:** Trabajos de campo explotaciones comerciales que usan técnicas de acolchado y cultivo de planta ornamental.

**Día s6:** Pautas para la elaboración de un proyecto de cultivo con acolchado plástico.

**DÉCIMA SEMANA**

Los alumnos participantes, asistidos por el profesor tutor y técnicos de campo, trabajarán en:

**Días s1 a s5:** Técnicas de control de plagas y enfermedades de los cultivos en invernadero.

**Día s6:** Pautas para la elaboración de un proyecto de cultivo con acolchado plástico.

**DÉCIMO PRIMERA SEMANA**

Los participante asistidos por el grupo de profesores-tutores realizarán las siguientes actividades:

**Día s1 a s5:** Realización de proyecto sobre almácigo o invernadero o acolchado, a realizar en áreas geográficas de donde provienen.

**Día s6 (48°):** Presentación y discusión de cada propuesta, con participación de todos los expertos que han intervenido en el programa de formación.

**DÉCIMO SEGUNDA SEMANA**

Esta última semana los participantes, asistidos por el coordinador de la actividad y los profesores tutores la destinarán a reforzar los aspectos que consideren necesarios y a recapitular lo aprendido durante la capacitación.

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo G – Agua y Ordenamiento Territorial**

## **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

### **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

#### **Anexo G – Agua y Ordenamiento Territorial**

##### **1. Land use planning considerations and perspectives**

From the strict point of view of land use planning and the financial capacity to develop it on its own, the San Luis Potosi State (SLP) is not in the best situation, which could be dreamt of.

However, some precision must be firstly clarified about what “land use planning” means.

The MASAS selection of a specific area to be studied is the hydrologic region “El Salado” around the City of San Luis Potosi. It is relevant with the local water resource: an intermittent river (the Santiago River) and some local aquifers.

For land use planning considerations, it is too restricted because they are supposed to include the various activities and future ambitions of the City and the State of SLP, their relationships with the other States, which surround them, their main social and economic role within a general area, which encompasses the Republic of Mexico and, at least, the boarder zone with the USA.

How the local water capacities would allow or not the future development of SLP is consequently the main question to be answered from a wished land use planning development, which radically differs of the maximal possible development, which SLP should expect from its own local water resources. In this last case, the actual situation (no practical water flow in the Santiago River and overexploited aquifers) clearly indicates that no development is possible. Only a necessary rationalisation of the various uses of water (for domestic and urban purposes, agriculture and industry needs) should balance the mistakes of the past decades. Repairing the leakages, changing the antic industrial processes for cleaner and less water greedy ones, suppress the non economic water uses of the agriculture, like the irrigation of alfalfa or beans, are obvious unpopular measures to be decided, in view to recover a sustainable use of the actual local resources.

When imagining such decisions would be urgently implemented, only restrictions to the actual development would result: less agriculture if it is not replaced by a more productive and sophisticated one (greenhouses), less industry if technological environment friendly changes are not operated (case of Minera San Xavier), less welfare when priority is given to the quality of the water supply and sanitation service (tough increase of the water tariff and related charges).

All these measures are an absolute necessity but are very costly in terms of taxes and prices increase. Alone, they are politically impossible to be implemented, except if some compensation from external origin is simultaneously found to accompany them.

A classical mean is a Federal subsidy system. It sharply depends of the capacity of the Nation to pay, thanks to a centralized approach of the problems to be solved. Past experience has shown the possibilities but also the limits of such a system.

Another approach is to widen the scope of the development in perspective, so that a new deal would allow to including the repair of the past in drowning it in the present and future socio-economic thrust. An appropriate land use planning should offer such a possibility when the ambition for success largely overtakes the water scarcity to be suppressed.

The northern Altiplano zone, as well as the Central and Media other zones, are respectively desert and arid, although the fourth rather separated Huasteca eastern administrative region is tropical with a rain forest and abundant water.

A water transfer from the eastern part to the western area of the State is rather naïve because the distance, the relief and consequently the cost of such an operation.

Solutions, which could be proposed for the water supply and sanitation of the urbanized area of SLP City, within a 100 kilometres around area, must be self-sufficient for resources and discharges. Some of them are suggested in *Appendix G-1*, reference (4), section 4.

They are in any case quite different with comparison to the water policy to be developed in the Huasteca part of the State. It seems of some importance to insist here again on the necessity to develop an integrative vision of the water policy within the State of SLP and not to restrict the studies to only a part of it, although it is the most populated part. To be trust, proposals must be addressed to the whole population of the State, to the eventual outside interests like the neighbour States, the foreign brokers of the global agricultural market and the multinational decision-makers of the industry. It must also take into serious consideration the development wishes of the Federation. The best way to achieving these imperious tasks consists in telling and writing to these multiple stakeholders and partners what SLP is wondering from them. Most of the time they would feel provoked and react to deny or shift the proposals, sometimes they will agree. In all the cases, they will participate, which a first step to remove the actual static situation.

This strategy, when simplified as a caricature, is an approach by the consequences of an action to be debated. On the contrary, it does not consist to discuss about the causes of this future action. Nobody gives a high attention to the understanding of the causes because they imply a judgment on various decisions of the past, which are outdated for the most of them. Debates about the immediate and long range future actions are more stimulating. It is the way which is used by the land use planning.

An important economical transport axis, the roadway 57, does exist from the southern giant area of Mexico City to the Northern giant market of the USA. This South-North axis crosses the SLP State on a relative short length. Apart SLP City, little advantage is pull out from this Federal artery, namely when thinking to the local agriculture, which has not reached until now the appropriate scale of development.

The southern Bajío in the State of Guanajuato will continue to attract new industrial settlements; the competitive industrial offers of the Zacatecas, Aguascalientes, Leon and the Bajío, also Querétaro areas will continue to present a dangerous struggle for SLP (see *Appendix G-1*, reference 26).

This feeling that SLP is an isolated island is strengthened by the absence of an East-West axis within the State, which could drain for example an important flow of visitors with tourism purposes from the Northern frontier to the Huasteca/Vera Cruz region (actually a poverty zone). SLP urban area would have difficulties to develop itself further if it is limited to be a simple stage on the Road 57.

A second West–East axis of development would facilitate water transfer from the Media to the Central region of SLP because some benefit from the urban centre should be exported to the less populated areas of the State. Such a change in the evolution of SLP would perhaps stop the deficit immigration/emigration, which is presently pointed out by the population studies (see *Appendix G-1*, (1))

After such considerations, two issues are suggested:

- SLP cannot launch programmes toward a significant development alone. It must seek for **joint operations** with neighbour States such as Guanajuato for the agriculture (plasticulture) and for the industrial evolution (high-tech dry industries); or such as Vera Cruz for a safe and high-class tourism.
- SLP must develop itself with adapted financial tools and institutions. It is suggested that specific bodies would be created to levy public and private funds with the purpose to support specific projects, in particular plasticulture, water transfer, new transport routes. These **promotion offices** should be fideicomisos if they develop a permanent activity to create new financial resources (seeking for available savings, organizing revolving loans). Actual orientation of some fideicomiso (like the FOFAES-Fondo de Fomento Agropecuario del Estado de SLP, which is actually used by the COTAS and the Secretariat of Agriculture-SEGARPA) does not fit with this purpose. It is mainly addressed to a better coordination and distribution of already existing subsidies, with a higher degree of transparency and public participation. From a financial point of view however, it is not adapted to a real development plan because it is not endorsed to cover new risks in creating new financial resources.

Two economic sectors should be prioritized:

- **Plasticulture** with a sharing of the groundwater resources of the Villa de Reyes-Jaral de Berrios aquifer, on one hand, and the surface water from the Realito dam project or from any other project of the Rio Verde (see *Appendix G-1*, (4), section 4), on the other hand.
- **Safe, high-quality tourism** in Huasteca region, and eventually the Vera Cruz boarder, by improving the quality standards of supplied water and sanitation for the tourists, at the highest possible international level of quality and price. This last aspect of a higher pricing of water paid by a transit population has been experienced in the world over. It moves the water market towards a more realistic valuing with the purpose to better cover the costs of investment and operation and allows a progressive shift to a more efficient economic situation.

These four perspectives (joint operations, promotion agencies, greenhouses and tourism) are not the single recommendations to be suggested. They just shape the basic design of a future development of SLP, for which water is not anymore a constraint but some mean to a general adaptation. Let us evoke now the probable consequences of this evolution.

## 2. Consequences for a future economic development of SLP: some recommendations

The willingness to changing the actual development of SLP will have tremendous consequences for the quantity, the quality and the value of water.

New activities (plasticulture, new cleaner industries, some urban development, and high-class tourism) will encourage employment and extended incomes. It is the best way to simultaneously implement a higher water policy (in terms of quantity, quality of the drinking water, sanitation and for the environment protection) and to promote a higher standard of life for the society.

Four considerations must be successively presented for the agriculture, industry and urban domestic water uses and for the particular question of the bottled potable water.

a) A lot of attention is actually paid to the possible extension of the plasticulture (greenhouse agriculture) in the area of Villa Arista, Villa de Reyes (with possible other similar achievements in Jaral de Berrios, Guanajuato, which shares the same aquifer).

A superb operation, the “El Sureño” ranch in Villa Arista with its 14 ha of greenhouses clearly shows the financial and technical feasibility of such projects. Entirely financed by the Eximbank (at an exceptional rate of interest of 0.5% per year during 5 years), with a strong foreign technical support (US + Israel) for the greenhouses building and the operational launching period, this costly test (investment needs reach some 200 pesos /m<sup>2</sup>, a total expense of 28 million pesos) demonstrate two important facts:

- plasticulture at a large size of achievement is possible in Mexico and seems to be adapted to the US market demand today, may be to the world market demand to-morrow for vegetables, fruits and flowers of high quality. It is definitively not a technical dream but a real innovation.
- from another point of view, such a private initiative is completely outdoor oriented: the production (*chiles-peppers* and tomatoes) is sold in the US, loans and know-how are imported, everything is abroad but the soil, the manager, and the employees. There is consequently a necessary transfer and adaptation to financial, administrative and technical Mexican habits to be done, before expecting any further developments.

*Is this “Mexicanising” adaptation of the plasticulture worth and possible?*

For the water purposes, it is obvious. It also represents a dramatic opportunity for the arid Mexican zones. Plasticulture produces more products, better products, with a minimal quantity of water. An access to the world market guarantees enough revenues to amortize the initial capital within a six-year period. A sufficient experience in various countries (Spain, Israel, USA, the Netherlands...) limits the technological and economical risks. It is however not the case for the social and cultural aspects. Because the wages, the work patterns and skills are completely different, plasticulture will chase away the traditional agriculture and the existing farmers. Who will take care of them? Will the Federal and State Governments pay for the consequences of large scale private initiatives? That is not sure.

Another concern, which could be solved, as the previous one, when some preventive policy is developed, is the Mexican financial offer for such operations. Financiers are most of the time not

keen to imply themselves to agriculture projects. They prefer industry, public works and trade. Plasticulture must demonstrate that it belongs to one or several of these categories. It also needs to be attractive because the height of the stakes.

14 ha of greenhouses, is a giant project. Although its cost is very high (but 200 pesos/m<sup>2</sup> should be halved in a near future), the resulting financial demand (less than 30 million pesos) is far away from the existing financial market. It is too high for technical public bodies, like the Secretariat of agriculture, which is specialized in the small- and middle-size traditional projects) and too low for a Ministry of finance or for an important national bank. Plasticulture must develop a larger achievement programme of several projects (not obligatory limited to the State of SLP), which will constitute an attractive financial surface, close to one billion pesos, during a short period of a couple of years.

SLP and Guanajuato projects to reducing the water consumption for irrigation from the Villa de Reyes-Jaral de Berrios aquifer and develop the “industry” of vegetables, fruits, ornamental plants and flowers should of course be the pioneers of this general development. Alone however, they could fail because a serious risk of inattention from the public and private investors in Mexico, despite the originality of this tentative programme.

**b)** Industry only represents 10% of the water consumption of the urban zone of SLP. It should be less thanks to some technical improvements but it would not change the general economy and management of the water resources.

What is important to keep in mind is the important role that industries could play for pollution control programmes. For public health and safety reasons but also for their abroad markets, industries are progressively obliged to massively invest in new cleaner and safer technologies and to restrict, at the highest possible level, the use of water. When comparing with the urban sanitation programmes, which are feebly undertaken by the municipalities, industrial efforts to controlling water intakes and wastewater discharges, design the future model of water management for the urban and domestic uses. Beyond technical considerations, which are of course different with regard to the kind of discharged pollution, a better following up of the industrial achievements for water and sanitation should facilitate the best and cheapest solutions for municipalities, according to the water market evolution, the best practicable technologies, the eventual financial opportunities.

Time flows faster by the industry (including in the mining industry, see *Appendix G-1*, reference 27, which must completely change its historical processes!). It could be helpful for the other categories of water users to accurately watch it.

**c)** Water pricing is the keystone of any urban water policy for the domestic uses and the main sanitation system, which includes the sewers network to collecting the wastewaters and the treatment plants to clean them before discharge in the natural environment.

An integrated management of water encompasses all these aspects. In some cases, it also pays attention to the evacuation of the rain- and storm-water, with the purpose to prevent urban floods.

About no city in the world is able alone to afford the full cost of these expenses. They require most of the time a mixed coverage coming from the State and municipal taxes, some federal subsidies,



and low-rate loans when they exist. At last, a price for each used cubic meter must be put down. It generally includes an important share of the operation costs and, for another more modest part, a partial previous investments pay off.

SLP institutional water organization does not observe this classical rule of concentrating skills and integrating means. Limits of competence between the Comisión Estatal del Agua, which is relevant for water supply and the sewers system but not for the treatment plants, are clear but rather illogical with the responsibilities of the water supplier, Interapas.

Fixing an appropriate price which would pay attention to the covering – or partial covering – of the water expenses is, in these conditions, rather impracticable. A better institutional organization by creating specialized projects-oriented working groups should probably improve the efficiency of the present existing bodies.

As it has been evoked in *Appendix G-1*, reference (5), 100 million pesos per year during five years are needed to covering the added costs resulting from a decision to modernize and develop the existing infrastructure. This measure should reasonably be repeated, for two or three similar periods of time, to complete the updating with the actual quantity and quality requirements for potable water and sanitation.

Immediate impact on the price of water should approximately reach a supplement of 1.3 peso/m<sup>3</sup>, which practically doubles the actual tariff paid by the Poor. It would however only lightly increase the height of the water bill, for those who live in a more comfort situation. The main difficulty will not come from this increase but will concern all the tariffication system, which is presently not based on a metering of the used water volumes but on some lump sum inappropriate contract (which is unable to design the fluctuation of the domestic consumption).

A revolution of the local habits must be encouraged to modify the structure of the tariff, with the purpose to be closer from the “Polluter Pays Principle” and the “User’s Pays Principle” The actual situation is not longer economically viable and must to be removed.

With regard to extend this supplementary revenue of 100 million pesos/year during 15 years, the water price increase would jump to an international common value of about 6 pesos/m<sup>3</sup> for the supplied potable water and reach more than 10 pesos/m<sup>3</sup>, when sanitation and water treatment would be charged on potable water.

If the population cannot afford the operation costs of the new water infrastructures (about 8%, every year, of their initial investment cost) and a part of their amortization, public subsidies, which are presently used, present the danger to turn as an inflating tool. When not properly operated, costly investments are a waste of financial support.

Whatever water policy in SLP should be, it obligatory will lead to an increase of the price of water. This phenomenon must accompany the economic and social development of the State. Symmetrically, such an improvement will need a higher standard of water achievements.

SLP State has to pay attention to this double progress. A water policy has no other justification but its impact on wealth and welfare. When not integrated to the main socio-economical targets, water objectives are futile. If properly associated, water programmes must to be paid by the general

progress they point to. When they are not covered at their right level, the water infrastructures and services will restrain the whole regional development because basic inputs are missing.

It is nowadays the case for the State of SLP: water is so cheap that no incentive could exist to protect its quantity and quality. The cost to repairing leakages is far higher than to let the water to be wasted and lost. The impact of the bad quality of water on public health, quality of some industry and agriculture products is not taken into consideration and restricts the economic growth and the way of life of everybody.

A higher pricing of the water (for example, 10 pesos/m<sup>3</sup> instead of the actual 2 pesos) should be shown as an impossible social deal: so many people – perhaps 60% -cannot afford an excessive increase. An unequal accepted repartition could solve this difficulty due to the presence of poverty places. Industry and welfare domestic consumers (those owning of a car and a cellular phone, for example) can be higher charged. When industry represents 10% of the used global volume and the welfare category of users is considered as 40% of the domestic volume, the tariff table should be as follows:

Water users	Water price Pesos/m <sup>3</sup>
The Poor	2
Welfare	22
Industry	11
Agriculture	p.m.

Mean value 10

**d)** As for many cities in the world, the real dynamic potable water market in SLP is not the water supply network managed by Interapas but the bottled potable water which is carried by trucks in some super- or hypermarkets of the city.

*Garrafones* of 5 gallons (19 litres) are voluntary paid from 8 pesos (420 pesos/m<sup>3</sup>) when filled in the store by the consumer in its own jar, to the double when this operation is already done by the bottling company.

Carrying almost 20 kilograms on a long distance is a hard operation when you do not own a car. Beyond the price difference (potable bottled water is about 300 times at a higher price than – no potable – supplied water on the tap), this side remark (you need a car) is a strong social limit to the extension of this second water network.

A lot of useful adaptations (including social measures) should be undertaken to facilitate the access to the distribution points of the *garrafones*. They have not to be despised. When supposing that people would accept in the future to pay 20 pesos/m<sup>3</sup> for controlled potable water on the tap, such a situation would happen after a decade at least to completely renew the actual supply network and the treatment plants. Meanwhile, the accepted payment of a water, to be carried, at some twenty- to thirty higher price value is an excellent training to let accept that tap water is not free anymore or paid at a not economical real tariff.

### 3. How to launch a consistent financial engineering programme for water?

SLP is a good example among the various States of Mexico of the difficulty to balance the wishes to a real implementation of an ambitious water programme (which includes sanitation and, in some cases, flood control) with the restricted possibilities to cover it with Municipal, State or Federal taxes or a combination of them.

The CEA development Plan 1999-2004 (see *Appendix G-1*, ref. (5)), a modest programme with regard to the real water infrastructure needs for SLP, shows five years later as an evidence that public money does not offer an issue to cover all the actual and future costs of water.

The Fideicomisos approach, as it is recommended for the time being in the new GICA-Gestion Integrada de Cuencas y Acuíferos, is finally nothing else than a more transparent and decentralised way to distribute a similar height of granting (subventions and subsidies).

Not anymore finance will be added to complete the programme as long as only subventions and subsidies – lost fund money – and no loans, would be used as the single possible financial tools.

To-day, water pricing is also a very limited mean to covering the investment, financial and operating costs. Information from Interapas (see *Appendix G-1*, ref.(4)) shows that the present income from the billed water scarcely covers the operating costs, some repairs and minimal investments for the future. It does not allow a real programming for development because the water tariff is too low (from 3 to 4 times insufficient with regard to the water supply financial needs; from 5 to 6 times, when adding the needed sanitation infrastructure);

Social reasons, such as the affordability and the willingness to pay the water at its real cost could explain this odd situation. When it is true that poor people and a major part of the farmers cannot pay high priced water, it is however as well true that a large number of inhabitants are neither poor nor farmers. A water policy, which is mainly based on those who cannot pay for it, is finally a no-policy.

Private funds are not easily available for water because it is first a public good (with the above exception of the bottled water).it has a slow turnover evolution, it requires a too long return on investment (more than 12 years). This situation is dramatically overtaken when considering the agriculture use of water. It explains that in Mexico no private banking system tries to complement the public subsidies. Only brokers from abroad accept to taking risks, which of course are limited to specific products, with little consideration paid to any long range development for the Mexican agriculture.

As it would be difficult, according the past experience, to turn the water into a concrete financial public priority, to convince private funds to commit themselves into a low profitable activity and to accept to risk to be seen as unpopular when sharply increasing the price of water, then some original proposals are suggested with the purpose to avoiding to tell the situation as a hopeless one.

These simple proposals are the followings:

- Taxing the cellular phone calls
- Widening the financial possibilities of fideicomisos with a system of guarantees under a permanent centralised control of their use

- Developing a Solidarity deductible taxes Fund, which revenues would be directly dedicated to water infrastructure achievements. Examples can easily be suggested: added VAT on non-indispensable goods, a specific tax on bottled water and sodas, an added tax on real estate transactions or tourism services...

The third suggestion is classical and only depends of the *political will* to boost the water policy in the Federation. Of course a lot of precautions must be taken to manage effectively such a financial transfer but no specific technical difficulty constraints such an operation. It is however legally not obvious to let consider water as public good, which is exempted to follow up the usual budget regulation.

The first suggestion is technically also very easy: taxing the cellular calls has practically no administrative cost and can yield several ten million pesos per year when limiting the call tax to one tenth of per cent. It however requires the interest and good will of *private companies*, which would consider this operation as an effective promotion of their image. So that it does not remain at the stage of a utopia, it just needs to be checked.

Finally, the second suggestion (public-private partnership under the form of fideicomisos) seems to be the most financially sensible. The idea is to bring together public and private investors with the purpose to guarantee short term savings, which are not used locally, with the purpose to use them for long range water infrastructure building. Two constraints must be however respected:

- such operations are not a lost funding. Loans must be reimbursed with reasonable interests. Only water pricing (for urban uses) and a share of the profit (for agriculture and industry uses) make it possible;
- minimal stakes must be observed. One billion pesos will attract investors, even if the expected profitability is not very high. Smaller operations would be ignored. An initial programming of several projects, which would be administratively and locally endorsed, is consequently an important prerequisite.

Any combination of the previous tentative suggestions is welcome; they are independent one of each other. Their single common point is to never have been tested for the water policy improvement.

#### **4. Developing links with GICA and role of the various water stakeholders**

More than 100 aquifers are overexploited in the Republic of Mexico nowadays. In 1999, within the international programme PROMMA- Programa de Modernizacion del Manejo del Agua (1996-2005), a specific sub-programme MASAS- Manejo Integrado y Sostenible de la Aguas Subterranas (2001-2006) has been selected. It will take place in the following programme of action GICA-Gestion Integrada de Cuencas y Acuíferos (2005-2011), which is actually taking the place of PROMMA with a more implementation-oriented ambition.

MASAS has selected a sample of 20 aquifers among the possible hundred because they are the most vulnerable, in particular from the urban uses pressure. For the present period of time 6 areas from the above 20 are prioritised: Guanajuato, Sonora, Jalisco, Querétaro, Aguascalientes, and San Luis Potosi.

There is in consequence a special attention to the orientations given to the GICA (the Integrated Water Resource Management, the Sustainable Development, the Bottom-Up approach instead of the Top-Down other one, etc.), which might strongly influence the main issues and recommendations of the SLP case, and reciprocally.

A new framework law for water in Mexico, the LAN- Ley Nacional del Agua has been promulgated in the early 2004. It particularly insists on the necessary decentralisation of the decision-making process (also told as subsidiary principle) and the deconcentration, which is addressed to the administrative organisation. Public participation and awareness to the questions of water protection are also enlightened.

Relationships between planning, programming and implementation also belong, as the previous examples, to the common field of experience shared by the GICA programme and the pilot project SLP.

A particular attention will be addressed to the financial innovative tools, such as the fideicomisos (FIVAGUA- Fideicomisos de Valorizacion del Agua), the actual role and fate of the water rights (derechos del agua) and the eventual creation of a Banco del Agua, which might constitute a meeting place to better valuing the water rights. All these possibilities are included in the April 2004 Ley de Aguas Nacionales (LAN 2004); real and massive implementations still remain however to be undertaken.

The water management legal aspects should also shape an important net of correspondence and cross-fertilization between GICA and SLP, namely during the period of implementation (PIP- Plan de Implementacion del Proyecto) of the two projects.

Some highlights, which are common to the GICA and the SLP project, must be stressed:

- financial aspects are concerning: many bright ideas, which have been suggested in the recent past years, have not found the necessary financial follow up until now. New financial tools must be designed to remove this disappointing situation
- public involvement and participation must be improved by a better listening, some confidence-building process, and institutional changes for a higher decentralisation. The most appropriate representation of categories of water users will be more accurately studied
- technological innovation must be pushed forward to facilitate better, faster and cheaper solutions for water

## Appendix G-1 Documentation

(1) Balance sociodemografico del Estado de San Luis Potosi, Jorge Durand, Patricia Arias, Emma Peña, El Colegio de San Luis, 1999

General demographic statistics are given for the 1950-1995 period as well as forecasts for 2005 and 2010. Specific studies are addressed to the balance of population moves (emigration is the double of immigration), employment, education, habitat and poverty. Some graphics show the accomplished progress in the field of water supply and sanitation during the 1970-1995 period of time.

See also: CONAPO.xls application/vnd.ms-excel about the SLP population forecasts of the Consejo Nacional de la Poblacion.

(2) Ley ambiental del Estado de San Luis Potosi, SEGAM-Secretaria de Ecologia y Gestion Ambiental, 1 Marzo 2000

See in particular Title IV (environment policy instruments), chapter 2 (ecological use), chapter 3 (protected areas); Title V (sustainable use of the natural resources and the anthrop goods), chapter 3 (water uses under the jurisdiction of the State); Title VI (pollution control and prevention), chapter 2 (water pollution control).

(3) Finanzas Publicas Estatales y Municipales de Mexico 1999-2002, INEGI-Instituto Nacional de Estadisticas Geografias y Informaticas, [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

**Comments: Information is given about the revenues from taxes and various rights (relatively weak in SLP for water, with comparison to other States). Among the expenses, potable water is also at a low level, although this cost is not covered by the correspondent fiscal incomes.**

(4) Plan de desarrollo urbano del centro de poblacion estrategico de San Luis Potosi- Soledad de Graciano Sanchez, documentacion INTERAPAS, marzo 2003

A general presentation underlines that 300 000 people are the average growth every decade of the State of San Luis Potosi (SLP):

1980: 1.7 million	1990: 2 million	2000: 2.3 million
-------------------	-----------------	-------------------

For the central zone of the State, which includes the capital City of SLP, its neighbour City Soledad de Graciano Sanchez (SGS) and their suburbs, the average growth has been of 200 000 people every past decade:

1980: 0.4 million	1990: 0.6 million	2000: 0.8 million
-------------------	-------------------	-------------------

According the Mexican Bureau of Statistics INEGI, the demographic annual growth rate in SLP is growing down: 4.7% during the 70s, 4.1% during the 80s, 2.8% during the 90s. This decreasing trend is supposed to be observed for the next twenty years.

The Plan de desarrollo urbano de 2003 pays attention to :

- The Mexican Plan Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenacion del Territorio 2002-2006 (which is mainly addressed to an Habitat programme and a programme for the Use of the Soils);
- The Plan Estatal de desarrollo 1998-2006 de SLP
- The Plan Estatal de desarrollo urbano de SLP 2001-2020, which has been achieved by CONAPO-Consejo Nacional de la Poblacion.

This last study with regard to several scenarios of evolution gives a range from 1.3 to 1.8 million inhabitants for the population of the State of SLP in 2020.

The minimal figure seems to be the most realistic one.

The Plan de desarrollo urbano de 2003 includes several documents:

1. Plan del centro de poblacion estrategico SLP-SGS, which is not particularly focusing on the water policy but is an interesting information about the socio-economic patterns of the population of the central zone (60% in the tertiary sector, 35% in the secondary) It indicates the progress which have been done for the marginalized population of the poverty zone of the suburbs: 25% of this population had no water supply during the 80s, 15% nowadays.

**Comments: The sanitation system remains a difficulty for the whole area considered by the Plan de SLP-SGS; 36 million m<sup>3</sup>/year of wastewater are still directly used by the local agriculture... The industry is rather traditional with a mining and metallurgic activity (copper, zinc, stain, kaolin, plaster, fluorite, quartz, feldspath). To this relative important water greedy industry is added a classical rather polluting transformation industry. Little information is given to the presence of a modern dry high-tech industry in SLP.**

2. A zoning document details the above considerations
3. Graphic annexes show the perfect control of the SLP Geographic Information System
4. Proyecto Integral de agua potable para la Ciudad de SLP y su zona conurbada, Universidad Autonoma de SLP (UASLP) 2002, Interapas marzo 2003

This important study recalls that the SLP-SGS area belongs to the Hydrographical region n°37 “El Salado” around the San José Dam and the El Peaje Dam with respective capacities of 5.1M m<sup>3</sup> and 6.7M m<sup>3</sup>. The total area surface is 1720 km<sup>2</sup> (2.7% of the State of SLP), from which 1350 km<sup>2</sup> for the City of SLP, 220 km<sup>2</sup> for SGS and 150 km<sup>2</sup> for Cerro de San Pedro. In Year 2000, with its 630 000 large population, SLP has a water consumption of 1.8 m<sup>3</sup>/s, whereas SGS with 150 000 inhabitants consumes a little less: 0.4 m<sup>3</sup>/s. Globally, the area needs 2.2 m<sup>3</sup>/s (69.4 M m<sup>3</sup>/y), which indicates a average daily consumption per capita of 245 litres of water. More than 100 wells, from 140 to 190m deep, and some 5 deeper wells (more than 400m) supply about 90% of the water demand. The other 10% comes from a relatively roughly treated surface water (from the San José and El Peaje dams) In the periphery of the central considered zone, water is supplied thanks to wells of a weak depth (less than 35m), which withdraw the water from a superficial highly polluted aquifer. In summary, three sources of water are used:

- surface water for a total which varies from 9.7 and 11.8 Mm<sup>3</sup>/y according to the various official papers. 10 M m<sup>3</sup>/y seems a reasonable figure to be taken into account;
- superficial groundwater, mainly for irrigation use, for 5 M m<sup>3</sup>/y;
- deep aquifer groundwater, which is the main overexploited water resource. About 130 M m<sup>3</sup>/y are supplied, from which 92 are used for public domestic and urban purposes (this is not coherent with the above 69.4 M m<sup>3</sup>/y which seem a 45% minored assumption), 14M m<sup>3</sup> are delivered to the industry (the major part of it represents 160 companies) Here again there is a diminishing of about 33% with the indicated figure of the below study “Evaluacion estrategica zonas industriales”. Some supposition about the importance and the accountability of the water leakages and illegal unknown water intakes can explain these differences. At last, the agriculture irrigation needs withdraw some 24 M m<sup>3</sup>/y

Agriculture water economy is summarized as follows:

Hollow aquifer:	5 M m <sup>3</sup> /y
Deep aquifer:	24 M m <sup>3</sup> /y
Recycled wastewater:	35 M m <sup>3</sup> /y
Total:	64 M m <sup>3</sup> /y Irrigation needs 2.05 m <sup>3</sup> /s of water

**Comments: From the Interapas documentation itself, it seems that about the half of the water intakes, whatever their final uses should be, are not precisely known. Leakages are estimated to 40%. In such conditions, a balance between the offer and the demand is difficult to establish. However, the following table could suggest a comprehensive understanding of what should be an integrated management of the water resource of Central SLP:**

M m <sup>3</sup> /y	Urban public	Industry	Irrigation	Total
Surface Water	9	1.4		10.4
Wastewater			35	(35)*
Hollow Groundwater			5	5
Deep Groundwater	92	12.6	24	128.6
total	101	14	64*	144

Little information is given on the sanitation network, which is considered as globally insufficient, although real efforts have been developed these last years to improve the treatment plants equipment.

To comply with a wish to increase the offer of groundwater from a theoretical 2.8 m<sup>3</sup>/s in Year 2000 (or 88 M m<sup>3</sup>/y – but it is already about 4 m<sup>3</sup>/s or 128.6 M m<sup>3</sup>/y for this time being...), future projects are addressed to water supply new water resources, mainly external resources located in a circle of about 100 km far from SLP-SGS:

Project	m <sup>3</sup> /s M m <sup>3</sup> /y	Distance (km)	Slope height(m)
SLP aquifer	0.3 9.5	5	150
Villa de Reyes aquifer	0.4 12.6	30	200
El Fuerte y Villala aquifer	0.2 6.3	85	80
Sierra de Alvarez y Santa Catarina aquifer	0.6 19	60	800
Manantiales Puerta del Rio	1 31.5	100	500
Manantiales de la Media Luna	3 94.6	140	900
Rio Verde	3 94.6	100	800
Rio Santa Maria (dam)	1.25 39.4	100	700

**Comments: These added resources are supposed to reach 4.3 m<sup>3</sup>/s in 2020, in excess of 1.5 with respect to the theoretical consumption of Year 2000 and only 0.3 m<sup>3</sup>/s when considering the real intakes. We shall keep in mind that a reasonable transfer of 1.5, or better 2 m<sup>3</sup>/s (63 M m<sup>3</sup>/y) should be relevant. Of course a lot of criteria will range these projects from the better to the worse: real availability of water, quality, impacts of an eventual transfer, cost of it, etc.**

Many precisions are given on the existing infrastructures, their localisation, performances and quality of service.

The aspect of water pricing is studied on a rather light way. There is no metering of the water but only lump sum subscriptions. These contracts, which are supposed to be paid on a two-month basis are very numerous among domestic consumers where the affordability to pay is weak and rare for the most important consumers (industries, municipal administrations, some irrigates)

**Comments: It not exaggerate and irrelevant to stress the poverty of the Plan for the economical and financial considerations. A specific study about these aspects must be urgently undertaken. It represents about a similar effort with comparison to what it has been until now achieved for the hydrological and technological chapters.**



(5) Comision Estatal del Agua: agua potable, alcantarillado y saneamiento de SLP, Plan hidraulico de gran vision para SLP y su zona de conurbada

Although the Proyecto Integral de agua potable has been published in 2003, a financial projection is given for the period 1999-2004, which is now outmoded:

M pesos	1999	2000	2001	2002	2003	2004	Total
studies	10	15					25
Institucional improvement	2	5					7
Water suppli infrastructure		10	35	42	35	35	157
Leakages control		10	30	25	15	15	95
Water transfer infrastructure		15	75	85	45	28	248
Total/year	12	55	140	152	95	78	532

An average expense of 100 million pesos is so suggested during this considered six years-long period. For 780 000 inhabitants, the annual expense to be covered is 130 pesos. The added cost to the supplied cubic meter of water would be from 1.3 to 3 pesos/m<sup>3</sup> with regard to the volume in consideration (distributed or really used)

**Comments: When the updating of the studies seems to be an acceptable evaluation, on the contrary the management capacity building is certainly under-estimated and should be at least extended for the next four years with the purpose to settle down an adapted cost recovery system. A specific study is indispensable to justify the cost of the various infrastructures. If an average budget of 100 million pesos per year seems to be an acceptable minimum, this proposal probably would be extended to the next 15 years-long period to comply with the infrastructure ambition of the plan.**

(6) Evaluacion Estrategica Zonas Industriales para la Cd. De SLP, M.C. Luz Maria Nieto Caraveo (Coordinora Grupo Agentia Ambienta) et al.; Lic. Federico Sierra (Coordinator CUATE) et al.; Secretariat de Fomento Economico del Gobierno del Estado de SLP; Universidad Autonomia de San Luis Potosi, 2001

Among other parameters taken into consideration to choosing the best location for new industrial settlements around the city of SLP (La Pila on the East, Monte Oscuro on the North-West, Peñasco and La Tijana on the North), water is studied for its availability for future industrial developments. In 2000, about 10% of the water which has been used for industrial purposes is surface water delivered from two main dams which are nearly located on the West of SLP:

- El Peaje, 8.3M m<sup>3</sup> of capacity with a draining area of 81 km<sup>2</sup>
- San Jose, 6M m<sup>3</sup> of capacity with a draining area of 265 km<sup>2</sup>

Two other dams are of minor importance: El Potisimo (3.5M m<sup>3</sup>) and Cañada de Lobo (1M m<sup>3</sup>). After evaporation (1M m<sup>3</sup> or 7% of the reservoirs), the efficient available water from the dams is 9.7M m<sup>3</sup> per year (0.3m<sup>3</sup>/s) coming from El Peaje (6M m<sup>3</sup>/y) and San Jose (3.7M m<sup>3</sup>/y). Industry is supposed to use approximately 8% of this quantity, i.e. 0.8M m<sup>3</sup>/y. The main industrial water intakes come from the SLP aquifer: 10M m<sup>3</sup>/y

In summary, the industrial use of water is the following during the 2000s:

Surface water: 0.8  
 Groundwater: 10  
 Total: 10.8M m<sup>3</sup> (0.34 m<sup>3</sup>/s)

**Comments:** With regard to the kind of the SLP industries (mechanics, chemistry, and relatively few agro-industry) a modernization of the processes (recycling of water, cleaner technologies) would lead to a cut-off by about 50% of the actual water use. Modern transformation industries and high tech. industries do not use water anymore since the past decade.

For the present decade 2005-2015, it would be possible to imagine a 5% annual increase of the industry (+ 63% for 10 years) with a steady water use of 11M m<sup>3</sup>/y if some modernization would accompany this growth.

(7) Programa Estatal de Ordenamiento Territorial, San Luis Potosi, SEDUVOP – Secretaria de desarrollo Urbano, Vivenda y Obras Publicas, 2002

In a first part, this important document (635 pages) gives a comprehensive description and analysis of the land use of SLP, the economic aspects for the agriculture, the secondary and tertiary sectors with reference given to the private investment. It also inform about the social and demographic trends in terms of welfare, housing, education, health and marginalization problems until 2000.

In a second part, the study presents a diagnosis on the natural resources subsystem, the economic market and the employment, the problems of the various categories of the population, including the immigration and the indigenous aspects.

A large set of maps facilitate a comprehensive understanding of this important study. Main conclusions show the fragility of the State patrimony of natural resources (namely water) and the importance of risks (in particular the earth cracks due to the drought)

**Comments:** Four administrative zones are distinguished in the SLP territory: three of them, the Central zone with the Capital City, the northern Altiplano zone and the eastern Medium zone are coherent from the water point of view. They are very dry (Altiplano), semi arid (Central zone), with some water resources (southern part of the Medium Rio Verde zone). The fourth part of the SLP State, the Huasteca Region is completely different with a tropical mountainous climate, water and rain forest. It is practically separated of the three other zones and oriented to the neighbours States: Vera Cruz and Hidalgo.

A drawn circle with a ray of 120 km long around the San Luis Potosi City gives the main concept of the present and future water policy in SLP for its three western zones. It includes the aquifer of Vila de Reyes in the South (40 kilometres close to SLP City but shared by the neighbour State Guanajuato) and various surface and groundwater possibilities (namely a dam El Realito in the Rio Santa Maria valley – to be shared with Guanajuato - and a groundwater transfer from the Media Luna aquifer, respectively 90 and 120 km far from the SLP Capital). The Altiplano future development will remain dependant of eventual water transfers coming from the SLP City.

(8) Programa Estratégico para el desarrollo economico 2004-2009, SEDECO-Secretaria de Desarrollo Economico de SLP, Junio 2004

Numerous projects (about 60) are subsidized to support industries, mining, handicraft and services in various micro-regions of the State. 160 million US \$ are invested for this six-years long programme with the purpose to develop activities and employment.

**Comments:** this programme is mainly addressed to small and middle size companies in view to balance big projects with numerous small ones spread over the whole territory of the State. It does not significantly affect the future water demand.

(9) Programa de encadenamiento productivo y desarrollo de proveedores, SEDECO-Secretaria de Desarrollo Economico, 2004

This PowerPoint presentation insists on the necessary substitution on the imports. It encourages the creation of APEC-Asociacion Potosina de Ejecutivos de Compras, which will strengthen Chamber of Commerce similar objectives.

(10) Agreement between la Comision Federal de Electricidad (CFE), la Comision Nacional del Agua (CNA) and the State of SLP, 1996

This agreement deals with the use of treated wastewater (14M m<sup>3</sup>/year or 0.45 m<sup>3</sup>/s) for the cooling needs of the electrical power plant. This recycling water is transported for 40 km. Its cost is shared by CFE (7 pesos/m<sup>3</sup>) and the State of SLP (2 pesos/m<sup>3</sup>)

**Comments: this agreement is an interesting model for future similar arrangements between agriculture and the State (purchase of unused water rights) and between municipal waste water treatment plants and eventual users of the treated water (aquifer recharge, agriculture irrigation)**

(11) Programa Estatal de Desarrollo Urbano de San Luis Potosi 2000-2020, UASLP-Universidad Autonoma de SLP 1997-2003, Jornal de la UASLP, Agosto 1999  
<http://ambiental.uaslp.mx/docs/reportes.asp?IdM=64/> for the main report

General information is given about the basic concepts of the urban planning and programming. Roles of various stakeholders (Governor of the State, SEDUCOP, SEDESOL, UASLP) are clarified as well as the main organization of the planning exercise. In view to reach its major objectives, a methodology of public participation is described (regional meetings, experts meetings, internet sites)

(12) El agua agricola para las zonas urbanas: El caso de la ciudad de SLP, Claudia Cirelli, Cuadernos del Centro, Colegio de San Luis, 1999

The process of water transfer is described with some concerns for its impacts. The case of the City of Mexico (D.F.) is studied with the presentation of the various intakes from the Rio Lerma Valley (Toluca) and the export of the wastewaters to the Valley of Mezquital.

For SLP, some scenarios are suggested, namely a transfer from the Villa Reyes aquifer, although it is already overexploited by the agriculture withdrawals for irrigation.

The CFE water intakes for the cooling need of its power plant as well as the main agriculture activities (alfalfa, maize, beans, cattle rearing) are presented. The double transfer of water (SLP treated wastewater to recharging the Villa de Reyes aquifer through an intermediary cooling use by the CFE plant on one hand, the fresh water intake from the Villa de Reyes aquifer to supplying SLP City on the other hand) is evoked with some concern with regard to the local farmers.

A distinction is done for the market-oriented farmers such as agro-industries, large agriculture entrepreneurs, farmers who have some direct access to the groundwater and the subsistence farmers, who only work for their own family alimentation needs. This last category should be the victim of the foreseen transfer.

Other users such as the recreative services (Gogorron Spa) and the industries (in particular CFE and the recycling paper mill Pronapade) are also important shareholders of the aquifer. The pressure on the water policy of the considered zone, coming from the urban and industrial users and from the most important

farmers is obvious. Will Villa de Reyes turn into a water tributary of the City of SLP? What categories of Citizens will control the suggested water transfers? Some institutional process must be urged to facilitating this debate.

(13) Programa Alianza Contigo, Subprograma PROFEMOR-Programa de Fortalecimiento de Empresas y Organizacion Rural, Secretariat de Agricultura de SLP

PROFEMOR main objective is to bring together small- and middle-size agriculture productive units with the purpose to improving their professional efficiency.

(14) Informe de mision de Pierre Ténière-Buchot: Preparation de MASAS-Manejo Integrado y Sostenible en el acuífero de Jaral de Berrios-Villa de Reyes (SLP y Guanajuato), 13-18 October 2003, OMM-CNA GPRMMA 03/2003-4727

This report studies the eventual conflicts which should appear between the various uses of the Villa de Reyes aquifer. It also clarifies the ToR of a more comprehensive mission to be organized in 2004.

(15) Cambio, Organizacion y Conflicto: el horizonte social del agua para el siglo XXI, CD ROM del Colegio San Luis, 2001

This CD contains an interesting paper about SLP: "El uso del agua residual en la periferia urbana de SLP" by Claudia Cirelli. It underlines the demographic increase of the City of SLP (from 230 000 in 1970 to 535 000 in 1995 – it reaches about 650 000 in 2003) and of the neighbour City of Soledad de Graciano Sanchez (from 16 400 in 1970 to 135 000 in 1995 – it reaches 230 000 in 2003) Consequences for the water supply and for the untreated wastewaters are of tremendous importance. A critic approach of the implementation of the CFE agreement (see above) is presented. Any use of the untreated wastewaters is stressed as a serious endangering for the public health.

**Comments: Studies of the Colegio de San Luis, IMTA- Instituto Mexicano de Tecnologia del Agua, CIESAS- Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropologia Social, show the difficulties which rise up when water is about free (and consequently often wasted) and when not enough consideration is given to the costly sanitation infrastructure to collecting, transporting and treating the wastewaters. Complaining is never a good substitute to the reluctance to pay the right price for water. Conflicts are provided by social indifference for the economic needs of water policy.**

Other papers of the CD present a high degree of interest. For example: "El abasto de agua potable en la ciudad de SLP en el ultimo tercio del siglo XIX" by Hortensia Camacho Altamirano; "Modernizacion agricola y uso intensivo de aguas subterráneas en la cuenca del rio Laja" by Marco A. Sanchez Izquierdo.

These studies are complemented by a bibliographic water-oriented reference source. Among other quoted reports, special attention should be given to "Apuntes sobre irrigacion, notas sobre su organizacion economica en el extranjero y en el pais" by José Herrera y Lasso; "Demografia historica y conflictos por el agua: dos estudios sobre 40 km del rio San Pedro, Chihuahua" by Luis Aboites Aguilar; "Manantiales, rios, pueblos y haciendas: dos documentos sobre conflictos por aguas en Oaxtepec y en valle de Cuernavaca" by Brigida von Mentz and R. Marcela Perez Lopez; "El problema de la irrigacion" by Leopoldo de Palacios.

(16) La construccion social de los usos y calidades del agua, Francisco Peña, VETAS, revista de EL Colegio San Luis, año II, numero 5, 2000

This publishing is dedicated to the sustainable development. The author stresses that water is not only a simple scientific and technical problem to be solved. It is also a very complex social process, which includes

a lot of conflicts and disputes. Finally, water is a good indicator of the social and political status of a population who tries to sharing its uses.

(17) Agua y sociedad rural, Frontera Interior, revista de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad Autonomia de Aguascalientes, El Colegio de San Luis, Conaculta, INAH, Año II, numero 3-4, 1999-2000

Numerous readings on water policies are available: Rutger Boelens (irrigation systems); Luis Aboites Aguilar (Mexican water problems during the 90s); Claudia Cirelli (the Alto Lerma river case); Francisco Peña (irrigation in the Mezquital Valley); Sergio Vargas Velazquez (water and agriculture in Lerma-Chapala); Sona Davila Poblete and Ana Helena Treviño (a COTAS analysis); Eugenio Santacruz de Leon and German Santacruz de Leon (irrigation and agriculture in Chiapas)

(18) Oasis y Espejismo – Proceso e impacto de la agroindustria del jitomate en el valle de Arista, SLP, Javier Maisterrena Zubiran, Isabel Mora Ledesma, collection Investigaciones, El Colegio de San Luis, Gobierno de SLP, SIHGO, 2000

An analysis on the problematic of the area and a model of the agro-industry are presented. Some important concerns (water, working conditions, gender) are pointed out. Conclusions are rather pessimistic about the profit distribution. Whereas the production is entirely exported to the USA, the resulting local profit does not fairly beneficiate to the basic employees...

(19) Hidrokids, Publicacion de Cultura del Agua: Alerta, desastres naturales?, Comision Estatal del Agua de Guanajuato, 2004

Comic strip for the youth awareness about water.

(20) Consejo Tecnico de aguas de Jaral de Berrios-Villa de Reyes, [cotasjaralvilla@hotmail.com](mailto:cotasjaralvilla@hotmail.com) , 2004

Advertising paper for a higher public participation

(21) Confluence, Le VIII° Programme de l'Agence Seine-Normandie, Journal of the Agence de l'eau Seine-Normandie n° 37, juin 2003

This information gives an appropriate model of what should be a financial water policy for the State of SLP for the future next years. It gives directions for the financial incomes and the proposed balanced expenses during a fourth-years long program 2003-2006. This programme includes studies and infrastructures for the water resources management (dams, wells, irrigation, wetlands protection, etc.) and the pollution control (sewerage systems, wastewaters treatment, solid wastes); it is addressed to the municipal projects, the industrial development (including the modernization of the processes), the agriculture and cattle rearing, as well as for the environment protection operations.

**Comments: the now 40 years experience of the French Water Agencies programming and Land Use Planning is mainly based on a political and financial approach of the problems to be solved rather than a technical and economical analysis. As water is not a priority but THE priority for the development of the social welfare and the richness of a country, it is more efficient to look at the decision-making process, which must be developed for the water policy (that is the governance side of the programme) and the affordability to pay for water operations (the public and private financial side: who must pay,**

**who will receive, who monitors and controls the integrated water resources management?), than to analyse the problems and seek for implementation.**

(22) Indicateurs de développement durable, Office des publications officielles des Communautés Européennes, 1997

This study observes the United Nations Sustainable Development Committee methodology. See in particular: water consumption (surface- and groundwater), water treatment, water pollution control indicators.

(23) Améliorer la gestion de l'eau: l'expérience récente de l'OCDE, [www.oecd.org](http://www.oecd.org), 2001

See in particular :section 2 (water tariff), section 3 (public-private partnership), section 5 (OECD support for water purposes given to the developing countries)

(24) Problèmes sociaux liés à la distribution de l'eau, OCDE, 2003

A good selection of papers from Paul Harrington (UK) ; Ana Mari Hemada, Edward Interwies and Andreas Kraemer (Germany) ; Henri Smets and Bernard Barraqué (Académie de l'Eau, France) ; Peter Newborne (UK) and Lilan Saade-Hazin (Belgium), who gave a special attention to the States of Chiapas, Guerrero an Oaxaca in Mexico.

(25) Resultados del analisis de fluoros en 104 pozos de Interapas, Interapas, 2004

Fluoride problem in groundwater occurs for the deep warm aquifer of SLP (deeper than 300m) Instead of an average concentration of 0.4 mg/l in the intermediate aquifer, the fluoride concentration in the deeper aquifer can reach 3.2 mg/l when temperature is 36°C.

(26) El contexto regional de San Luis Potosi: Desarrollo manufacturo e industrializacion, Draft report (October) of Julio Goicoechea

For the past decade, this report clearly demonstrates the modest rank SLP State has in the Mexican economy, especially with comparison to its neighbour States (in terms of Domestic Growth Product, it is situated after Nuevo Leon, Vera Cruz, Puebla, Guanajuato, Coahuila, Tamaulipas, is similar with Querétaro and just before Hidalgo). Its development rate is lower than the average Mexican index of economic increase. When comparing statistics in the various more detailed fields of farming and cattle rearing, food-industry and manufacturing, the SLP rank is presently among the last ones with exception to the basic food-industry (cattle feeding).

(27) Amenaza ambiental con Minera San Javier; Minera San Xavier pone en peligro la vida de casi 2 millones de personas; Minera San Xavier despojò de tierras a habitantes de Cerro de San Pedro, three papers of Carlos Montemayor, La Jordana, 18-20 October 2004

A strong anti-mining pamphlet in which pros are neglected in favour of emphasized cons. However, these papers put down a real question: is lixiviation the best process to be used when considering the local scarcity of water and the risk of contamination of groundwater with chemical wastes?

To consult books on water quality and groundwater management: <http://www.nap.edu/browse.html>.

Another basic references are the Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, CNA, 2004 and the Ley Federal de Derechos (disposiciones aplicables en materia de Aguas Nacionales), CNA, 2004

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo H – Aspectos legales, Administrativos e Institucionales  
de los Derechos de Agua**

# **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

## **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

### **Anexo H – Aspectos legales, Administrativos e Institucionales de los Derechos de Agua**

#### **1. Introducción**

El presente documento de trabajo, desarrolla los términos de referencia en materia institucional y de derechos de agua formulados para la preparación del proyecto de Manejo Integrado y Sostenible del Patrimonio Hídrico en las Regiones acuíferas de los Valles de San Luís Potosí, Villa de Arista y Jaral de Berrios – Villa de Reyes.

En su desarrollo, se han seguido los lineamientos comprendidos en el Marco de Referencia y Orientación Estratégica de fecha 15 de agosto de 2004 formulados por el líder del equipo Ingeniero Arturo Jiménez y aglutina el análisis y conclusiones de la información obtenida durante la misión de preparación adelantada en San Luís Potosí entre el 16 y 28 de agosto de 2004.

Para intercambiar ideas sobre los que podrían ser los instrumentos para la implantación del proyecto entre otros el Fideicomiso de Valoración del Agua (FIVAGUA) y un Banco del Agua con Reservas Hídricas, se concertaron reuniones de trabajo con el Sr. Subdirector General de Administración del Agua Dr. Alfonso Salinas, con la Dra. Blanca Alicia Mendoza, Subdirectora General Jurídica y el Dr. Mario Alberto Rodríguez, Gerente del Registro Público de Derechos de Agua.

Siguiendo las directrices de la ayuda de memoria, Misión de Preparación del GICA (Agosto 2-13 de 2004), se desarrolló el marco general sobre los aspectos mencionados en el documento de trabajo Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos - Marco Institucional y Legal - Instrumentos para su Planificación e Implantación Local, preparado en su versión preliminar y actualmente en proceso de discusión con el equipo responsable de la preparación del proyecto GICA. Los aspectos específicos para la Región de San Luís Potosí, Villa de Arista, Jaral de Berrios – Villa de Reyes, son materia de este reporte. Los dos, serán sustentados y discutidos con las áreas ya citadas en una próxima misión a la luz de los avances reglamentarios de la Ley de Aguas Nacionales.

Por la misma razón, se trata de documentos no acabados, pero que permiten avanzar con precaución en la preparación del GICA y sus proyectos demostrativos, asumiendo los cambios reglamentarios en la medida que se generen.

Estructurado en 10 capítulos el presente documento identifica y analiza:

1. El marco legal federal y estatal para el manejo de las aguas nacionales y la prestación de los servicios públicos que le son inherentes;



2. La rectoría en materia de aguas ejercida por la Comisión Estatal del Agua en los Estados de San Luis Potosí y Guanajuato, su liderazgo frente a las otras dependencias de la administración pública estatal y los mecanismos establecidos para apoyar los usuarios organizados en Comités Técnicos de Agua Subterránea.
3. La situación jurídica de las aguas del subsuelo en el área geográfica del proyecto, los decretos de veda vigentes en la zona y los avances que en materia de reglamentación de los mantos acuíferos se adelantan.
4. Los derechos de agua vigentes sobre los acuíferos involucrados en el proyecto, prestando particular atención a los aspectos legales del posible intercambio de aguas de primer uso por aguas tratadas entre la Comisión Federal de Electricidad y el Gobierno del Estado. Con el mismo enfoque legal, se presenta la problemática de los derechos de agua vigentes sobre las aguas residuales de manejo del Estado;
5. Se incorpora un resumen de conclusiones con sugerencias sobre aspectos específicos; y
6. Por último, se presentan con el correspondiente análisis y justificación, los instrumentos de apoyo para el manejo integrado y sostenible del patrimonio hídrico en la cuenca del Río Salado.

## **2. Marco Jurídico de las Aguas Nacionales**

La inalienabilidad y la imprescriptibilidad de las aguas como bienes del dominio público la determina el párrafo quinto artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. El mismo precepto y tratándose de aguas del subsuelo, faculta a los dueños de los terrenos para que mediante obras artificiales, dichas aguas puedan ser alumbradas y aprovecharse libremente. Se trata de aprovechamientos particulares sin que se entre a discutir la titularidad de aguas nacionales que las caracteriza al igual que las aguas superficiales.

La facultad constitucional de aprovechar libremente las aguas subterráneas, puede ser intervenida por el Ejecutivo Federal cuando razones de interés público o la afectación de otros aprovechamientos así lo requiera.

El desarrollo constitucional se realiza a través de la Ley de Aguas Nacionales (LAN) promulgada en 1992, con las reformas y adiciones realizadas en abril de 2004, la que en su título Quinto, realiza el desarrollo reglamentario de las facultades constitucionales conferidas al Ejecutivo Federal, y somete su ejercicio a la existencia previa de estudios técnicos, la consideración de los programas hídrico nacional y por cuenca hidrológica y, las necesidades del ordenamiento territorial en sus distintos niveles.

La consecuencia inmediata de dichas declaratorias se manifiesta en el establecimiento de modalidades o limitación de las extracciones o descargas, las que deben señalarse en los decretos correspondientes, y posteriormente desarrolladas a través de reglamentos cuya publicación debe ser materia de Normas Oficiales Mexicanas.

En todo caso, el aprovechamiento de las aguas del subsuelo en zonas de libre alumbramiento o mediante concesión, está sometido al pago de los derechos determinados en la Ley Federal de Derechos en materia de Agua y a su inscripción en el Registro Público de Derechos de Agua (REPDA), el que llevará igualmente un registro nacional permanente, por zonas o regiones, de las

obras de alumbramiento y de los brotes de aguas del subsuelo para conocer el comportamiento de los acuíferos y regular su explotación cuando así se requiera.

La participación de los usuarios, de los tres niveles de gobierno, así como de la sociedad en la administración del agua, ha merecido especial atención en las recientes modificaciones y adiciones a la Ley, fortaleciendo los Consejos de Cuenca, los que calificados como órganos colegiados de integración mixta, y fortalecidos con órganos auxiliares como los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), se constituyen en la instancia formal o unidad de apoyo, a través de la cual los actores directamente involucrados en la gestión de las aguas, coadyuvan con la Autoridad, desarrollando actividades de coordinación, concertación, consulta y asesoría, pero no de ejercicio de autoridad.

La participación en el mercado de Derechos de Agua a través de la transmisión de los títulos de concesión es permitida por la LAN. Aunque la disposición legal determina el principio general de ligar tierra y agua en territorios de veda o reglamentados, confiere la facultad para desarrollar a través del reglamento su transmisión en forma separada. Al efecto establece el artículo 72 del Reglamento que las zonas en que podrá realizarse la transmisión del derecho de aguas en forma separada de la tierra serán publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF)

Las aguas nacionales conforme al precepto constitucional (Artículo 27), son competencia exclusiva de la Federación tanto en el aspecto legislativo, como en el ejecutivo y el judicial. No obstante, mediante la celebración de convenios de coordinación puede obtenerse el concurso de las entidades federativas para el cumplimiento y aplicación de la ley en todos aquellos aspectos funcionales que no afecten la autoridad federal en la materia.

Las disposiciones legales que en relación con las aguas promulgan los estados, regulan las aguas que constitucionalmente no son calificadas como nacionales y la prestación de los servicios públicos de agua potable y servicios inherentes.

### **3. Legislación Estatal en materia de aguas**

La propuesta de proyecto de Manejo Integrado y Sostenible del Patrimonio Hídrico en las regiones acuíferas de los Valles de San Luís Potosí, Villa de Arista y Jaral de Berrios – Villa de Reyes compromete además del Estado de San Luís Potosí, el Estado de Guanajuato, municipio San Felipe, con el cual comparte el último de los acuíferos citados, es la razón por la cual se presenta brevemente la legislación estatal con injerencia en el proyecto, emitida por los dos Estados.

#### **3.1 Legislación en materia de Aguas en el Estado de San Luís Potosí**

Los principales instrumentos legales en materia de agua vigentes en el Estado son: la “Ley de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales” publicada en diciembre 29 de 2001, y “Ley Ambiental” vigente a partir de marzo 1 de 2000.

##### *3.1.1 Marco legal en materia de Agua Potable, alcantarillado y Aguas Residuales*

El nuevo marco normativo en materia del servicio público de agua potable y alcantarillado atiende a la reforma de la Constitución Política del Estado aprobada en junio del 2000 mediante la cual la Entidad Federativa retoma las nuevas atribuciones y fortalecimiento de los municipios

como “Órganos de Gobierno” y su competencia en materia de servicios públicos, atribuidas por el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Con la denominación Ley de Agua Potable, Alcantarillado, tratamiento y disposición de Aguas Residuales para el Estado y Municipios de San Luís Potosí, se publicó mediante el decreto 257 de 29 de diciembre de 2001 el marco legal correspondiente, de la cual se destaca lo siguiente:

- i Autonomía de los municipios en la prestación del servicio público de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de las aguas residuales, el que podrán prestar: i) directamente, ii) con el apoyo de la Comisión Estatal de Aguas, iii) por intermedio de organismos descentralizados<sup>1</sup> del orden paramunicipal o intermunicipal o, iv) por el sector privado previa otorgamiento de la concesión respectiva.
- ii Concurrencia del Estado a través de la Comisión Estatal de Aguas (CEAPAS) para la prestación transitoria del servicio cuando el municipio no tenga todavía la capacidad para hacerse cargo de ellos o no existan organismos operadores o concesionarios que los presten. La Comisión conserva a su vez la capacidad residual para asumir la prestación del servicio por el tiempo que fuere necesario en casos de riesgo, siniestros o desastres graves que impidan su prestación.
- iii Son órganos de gobierno de los organismos operadores (O.O.):
  - Una junta de gobierno presidida por el Presidente Municipal, un representante de la CEAPAS, Un Regidor<sup>2</sup>, tres representantes del Consejo Consultivo.
  - Un Director General: nombrado por la Junta de Gobierno.
  - Un Consejo Consultivo integrado por usuarios, debiendo en todo caso estar representadas las organizaciones del sector social y privado.
- iv El marco jurídico para la prestación de los servicios por parte de los privados se contiene en la ley. La participación del sector social y privado en el financiamiento, construcción y operación de la infraestructura se considera de interés público.
- v Cuando se trate de la prestación de servicios públicos el régimen contractual será la concesión.
- vi Autonomía Tarifaria: La política de precios y tarifas es determinada y aprobada por:
  - Por el Congreso del Estado, en la Ley de Ingresos del ejercicio fiscal correspondiente, cuando el servicio es prestado directamente por los Ayuntamientos.
  - Por la Junta de Gobierno del prestador de los servicios descentralizados o concesionarios.
  - Corresponde a la CEAPAS con el apoyo de los ayuntamientos, O.O. y concesionarios, proponer las fórmulas que definan las tarifas medias de equilibrio. La estructura podrá tomar en cuenta el tipo y nivel socioeconómico de los distintos estratos de usuarios. Alternativamente el Ejecutivo podrá instrumentar subsidios directos a determinados estratos.

<sup>1</sup> Su creación es competencia del Congreso del Estado, previa coordinación de la Comisión Estatal de Aguas y aprobación del ayuntamiento(s) correspondiente (s). Estos organismos podrán optar por su conformación como sociedades anónimas, bajo el régimen de empresas de participación municipal, el capital social deberá suscribirse inicialmente por los municipios o entidades de las administraciones públicas municipales correspondientes.

<sup>2</sup> Para el caso de Organismos Operadores Paramunicipales.

- Los adeudos por concepto de cuotas o tarifas tienen el carácter de créditos fiscales y su moratoria causa de suspensión de los servicios.

vii Los ingresos por cuotas o tarifas, deben destinarse prioritariamente a eficientar la administración y prestación del propio servicio.

viii La Ley determina además: i) la estructura y atribuciones de la CEAPAS; ii) Las Reglas para la prestación de los servicios públicos; iii) Infracciones, sanciones y recursos administrativos.

### *3.1.2 Ley Ambiental del Estado de San Luis Potosí*

El ordenamiento jurídico en la materia contiene los principios de la política ambiental, la distribución de competencias entre los distintos niveles de gobierno y la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Se destaca que la instancia normativa competente para fijar condiciones generales y particulares de descarga a los usuarios de los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población, es la Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, (SEGAN) con la debida participación de los ayuntamientos por sí o a través de los organismos operadores de agua. La norma técnica estatal que regula la materia es la NTE-SLP-001/98.

La prevención y el control de la contaminación de las aguas que se descarguen a los sistemas de drenaje o alcantarillado de los centros de población la ejerce directamente la SEGAM o por conducto de los Organismos Operadores de Agua. Un proyecto de reglamento Municipal de Protección Ambiental, determina que dicha responsabilidad estará en cabeza de los municipios por conducto del Organismo Operador del Agua y en caso de no existir éste, por la Unidad Operativa que al efecto se establezca.

Asimismo es competencia de LA SEGAN emitir el pronunciamiento técnico previo al otorgamiento de las concesiones, licencias o permisos para el uso y aprovechamiento de las aguas de jurisdicción estatal o los recursos que se encuentren en ellas, concepto que incorpora las aguas residuales provenientes del uso público urbano mientras no se viertan a los cauces nacionales; para estos casos exige la disposición legal se requiere también la intervención de la SEDARH y la CEAPAS.

En el aprovechamiento del recurso hídrico conforme a la normatividad general, debe promoverse el tratamiento de las aguas residuales y su reutilización en actividades agrícolas, forestales, industriales y de servicios, así como su intercambio por agua de primer uso para ahorrar y aumentar su disponibilidad para el consumo humano y protección de las fuentes.

## **3.2 Ordenamiento jurídico en materia de aguas en el Estado de Guanajuato**

El marco legal vigente en la materia lo conforman principalmente la Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato” publicada en el periódico oficial en mayo del 2000 y la “Ley para la Protección y Preservación del Ambiente”.

### *3.2.1 Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato*

Es objeto y finalidad de la ley: i) A fin de lograr un desarrollo sustentable regular la planeación, gestión, conservación y preservación de las aguas de jurisdicción estatal, ii) Establece las bases

generales para que los municipios presten el servicio público de agua potable y sus servicios inherentes. La “Ley Orgánica Municipal” ratifica estas atribuciones y entre otros aspectos realiza una descripción detallada de las condiciones y características para la concesión de servicios públicos municipales.

La legislación prevé la intervención de la Comisión Estatal de Aguas (CEAG) como un organismo de promoción, coordinación y asesoría a los prestadores de los servicios públicos en materia de agua, mas no como ente regulador con capacidad residual para retomar la prestación de los servicios en caso de riesgo o situaciones de fuerza mayor.

Corresponde a Los Ayuntamientos con fundamento en los estudios técnicos que presenten los O.O., la aprobación de las tarifas correspondientes por la prestación de los servicios públicos, estructura que se integra a la ley de ingresos municipal. Los conceptos y criterios a desarrollar para determinarlas se contienen en la ley y deberán en todo caso, ser suficientes para cubrir los costos derivados de la operación, mantenimiento, administración y expansión de los servicios, amortización de inversiones realizadas y costo financiero de los pasivos.

La participación social y privada para mejorar la distribución y aprovechamiento del agua, conservar y controlar su calidad se regula a través de la promoción de instituciones y organizaciones de asesoría y consulta técnica, con representación en el Consejo Estatal Hidráulico como instancia de concertación y coordinación.

### *3.2.2 Ley para la Protección y Preservación del Ambiente*

Promulgada en febrero del 2000, entre otras disposiciones la ley señala el marco de competencia de los distintos niveles de gobierno y en cuanto a prevención y control de la contaminación de las aguas, establece como responsabilidad de los Ayuntamientos, aplicar la normatividad que corresponda en materia de descarga de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado de los centros de población, con la participación del Estado según lo determinen los convenios de coordinación que al efecto se celebren.

## **4. Situación jurídica de las aguas del subsuelo en el área geográfica del proyecto**

Los acuíferos comprometidos en el área del proyecto Jaral de Berrios – Villa de Reyes y San Luís Potosí, han sido declarados zonas de veda y en consecuencia, su manejo sometido a una regulación específica, determinada por los decretos mediante los cuales se realizó la declaratoria.

### **4.1 Acuíferos y Publicación de Disponibilidad media anual**

El 5 de diciembre del 2001 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el acuerdo a través del cual La Comisión da a conocer la denominación de los acuíferos y la homologación de los nombres que fueron utilizados para la emisión de los títulos de concesión o asignación. Según dicho acuerdo, corresponden al Estado de San Luís Potosí un total de 19 acuíferos, 6 de los cuales ya cuentan con publicación sobre su disponibilidad. Las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas es materia de la Norma Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000.

**Tabla H.1 Acuíferos en el Estado de San Luis Potosí**

Clave	Denominación única	Clave	Denominación única
2401	Vanegas - Catorce	2411	San Luis Potosí
2402	El Barril	2412	Jaral de Berrios – Villa de Reyes
2403	Salinas Hidalgo	2413	Matehuala – Huizache
2404	Santo Domingo	2414	Cerritos – Villa Juárez
2405	Ahualulco	2415	Río Verde
2406	Villa de Arriaga	2416	San Nicolás Tolentino
2407	Cedral - Matehuala	2417	Santa María del Río
2408	Villa de Arista	2418	Huasteca Potosina
2409	Villa Hidalgo	2419	Tamuin
2410	Buenavista		

**Tabla H.2 Disponibilidad media anual acuíferos San Luis Potosí**

Clave	Acuífero	Disponibilidad M <sup>3</sup> /año
2402	El Barril	0,00
2405	Ahualulco	0,00
2408	Villa de Arista	0,00
2411	San Luis Potosí	0,00
2425	Río Verde	0,00
2417	Santa María del Río	0,00

#### 4.2 Zonas de Veda establecidas en el área del proyecto

Según lo establecido en el artículo segundo del decreto presidencial de 22 de noviembre de 1985, publicado en el DOF el 3 de diciembre de 1985, el territorio que cubre los mantos acuíferos en la parte que corresponde a los municipios de Villa de Reyes y San Luis Potosí en el Estado de San Luis Potosí, se encuentra declarado como zona de veda por tiempo indefinido.

Los artículos 4 y 5 del citado decreto establecen la previa autorización para el cambio de los usos existentes y somete los nuevos alumbramientos a estudios técnicos los que deben demostrar que no se causaran los perjuicios que con la declaratoria de veda se tratan de evitar.

La situación anteriormente expuesta, cubija la totalidad del municipio de San Felipe en el Estado de Guanajuato y se encuentra determinada por el Decreto Presidencial del 12 de mayo de 1976.

Los Reglamentos de los mantos acuíferos según lo determina el artículo séptimo de cada uno de los decretos citados, en caso de producirse, se realizará conforme a los lineamientos del artículo 17, fracción I de la ley vigente en la materia. Cabe aclarar que dicha Ley, es la que para entonces reglamentaba el párrafo quinto del artículo 27 constitucional, publicada en 1956 y cuya regulación en la actualidad recoge y actualiza en su totalidad la Ley de Aguas Nacionales.

Al analizar el contenido de los decretos a la luz de las regulaciones que para el efecto contiene el artículo 40 de la Ley actual, se concluye que a partir de los mismos, sólo puede generarse un reglamento de los mantos acuíferos muy limitado, casi diríamos, circunscrito a los aspectos técnicos, las modalidades de extracción y límites a los derechos de los concesionarios, así como los volúmenes de extracción que podrían incorporarse a dichos instrumentos carecen de

fundamento jurídico por cuanto los decretos a que nos venimos refiriendo, no contienen las exigencias de las fracciones VII, VIII y IX del artículo citado<sup>3</sup>.

**Tabla H.3 Declaratoria de Vedas en San Luís Potosí - Villa de Reyes**

Fecha Decreto	Fecha Publicación	Zona Vedada	Usos permitidos
02 junio 1961	30 junio 1961	Incluye parte Munic. San Luís Potosí	Uso Doméstico.
27 septiembre 1962	18 octubre 1962	Comprende parte San Luís Potosí y Villa de Reyes	Uso Doméstico. .
31 agosto 1979	7 septiembre 1979	Villa Arista y otros municipios.	Uso doméstico y abrevadero.
22 noviembre 1985	03 diciembre 1985	Municipios Villa de Reyes y San Luís Potosí	Uso Doméstico y abrevadero

**Tabla H.4 Declaratoria de Vedas Estado de Guanajuato, Municipio San Felipe<sup>4</sup>**

Fecha Decreto	Fecha Publicación	Zona Vedada	Usos Permitidos	Facultades Reglamentación
12 mayo 1976	29 julio 1976	Límites geopolíticos municipios de Ocampo, San Felipe, San Diego de la Unión y San Luís de la Paz (5)	Uso doméstico y abrevadero por medios manuales.	Conforme a los lineamientos del artículo 17 fracción 1 de la ley.

### 4.3 Proceso de Reglamentación de los acuíferos

En la actualidad la Gerencia Estatal con el apoyo técnico de la Gerencia de Aguas Subterráneas de La Comisión y el COTAS de San Luís Potosí, están comprometidos en el proceso de reglamentación del acuífero. Del análisis realizado a un anteproyecto de reglamento de fecha 18/10/2004 suministrado por la Gerencia Estatal, se destaca lo siguiente:

- i El reglamento incorpora disposiciones que son materia del Decreto de declaratoria de Veda.
- ii Se deduce del texto del anteproyecto, que existe una confusión en la aplicación de la regulación por el contenido de las disposiciones que incorpora. Se requiere por tanto, hacer distinción sobre las condiciones específicas que debe contener el decreto que declare la veda (Art. 40 Ley) y a partir del cual, debe desarrollarse el Reglamento del Acuífero a ser publicado a través de Norma Oficial Mexicana.
- iii Por las razones expuestas, el contenido del artículo 30, Fracción III, numeral 3 del anteproyecto, no puede ser materia de la NOM porque la modalidad allí prevista, no tiene fundamento jurídico en el decreto correspondiente.

<sup>3</sup> Fracción VII. Las bases y disposiciones que deberá adoptar la "Autoridad del Agua". Relativas a la forma, condiciones y, en su caso, limitaciones, en relación con las extracciones o descargas en forma temporal o definitiva.

Fracción VIII. La expedición de normas que regulen los aprovechamientos y descargas, en relación con la fracción anterior, incluyendo el levantamiento y actualización de padrones;

Fracción IX. Los volúmenes de extracción a que se refieren las dos fracciones anteriores, y

<sup>4</sup> Fuente: Fotocopia Diario Oficial Federación jueves 29 de julio de 1976. Archivo Administración del Agua Gerencia Estatal CNA Celaya

<sup>5</sup> Comprende la porción no vedada por los decretos presidenciales que establecieron veda por tiempo indefinido en las regiones de Irapuato, Silao, Salamanca y Norte de Estado Guanajuato. DOF diciembre 6 y febrero 7 de 1958. Art. Primero Decreto de 12 mayo de 1976.

- iv El anteproyecto en su totalidad requiere de una revisión para adecuarlo a las modificaciones, adiciones y reformas que se incorporaron a la Ley de Aguas Nacionales. En esta línea deberán considerar entre otros:
- Las definiciones a que hace referencia el capítulo I del Título Primero, las cuales no coinciden con lo expresado por el artículo 3 de la Ley.
  - La Ley en su artículo 20 último párrafo hace claridad respecto a la denominación de la Comisión Nacional del Agua según el ámbito competencial en que actué. En dicho orden establece, que cuando se trate del ejercicio de las facultades a que se refiere la fracción IX del artículo 9 de la Ley se entenderá por autoridad La Comisión, y cuando lo sea a través de los Organismos de Cuenca en uso de sus atribuciones ejercerá como Autoridad del Agua.
  - En armonía con lo anterior, y con la finalidad de hacer precisión desde el punto de vista jurídico-formal, deben revisarse apartes del anteproyecto que refieren la obligación para los usuarios de presentar informaciones periódicas a La Comisión, cuando lo pertinente es que sea ante el Organismo de Cuenca.
- v Se incorporan regulaciones de carácter exclusivamente declarativo que no tienen un complemento en las disposiciones transitorias respecto de términos en los cuales debe cumplirse. Ello les convierte en normas para no ser cumplidas o bien para no producir los efectos declarados. Ejemplo de ello:
- Artículo 32: “La Comisión en colaboración con el COTAS: I. Promoverá la creación de un fondo para financiar:”<sup>6</sup>
- vi En el Título III artículo 27 se determina la constitución de un COTAS en el cual participará un representante de La Comisión quien a su vez fungirá como Presidente del mismo. Esta disposición resulta contraria a las de Ley en particular el artículo 13 BIS 1 Literal D, en el cual se establece que estos órganos (COTAS) no están subordinados a la Comisión o a los Organismos de Cuenca.
- vii Es notoria la ausencia de disposiciones relacionadas con los sistemas de medición indirecta, desaprovechando una regulación que ha de ser publicada mediante Norma Oficial Mexicana y que conforme a la Ley, es vinculante para el usuario, además de constituirse en un medio que permite a la administración actuar con mayor agilidad y oportunidad en la aplicación de la misma.
- viii El artículo 33 determina los usos prioritarios pero lo circunscribe sólo para los casos en que situaciones específicas comprometan el abastecimiento de agua a centros de población. Al ser tan específico este artículo, deja vigente para la región y para los demás casos, el régimen de usos establecidos en el artículo decimoquinto transitorio de la Ley, que resulta totalmente inconveniente para el Estado de San Luis Potosí por cuanto es contrario a los lineamientos de política contenidas en el Plan Estatal de Desarrollo de que trata el capítulo VI Literal B de este documento.

---

<sup>6</sup> Anteproyecto Reglamento. Artículo 32. Fracción I. Promoverá la creación de un fondo para financiar: la aplicación de medidas de conservación, la liberación de volúmenes de agua subterránea, el mejoramiento de las redes de monitoreo de niveles y calidad del agua, adquisición, mantenimiento y reparación de los medidores y otras acciones...”.



- ix En armonía con lo anterior, es prudente recordar que la concertación de los usos prioritarios entre la Autoridad del Agua y el Consejo de Cuenca, rige solo para situaciones normales. La disposición excluye las situaciones anormales como es la sobreexplotación de acuíferos, casos para los cuales remite expresamente a la aplicación de las disposiciones contenidas en el Título V de la Ley; y según se concluye de los considerandos del anteproyecto al invocar los decretos de veda vigentes, se está regulando una zona de veda.
- x No resulta claro el contenido de la fracción VI del artículo 31 respecto del programa para reducir gradualmente las extracciones y las modificaciones que se harán a los títulos una vez el mismo sea aprobado. Para tener en cuenta:
  - No se dice cómo se va a publicar dicho programa, el tiempo en que se generará y demás detalles que son definitivos en el caso de fundamentar un acto de la administración como es la modificación de un registro en el REPDA, por tanto resultan de fácil impugnación a través de la vía administrativa. Se pretende expedir otra NOM?. No contempla la norma ninguna otra forma de reglamentar las extracciones.
- xi Dada la importancia del Reglamento del Acuífero el cual se constituye en una disposición de imperativo cumplimiento, por cuanto el mismo forma parte de la regulación a que se refiere el artículo 27 constitucional, se sugiere que en la preparación y posterior aprobación del mismo, se consulten los lineamientos y objetivos del proyecto piloto del GICA que actualmente se prepara en la zona de influencia del acuífero.
- xii Por último y considerando las limitaciones de los decretos con fundamento en los cuales deberá generarse el reglamento, y los cuales son totalmente ajenos a los principios que sustentan la política hídrica Nacional a que se refiere el artículo 38 de la Ley vigente, se sugiere evaluar si se justifica persistir en publicar un reglamento con fundamento en los decretos vigentes, en extremo limitados en sus alcances y afrontar el desgaste y costo que ello conlleva<sup>7</sup>, o en su defecto, iniciar el proceso de modificación de dichos decretos.

#### **4.4 Recarga Artificial de Acuíferos**

Bajo la denominación de Requisitos para la recarga artificial de acuíferos” y en proceso de consulta, se halla el anteproyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-014-CNA-2003. La misma tiene como finalidad regular el uso de las aguas residuales en la recarga artificial de acuíferos. Señala la norma que está formulada con un criterio no tan estricto que resulte ser inviable o desaliente la aplicación de esa tecnología, ni tan laxa que comprometa la salud pública.

## **5. Marco Institucional para la administración del agua**

### **5.1 Orden Federal**

La Comisión Nacional del Agua, mediante Acuerdo publicado en el DOF en 18 de mayo de 1998, determina el número, lugar y circunscripción territorial de las Gerencias Regionales establecidas conforme a regiones hidrológicas administrativas. La propuesta de proyecto se localiza en el

<sup>7</sup> Es necesario evaluar el costo que tiene poner en movimiento toda una infraestructura institucional COMISION, COFEMER entre otros, los costos financieros, el desgaste que implica el consenso y concertación con los usuarios, pero lo más importante los efectos lesivos que causa en la sociedad la expedición de disposiciones para NO SER CUMPLIDAS porque su eficacia desde la promulgación es controvertida.

Altiplano Mexicano y la región hidrológica Administrativa VII Cuencas Centrales del Norte. El territorio materia de estudio comprende el acuífero “Jaral de Berrios”, compartido por los municipios de Villa de Reyes en el Estado de San Luis Potosí y San Felipe en el Estado de Guanajuato.

En materia de administración de las aguas nacionales, la circunscripción territorial del municipio de Villa de Reyes en el Estado de San Luis Potosí, corresponde administrativamente a la “Región VII Cuencas Centrales del Norte” gerencia regional con sede en Torreón, Gerencia Estatal sede San Luis Potosí. Por su parte la circunscripción territorial del municipio de San Felipe en el Estado de Guanajuato, bajo la administración de la “Región VIII Lerma – Santiago – Pacífico,” depende de la Gerencia Regional con sede en Guadalajara, y Gerencia Estatal de Guanajuato con sede en Celaya.

La CNA Gerencia Estatal San Luis Potosí<sup>8</sup> manifiesta que aunque el municipio Villa de Reyes se ha clasificado como parte de la región hidráulica 26 Pánuco, con dependencia de la Gerencia Cuencas Centrales del Norte, por su ubicación, debería corresponder a la Gerencia Golfo Norte. Con este argumento se ha convenido provisionalmente a nivel de Gerencias de CNA que el COTAS de Villa de Reyes se integre al Consejo de Cuenca establecido para esa región.

### *5.1.1 Relaciones Intergubernamentales*

Una característica institucional de la política de agua es su carácter intergubernamental, ya que en ella participan los tres niveles de gobierno. Sin embargo la concentración de facultades en materia de aguas nacionales en el nivel federal y cuya descentralización es motivo de permanente reclamo por las Entidades federativas, ha marcado cierto nivel de dificultad en la coordinación y concertación entre instancias federales, estatales y municipales.

Este distanciamiento que en forma progresiva se ha logrado aminorar a través de los Consejos de Cuenca<sup>9</sup>, concebidos como instancias de concertación y coordinación entre los usuarios y los tres niveles de gobierno para facilitar la conceptualización e implantación de las políticas en materia hidráulica, continúa con el ya vigente proceso de descentralización de los distintos programas hidroagrícolas y de funciones operativas que actualmente realiza la Comisión hacia los estados y municipios, los que en forma colateral han recibido apoyo para el fortalecimiento de su capacidad de gestión en la materia.

En el contexto de las relaciones intergubernamentales la coyuntura derivada del cambio de gobiernos federativos y autoridades municipales, ha permitido a las gerencias de la CNA y en particular a la Gerencia Estatal de San Luis Potosí, buscar un mayor acercamiento hacia los titulares del poder ejecutivo, procurando identificar la percepción e interpretación que estos actores tienen sobre la problemática del agua y la estrategia dominante para enfrentarlos. Fruto de dicho acercamiento, ha sido la integración del acuífero San Luis Potosí al proyecto piloto que iniciara su preparación a finales del 2003 para los acuíferos Villa de Arista y Jaral de Berrios – Villa de Reyes.

<sup>8</sup> Reunión adelantada en octubre 17/03 con Ing. José Daniel Villalobos Administración del Agua, Ing. Enrique Soto Martínez, Subgerente Ingeniería Distritos de Riego, Lic. Leonel Ramírez M. Unidad Jurídica y Subgerente Programas Rurales y Participación Social Ing. Francisco Javier Lievano Glz.

<sup>9</sup> En la Segunda reunión Nacional de Consejos de Cuenca (Oct. 2003) el Gobernador del Estado de San Luis Potosí enfatizó sobre la necesidad de fortalecer los Consejos de Cuenca y la coordinación de los tres niveles de gobierno para el manejo de la problemática del agua.

### 5.1.2 Capacidad Organizacional de la Gerencia Estatal

La estructura interna de la Gerencia Estatal de la Comisión se encuentra muy debilitada, situación que tiende a agravarse por los planes de retiro de personal que se están promocionando. Fuertemente afectada por la limitación de recurso humano, técnico y financiero, tiene serios problemas para la efectiva aplicación de la legislación de aguas y sus reglamentos. Se espera aliviar la situación con los apoyos que obtendría a través DEL GICA en cuanto a recurso humano calificado de distintas disciplinas y áreas temáticas, mediante consultorías y asistencia técnica especializada

## 5.2 El Plan de Desarrollo y el Marco Institucional en el Estado de San Luís Potosí

El Plan Estatal de Desarrollo 2003-2009 (PED), elaborado con amplia participación ciudadana, adopta una visión regional para el diseño de políticas que permitan una utilización racional de los recursos naturales, del capital humano y de las ventajas competitivas de cada región, para fomentar el crecimiento de la inversión productiva y la creación de la infraestructura necesaria para el desarrollo.

### i. Región Centro

La citada región incorpora entre otros los municipios de San Luís Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Ahualluco, Mequitic de Carmona, y Cerro de San Pedro. Su economía se sustenta fundamentalmente en los sectores de la industria manufacturera, así como en el comercio y los servicios, es uno de los centros más importantes de atracción para la inversión extranjera.

Según el PED son proyectos detonadores para la región entre otros:

- ✓ Impulsar la consolidación de la industria manufacturera y la industrialización basada en cadenas productivas de las áreas metal-mecánica y de autopartes;
- ✓ Avanzar en el construcción del sistema de tratamientos del tanque Tenorio para, para resolver uno de los graves problemas de contaminación;
- ✓ Concertar con las organizaciones de productores de la zona conurbada la utilización de aguas tratadas para el riego de hortalizas.

### ii. Región Centro – Sur

Comprende los municipios de Villa de Reyes, Santa María del Río y Tierra Nueva. Se destacan las actividades primarias. La cabecera municipal de Villa de Reyes constituye el centro de mayor importancia económica de la microregión, por la localización de dos empresas altamente productoras de empleo y por la existencia de un parque industrial en desarrollo que habrá de vincular esta parte del estado con el corredor industrial del Bajío guanajuatense.

Entre los proyectos detonadores para la región según el PDE, se destacan:

- ✓ Impulsar el proyecto para la construcción de la presa El Realito, que habrá de constituir la alternativa de abasto de agua más importante para la zona conurbada de la capital;
- ✓ Impulsar la capacidad productiva de hortalizas en la microregión mediante la introducción de sistemas altamente tecnificados y con gran potencial de mercado, apoyando a los productores rurales con financiamiento, asesoría técnica y capacitación.

### iii. Ejes rectores del Desarrollo

El PED contempla entre sus ejes rectores el Crecimiento Ordenado y sustentabilidad contemplando como estrategias para lograrlo entre otras:

- ✓ Revisar y actualizar el Programa Estatal de Desarrollo Urbano 2001–2020, con una visión de integración, sustentabilidad y de desarrollo regional y ordenamiento territorial;
- ✓ Generar los instrumentos jurídico-normativos y de operación necesarios para la administración, seguimiento y evaluación de los programas de desarrollo regional-urbano y de ordenamiento territorial del estado;
- ✓ Planificar y controlar la explotación de los mantos acuíferos con una visión de sustentabilidad a largo plazo;
- ✓ Identificar alternativas para el abastecimiento de agua en el mediano y largo plazo;
- ✓ Implementar y elaborar el Programa de Ordenamiento Ecológico del Estado.

### 5.2.1 Comisión Estatal del Agua San Luís Potosí (CEAPAS).

La Comisión Estatal del Agua, creada mediante decreto 257 de 29 de diciembre de 2001, es un organismo público descentralizado del Gobierno del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio. Tiene funciones de autoridad administrativa, con capacidad residual para retomar la prestación de los servicios públicos en casos de riesgo o fuerza mayor. En general es responsable de ejecutar las políticas del Ejecutivo del Estado en la coordinación del sistema Estatal de agua potable, y servicios afines.

Aunque la disposición legal en materia de funciones de LA CEAPAS se orienta fundamentalmente a la prestación de los servicios de agua potable y sus servicios afines, se le confieren facultades que le habilitan como el representante del Estado en las actividades de coordinación y concertación con cualesquier órgano que tenga relación con los asuntos del agua, incluidos los Comités Hidráulicos de los distritos de riego y en los consejos de cuenca. Esto le confiere un rango de superioridad que bien podría calificarla como el órgano rector del Estado en materia de Aguas.

Ello no es atrevido si observamos que uno de sus órganos de gobierno es la Junta presidida por el Señor Gobernador e integrada por los Secretarios de Estado y entre cuyas funciones principales se destacan: i) Aprobar en su caso, las acciones de planeación y programación hidráulica que habrán de tratarse en el Consejo de Cuenca correspondiente; y ii) Aprobar en su caso, las acciones necesarias para la ejecución de las funciones que transfiera la Federación al Gobierno del Estado, a través de los convenios de descentralización o coordinación que se celebren.

De lo anterior se concluye que por lo menos, desde el punto de vista formal, la CEAPAS se proyecta como el órgano promotor del desarrollo hidráulico estatal. Sin embargo, este rango de atribuciones entra en conflicto con otras disposiciones de orden legal como la contenida en la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado<sup>10</sup> la que en su artículo 38 Fracción XII, señala como atribución de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario y Recursos Hidráulicos “Proponer la política hidráulica en materia de aguas de jurisdicción estatal.

### 5.2.2 Organismo Operador INTERAPAS

El Organismo Intermunicipal Metropolitano de Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento y servicios conexos de los municipios de Cerro de San Pedro, San Luís Potosí y Soledad de Graciano Sánchez (INTERAPAS), es un organismo público descentralizado. Su Junta de Gobierno además de un representante de la CEAPAS, la integran los presidentes municipales respectivos así como los que en el futuro se adhieran al organismo mediante convenio.

<sup>10</sup> Última reforma publicada en el periódico oficial de 13 de septiembre de 2003.

Asimismo, participan los representantes de los usuarios a través del Consejo Consultivo del Agua, el que se desempeña como auxiliar del organismo.

La capacidad de gestión de los organismos operadores en el Estado de San Luís Potosí se encuentra afectada a causa fundamentalmente de una estructura de tarifas que no les permiten alcanzar autosuficiencia administrativa y financiera, lo cual afecta la prestación de los servicios<sup>11</sup> y es origen en parte de una baja cultura de pago. No es ajena a la misma la intervención poco afortunada de intereses políticos que estimulan dicha cultura y son la fuente de costosos procesos judiciales, que han encontrado un campo abonado en algunas deficiencias de información que en materia de tarifas, debería incorporarse a las facturas a través de las cuales se cobra el servicio.

INTERAPAS no está comprometida actualmente en el tratamiento de las aguas residuales de la zona conurbada de San Luís Potosí. El costo del agua tratada generada por las dos principales plantas Tangamanga I y Zona Norte, es asumido por el Gobierno del Estado.

### *5.2.3 El apoyo financiero del Estado de San Luís a los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas*

El fideicomiso para la gestión del agua con participación social (FIGEAPAS) actualmente en proceso de constitución<sup>12</sup>, con un aporte inicial de \$1.500.000, tiene como fin principal, conformar un patrimonio autónomo que permita al Fideicomitente (para el caso Gobierno del Estado de San Luís Potosí), realizar los objetivos del “Fondo para la Ejecución de Acciones, Planes, Programas y Proyectos para la consolidación administrativa y Técnica de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas”

Serán fideicomisarios los Comités Técnicos de Agua Subterránea actualmente constituidos, entre los cuales se registran el acuífero del Valle de San Luís Potosí, Jaral de Berrios – Villa de Reyes, el Valle de Arista, así como los que posteriormente se constituyan con objetivos similares.

Queda por aclarar si el convenio de colaboración celebrado entre el Gobierno del Estado y el COTAS de San Luís Potosí en junio de 2004, mediante el cual se aporta \$1.500.000 para apoyar las actividades operativas del COTAS, extingue esta propuesta de fideicomiso.

## **5.3 Estrategia de gestión para el manejo del agua y Marco Institucional en el Estado de Guanajuato**

El Estado de Guanajuato cuenta con una estrategia de gestión del agua, para el largo plazo (2000–2025) desarrollada de manera participativa, instituciones, usuarios, sociedad. Por lo que respecta al agua subterránea, el modelo de planeación propuesto por el Estado para la ordenación de su aprovechamiento sigue directrices modernas, ligadas estrechamente a la participación de los usuarios en los COTAS y a un enfoque transactivo, en el que las soluciones pueden afinarse y concertarse con mayor cercanía, cuidado y tino, con base en la aplicación de modelos productivos pero con una mayor énfasis en los aspectos de desarrollo institucional, comunicación con los usuarios, medición continua de los avances (Sandoval 2001).

<sup>11</sup> Como ejemplo puede citarse la Ciudad del Maíz, cuyos habitantes sufrieron la falta de agua por tres días por problemas internos del Organismo Operador. Fuente: El Sol de San Luis. 17 Noviembre 2003 en: [www.elsondesanoluis.com.mx](http://www.elsondesanoluis.com.mx)

<sup>12</sup> Agosto de 2004.

### *5.3.1 Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG)*

La “Comisión Estatal del Agua de Guanajuato” creada en 1991 con la finalidad de coordinar y ejecutar la prestación de los servicios de agua potable, fue reestructurada posteriormente en 1998 y por disposición legal, es la responsable entre otras funciones de Proponer al Ejecutivo el Programa Estatal Hidráulico, el Programa Hidráulico de la Administración y el Programa Hidráulico Anual.

Según la presentación del Programa Estatal Hidráulico 2002 – 2006, los tres grandes objetivos que dan origen a las actividades que la CEAG realiza son: i) Recuperación del equilibrio entre la disponibilidad y demanda de agua en el Estado; ii) Mejora e incremento de la infraestructura hidráulica y la calidad de la misma; iii) referido a consolidar, mejorar, y acrecentar los soportes institucionales que la CEAG provee a los usuarios del agua y a las entidades encargadas de la provisión de los servicios hidráulicos en los municipios del Estado.

Merece destacarse el estudio tarifario integral realizado en asocio con los organismos operadores y los municipios. Según manifiesta la CEAG, el mismo incorporado a las leyes de ingresos de los municipios por el Congreso del Estado en el 2002, logró en la mayoría de los casos una nueva estructura que incorpora la recuperación de los costos que se generan en las diferentes etapas de la provisión de los servicios hidráulicos, así como la actualización del precio del agua en buena parte de los municipios del Estado.

### *5.3.2 El apoyo de la Entidad Federativa a los usuarios organizados*

Los usuarios organizados en Comités Técnicos, reciben apoyo del Estado a través del Fideicomiso para la participación social en el manejo del agua en Guanajuato, el cual tiene como fin principal, constituir un patrimonio autónomo que permita realizar los objetivos del Fondo para la Ejecución de acciones, planes, programas y proyectos para la consolidación administrativa y técnica de los Consejos Técnicos de Aguas, Gerencias Técnicas de Aguas y Consejo Estatal Hidráulico. Son fideicomisarios los Consejos Técnicos de Agua del Estado, entre los cuales figura el Consejo Técnico de Jaral de Berrios A.C.

## **6. Derechos de agua vigentes sobre los acuíferos ubicados en el área de estudio**

Existe consenso en que los actuales patrones de uso y consumo del agua en el Estado de San Luis Potosí, no son consecuentes con el uso sustentable del recurso hídrico y propician, además de severas situaciones de escasez y contaminación, un freno al crecimiento económico, relevando la necesidad de una reasignación intersectorial de derechos de agua coherente con los requerimientos ambientales y los objetivos del Plan Estatal de Desarrollo.

El empleo de aguas residuales no tratadas en actividades agrícolas, soportada en instrumentos jurídicos de vieja data, que hoy son contrarios a los principios ambientales de sustentabilidad y de protección de la salud pública, puede calificarse como uno de los principales desafíos de la Autoridad del Agua y el Gobierno de la Entidad Federativa.

**Tabla H.5 Derechos de Agua sobre el acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes**

Estado SLP Municipios:	Agrícola	Domést.	Pecuario	Publico Urbano	Servicios	Industrial	Múltiple
SL.Potosí	84.000		15.024		36.200		
V.de Reyes	29.156.399	68.530	328.726	1.614.660	50.000	39.013.136	
Zaragoza				38.402			
Guanajuato	26.092.800			1.399.554			1.973.880
<b>Totales</b>	<b>55.333.199</b>	<b>68.530</b>	<b>343.750</b>	<b>3.052.616</b>	<b>86.200</b>	<b>39.013.136</b>	<b>1.973.880</b>
Concesionado por Estado San Luis Potosí <sup>13</sup>				70.405.077			
Volumen concesionado por Guanajuato <sup>14</sup>				29.466.234			
Volumen total concesionado m <sup>3</sup> / año				99.871.311			

**Tabla H.6 Derechos de Agua sobre el Acuífero de San Luís Potosí**

Usos	Cerro San Pedro	Mexquitic Carmona	San Luís Potosí	Soledad de Graciano	Villa Hidalgo	Zaragoza
Agrícola	778.740	5.150.396	15.303.848	17.340.101		265.500
Industria	358.000		12.052.229	281.924		
Urbano	285.334	1.063.637	73.574.884	19.302.095	18.291	641.826
Servicio	42.375	112.250	1.348.945	177.234		
Múltiple			99.000	163.020		
Pecuario			182.149	579.889		
Domést		2.660	14.268	14.198		
<b>Totales</b>	<b>1.464.449</b>	<b>6.328.943</b>	<b>102.575.322</b>	<b>37.858.461</b>	<b>18.291</b>	<b>907.326</b>
Volumen total concesionado sobre 1.373 aprovechamientos : 149.152.792 m <sup>3</sup> / año						

**Tabla H.7 Derechos de agua sobre el acuífero de Villa de Arista**

Municipios	Pecuario	Agrícola	Domést	Industria	Urbano	Servicio	Acuacult	Totales
Ahualulco	361							361
Charcas	111.957	737.835	247	1.113.850	812.092	6.000		2.781.981
Mexquitic	257.164				2.382			259.546
Moctezuma	253.548	27.512.929	37.522	835	830.761			28.635.594
Salinas	365							365
S. L. Potosí	47.230	23.980.521	730		43.226			24.071.707
Soledad G		156.000						156.000
Venado	369.946	20.058.413	35.943		740.639		27.250	21.232.191
V. Hidalgo					5.401			5.401
Villa Arista		24.203.458			627.698			24.831.156
Volumen total concesionado sobre 1936 aprovechamientos: 101.974.302 m <sup>3</sup> / año								

### 6.1 Particularidades de los Derechos de agua para uso Industrial en el acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes

Las concesiones para uso industrial en mas del 50 por ciento se concentran en los sectores ligados a la producción de papel y generación de electricidad actividades importantes en el municipio Villa de Reyes.

<sup>13</sup> Información de Gerencia Estatal San Luís Potosí. Memorando #BOO E 42 1-275 Subgerencia Administración del Agua Agosto 19 de 2004.

<sup>14</sup> Información suministrada por oficina REPDA Gerencia en el Estado de Guanajuato. Octubre 27 de 2003.

### 6.1.1 Central Termoeléctrica Villa de Reyes

De un volumen total de 26'837.136 metros cúbicos anuales, y conforme a documentos que obran en la gerencia estatal 13'181.919 metros<sup>3</sup> no han sido utilizados por la Concesionaria durante el período enero 2000 a diciembre 2002, volumen que conforme a las disposiciones de ley y del título, deben ser objeto de caducidad. Por esta razón se adelanta el procedimiento administrativo a fin de declarar la caducidad parcial del título.

Con la operación futura de la planta tratadora de “Tanque Tenorio – Villa de Reyes” la ciudad espera liberar aproximadamente 12 millones de metros<sup>3</sup> / año para abastecimiento público urbano, los que se proyecta obtener del intercambio de aproximadamente la mitad del agua tratada con la Termoeléctrica Villa de Reyes, la que usaría dichas aguas en lugar de extraerla del acuífero. Este proyecto forma parte del Plan Maestro de Saneamiento, Reuso e intercambio de Aguas de la ciudad de San Luís Potosí y Soledad de Graciano Sánchez.

Producto de las gestiones interinstitucionales que se han venido adelantando para formalizar jurídicamente el intercambio de aguas, una vez el Tanque Tenorio se encuentre en operación es la carta de intención suscrita en junio de 1995, por los titulares de la Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional del Agua y el Gobernador Constitucional del Estado de San Luís Potosí, al tenor entre otras de las siguientes ofertas:

- i La CFE acepta usar en el sistema de enfriamiento de la Termoeléctrica de Villa de Reyes, las aguas residuales tratadas en la zona conurbada de los municipios de San Luís Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, siempre y cuando el Estado de San Luís Potosí le suministre los volúmenes requeridos, en la cantidad, calidad y oportunidad requerida.
- ii A cambio LA CFE transmitiría a favor del Estado de San Luís Potosí los derechos de agua que tiene asignados, exceptuando los pozos 13 y 14, los cuales mantendría para efectos de atender contingencias que se pudieran presentar. A su turno La Comisión Nacional del Agua acepta registrar dicha transmisión de derechos en el REPDA.
- iii Sobre los volúmenes de aguas tratadas LA CFE pagaría AL ESTADO una tarifa por metro cúbico, previamente convenida y establecida a partir de los costos reales de amortización de la inversión, operación y mantenimiento de las instalaciones necesarias.
- iv Si La CFE dejare de requerir el agua tratada durante la vigencia del instrumento jurídico que perfeccione la carta de intención, deberá indemnizar al Estado en una cantidad equivalente al valor de la inversión no amortizada.
- v El Estado acepta asumir la problemático de tipo político – social que se derive del cambio de uso del agua residual de la zona conurbada.
- vi La carta de intención dejará de surtir efectos, sin responsabilidad para las partes por: la voluntad expresada por cualquiera de ellas sobre causa justificada debidamente sustentada, así como el caso fortuito o fuerza mayor.



### 6.1.2 Productora Nacional de Papel Destintado, S.A. de C.V. (PRONAPADE)

Con un volumen de 11'856.000 m<sup>3</sup> / año PRONAPADE, deberá conforme a las obligaciones contraídas a través del título de concesión disminuir sus extracciones en un 20% en mayo del año 2005, fecha a partir de la cual el volumen concesionado se reduce a la cantidad de 9'485.000 m<sup>3</sup> año.

De la descarga de aguas residuales autorizada a la Concesionaria conforme a las condiciones del título, deberá entregar anualmente el 100% de la descarga a los usuarios del Ejido La Estancia, El Rosario, para su uso en riego agrícola estando obligada a entregar un mínimo anual de 4'800.000m<sup>3</sup>.

La adopción de nuevas tecnologías para el reuso de las aguas entre otros factores, ha reducido el volumen de las descargas, obligándose la concesionaria a extraer aguas limpias para cumplir con la dotación a los ejidos para uso agrícola. Esta situación ha sido fuente de controversias entre La Comisión y el Concesionario debido a los complejos sistemas de medición de los volúmenes utilizados en función de los usos, con incidencia en el pago de los derechos de agua, dada la exención que ampara el uso agrícola.

### 6.2 Derechos de agua para uso y aprovechamiento de Aguas Residuales<sup>15</sup>

Los derechos de agua para el uso y aprovechamiento de las aguas residuales en actividades agrícolas por parte de usuarios ejidales en el Estado de San Luis Potosí, tiene su origen en el Decreto Presidencial publicado en el DOF el 14 de noviembre de 1959 con un volumen asignado de cinco millones de metros cúbicos. Con posterioridad se produjeron nuevas disposiciones que han protegido jurídicamente el acceso de nuevas comunidades agrarias al uso del recurso, cuya fuente de abastecimiento proviene principalmente de la descarga de aguas residuales derivadas del uso público urbano en la ciudad de San Luis Potosí.

Según el censo de aprovechamiento realizado por la la Comisión se identificó una superficie de 2.651 ha., que pertenecen a ejidatarios y pequeños propietarios. De dicha área 795 ha., tienen adjudicada mediante concesiones, un volumen de 12.9 millones de metros cúbicos y en proceso de adjudicación, 4.1 millones de metros cúbicos para 252 ha., adicionales. Los demás son usuarios de hecho. Unos y otros (de hecho y de derecho) conforman 19 asociaciones de regantes y administran una red de distribución y almacenamiento constituida por 14 canales primarios y un sinnúmero de secundarios, 2 tanques de almacenamiento y 58 millones de metros<sup>3</sup> de agua residual por año.

En ejecución el Plan Maestro de Saneamiento reuso e intercambio de aguas de la ciudad de San Luis Potosí y Soledad de Graciano Sánchez, se inició la construcción de plantas de tratamiento entre ellas las del complejo "Tangamanga". En operación la planta, se ha visto en forma permanente afectada por la oposición de los usuarios que en oportunidades violentan la infraestructura, impidiendo el paso de las aguas a fin de tomarlas antes de la entrega para su tratamiento.

<sup>15</sup> La información ha sido extractada de los siguientes documentos: (i) Censo de Aprovechamiento y Disponibilidad de las Aguas Residuales de San Luis Potosí y Soledad Graciano Sánchez en Riego Agrícola. Subgerencia Técnica Gerencia Regional Noroeste CNA. (sin fecha); (ii) "De los Seco a lo Limpio" Culturas de Agua en Conflicto?. Ponencia C. Cirelli en XI Congreso Nacional de Irrigación Guanajuato Septiembre 2001. (Artículo ANEI – S80118); (iii) Convenio de colaboración para el tratamiento de aguas residuales celebrado entre el Gobierno del Estado de San Luis Potosí y la Asociación de Usuarios de Aguas Negras el 21 de octubre de 2002. Fuente: Comisión Estatal de Aguas.

La situación descrita se presenta aún después de haber convenido con el Estado que se les respetarían los derechos de hecho y de derecho además de reconocer el volumen actualmente utilizado para riego, agua que después de tratada se les entrega sin costo alguno.

Mientras que algunas fuentes identifican como causa de la protesta, el hecho que los usuarios prefieren el agua no tratada, la verdadera razón parece radicar en el temor a que el agua se transfiera a otras áreas y otros usos. También cuenta el hecho de que el sistema de retorno de los efluentes de las aguas tratadas a los campos de cultivo no se ha construido.

Previendo situaciones similares con el proyecto “Tanque Tenorio – Villa de Reyes” en octubre del 2002, el Gobierno del Estado a través de la CEAPAS, logró la firma de un convenio de colaboración con la Asociación de Usuarios de Aguas Negras, de la cual forman parte entre otros los Ejidos de: Villa de Pozos, Cándido Navarro, Los Gómez, Rancho Viejo y Soledad Diez Gutiérrez. Entre los diversos compromisos adquiridos por el Gobierno del Estado se destacan:

- ✓ Gestionar ante la Comisión Nacional del Agua la confirmación y regularización de los derechos de hecho y de derecho en materia de aguas residuales;
- ✓ Los usuarios no asumirán costo alguno por la operación y mantenimiento de la planta de tratamiento;
- ✓ El Gobierno del Estado y sus dependencias, se comprometen a participar en el desarrollo y ejecución de un plan agropecuario para la zona de influencia de la planta Tenorio Villa de Reyes;
- ✓ El Gobierno del Estado se compromete a entregar a los usuarios, sin costo alguno, el mismo volumen de agua que a la fecha vienen utilizando de conformidad con los padrones de usuarios respectivos;

## **7. La Organización de los Usuarios a través de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS)**

### **7.1 Acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes**

A la constitución e instalación del COTAS del acuífero Jaral de Berrios – Villa de Reyes, concurren representantes de los distintos usos habiendo quedado acreditados según se desprende del acta de instalación, todos los usuarios del área geográfica total del acuífero compartida por la división político administrativa de los Estados de San Luis Potosí y Guanajuato. Según dicha acta, en la estructura administrativa del COTAS habrá una Gerencia Técnica, compuesta por un representante de cada uno de los Estados con influencia sobre el acuífero y un representante de la Comisión Nacional del Agua.

Adicionalmente se conoció la escritura pública de fecha 12 de enero de 2000 mediante la cual se protocoliza el acta de constitución de la Asociación Civil “Consejo Técnico de Aguas Jaral de Berrios A. C. Acto al que concurren únicamente los usuarios de la fracción correspondiente al Estado de Guanajuato. Según información obtenida de los usuarios<sup>16</sup> existe un proyecto mediante el cual se fusionan las dos organizaciones pero ello no se ha protocolizado. No se conoció

<sup>16</sup> Presidente del COTAS Jaral de Berrios A. C. Ing. Ricardo E. Gómez Alba (reunión de Octubre 17/03)

documento que acredite la constitución como asociación civil del COTAS que representa los usuarios de Villa de Reyes.

## **7.2 Acuífero San Luís Potosí**

El COTAS integrado esencialmente por los usuarios de aguas nacionales del acuífero San Luís Potosí, se constituyó como asociación civil en diciembre de 2002. Se proyecta como una organización bastante activa e interesada en la problemática del acuífero. Integra además de los usuarios, a representantes de la sociedad y de la academia.

Financieramente viene siendo apoyada por el Estado con el que ha suscrito (Junio 15 de 2004) un convenio de colaboración mediante el cual se le aportará por única vez recursos por \$1.500.000 para apoyar las acciones específicas, coordinadas y definidas en el Plan de Manejo Integral del Acuífero de San Luís Potosí y dirigidas a lograr su uso sustentable.

## **8. Conclusiones**

Uno de los propósitos de este documento, ha sido determinar el marco institucional y legal en el orden federal y estatal para la gestión del agua y procurar identificar la problemática que derivada del mismo, podría llegar a ser atendida a través del proyecto piloto que sobre la zona de estudio se prepara, en orden a obtener el Manejo Integrado y Sostenible del patrimonio hídrico en la cuenca del río El Salado. Del análisis se derivan las siguientes conclusiones:

- i En el Estado de San Luís Potosí, el enfoque vigente para abordar el tema de la gobernabilidad del agua es de carácter sectorial. La CEAPAS está facultada especialmente para intervenir en la prestación del servicio público de agua potable y sus servicios afines y, aunque algunas de las atribuciones conferidas, la proyectan como el órgano promotor del desarrollo hidráulico estatal, ello entra en conflicto con la Ley Orgánica de la Administración Pública que señala la SEDARH, como responsable de proponer la política hidráulica en materia de aguas de jurisdicción estatal.
- ii Establecer tarifas que permitan a los Organismos Operadores la obtención y utilización de los recursos necesarios para desempeñar con autosuficiencia administrativa y financiera la prestación de los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, saneamiento y servicios conexos, sigue siendo un desafío para romper el círculo vicioso de: cultura de no pago por deficiente prestación de servicios e imposibilidad de mejorarlos, por falta de recursos financieros para lograrlo.
- iii Sobre los acuíferos comprometidos en el área geográfica del proyecto Jaral de Berrios – Villa de Reyes y San Luís Potosí, se encuentran vigentes decretos de veda cuya expedición inicia en junio de 1961 y abarcan además de los municipios de San Luís Potosí y Villa de Reyes, otras entidades municipales del Estado.
- iv La Autoridad del Agua con la participación de los usuarios apoyados financieramente por el Gobierno del Estado, y la cooperación de la sociedad y la academia, adelanta el proceso de reglamentación del acuífero de San Luís Potosí. El análisis realizado al anteproyecto de

disposición, y que resulta válido para el que se prepare para Jaral de Berrios - Villa de Reyes, precisa de algunas sugerencias con la finalidad de:

- Obtener una regulación precisa desde el punto de vista jurídico-formal;
  - Evitar disposiciones de carácter exclusivamente declarativo. El reglamento debe tener fuerza jurídica<sup>17</sup> y aplicación efectiva en caso de incumplimiento.
  - Contemplar sistemas de medición indirecta para facilitar la aplicación de la Ley por parte de la Autoridad. Es importante no perder de vista que el reglamento se publicará mediante NOM, y en este orden, llena los requerimientos legales de forma, en materia de publicación para que los sistemas o procedimientos de medición indirecta puedan ser vinculantes jurídicamente.
  - Establecer un régimen de prioridad para los usos del agua, acorde con los lineamientos de política establecidos en el Plan Estatal de Desarrollo de San Luis Potosí;
  - Consultar los lineamientos del proyecto piloto que actualmente se prepara en la zona de influencia del acuífero, para buscar la coherencia de las disposiciones con los objetivos del proyecto.
  - Es bien sabido que los factores que hoy debilitan la capacidad institucional y afectan la administración y/o aplicación de la Ley, no obtienen solución con la simple expedición del reglamento, ni con la bien intencionada autogestión de los usuarios que legalmente están impedidos para el ejercicio de autoridad. Pero, dado su carácter obligatorio por cuanto es reglamentario de facultades especiales de Ley, sí puede entorpecer el normal desarrollo del proyecto si alguna o algunas de las disposiciones fueren en contravía de su objetivo.
  - El anteproyecto incorpora disposiciones que son materia del Decreto de Veda y que en consecuencia exceden el marco jurídico permitido por las actuales declaratorias, lo cual daría lugar a procesos administrativos de impugnación para invocar su nulidad. Además, habla de posteriores publicaciones sobre un programa de reducción de extracciones cuya promulgación no puede darse en la forma propuesta sino mediante NOM.
  - Considerando las limitaciones de los decretos con fundamento en los cuales se prepara el reglamento, y los cuales son totalmente ajenos a los principios que sustentan la política hídrica Nacional a que se refiere el artículo 38 de la Ley vigente, se sugiere evaluar si se justifica persistir en publicar una NOM en extremo limitada en sus alcances y afrontar el costo y desgaste institucional y social que ello conlleva, o en su defecto, iniciar el proceso de modificación de los actuales decretos de veda para su posterior reglamentación.
- v La Gerencia Estatal de San Luis Potosí manifiesta que aunque el municipio Villa de Reyes se ha clasificado como parte de la región hidráulica 26 Pánuco, con dependencia de la Gerencia Cuencas Centrales el Norte, por su ubicación debería corresponder a la Gerencia Golfo Norte. Con dicho argumento, se ha convenido provisionalmente que el COTAS de Jaral de Berrios-Villa de Reyes se integre al Consejo de Cuenca establecido para esa región. Este proceso requiere ser formalizado para dar soporte jurídico a los consensos y demás que a nivel del Consejo de Cuenca tengan relación con el proyecto piloto.
- vi Entre los arreglos institucionales que se adelantan para lograr la reasignación intersectorial de derechos de agua, se encuentra el intercambio de aproximadamente la mitad del agua tratada

<sup>17</sup> El concepto de “fuerza jurídica” como lo señala PINA, es el que se refiere en específico a la fuerza de la Ley, Eficacia otorgada legalmente a los ordenamientos jurídicos, norma indeclinablemente obligatoria”.

por la operación futura de la Planta Tanque Tenorio – Villa de Reyes con la Termoeléctrica Villa de Reyes. Un principio de acuerdo se formalizó mediante una carta de intención suscrita entre La Comisión, La CFE y el Gobierno del Estado, la que puede quedar sin efecto y sin generar responsabilidad para las partes, por causas debidamente sustentadas o de fuerza mayor. De dicha carta se derivan principalmente las siguientes ofertas:

- El compromiso del Gobierno del Estado de suministrar a la CFE a cambio de una tarifa previamente convenida, los volúmenes de agua requeridos para el enfriamiento de la Termoeléctrica Villa de Reyes y la aceptación de la CFE de usar en dicho proceso las aguas residuales tratadas.
  - A cambio la CFE transmitiría a favor del Estado de San Luis Potosí, los derechos de agua que tiene asignados, reservándose dos pozos para atender contingencias. Por su parte La Comisión, acepta inscribir dicha transmisión en el REPDA.
  - La carta de intención se materializará en un instrumento jurídico a 20 años, contados a partir de la fecha de inicio de la entrega del agua tratada a la CFE. En caso de conflictos que no puedan resolverse por la vía conciliatoria, las partes se sujetan a las decisiones de los tribunales Federales.
- vii En congruencia con lo expuesto en el numeral (vi) anterior, agregamos:
- No podría ser otro sino el Gobierno del Estado o quien conforme a derecho se encuentre legitimado para explotar la planta de tratamiento Tanque Tenorio - Villa de Reyes, el receptor de la tarifa proveniente del agua tratada entregada a la CFE, no sólo porque asume los costos del tratamiento, sino porque por disposición legal, el Gobierno del Estado es competente para realizar el uso y aprovechamiento de las aguas residuales producto de las aguas nacionales que se le hubieren asignado, hasta su descarga en cuerpos receptores de jurisdicción federal.
  - La Comisión por su parte, compensará los recursos dejados de percibir de la CFE por concepto de derechos, con los que deberá cubrir LA CEAPAS por los volúmenes asignados producto de la transmisión.
  - No podría la CFE suscribir un convenio para obtener agua tratada a fin de cubrir las necesidades de enfriamiento de la termoeléctrica y simultáneamente, conservar los derechos de agua de primer uso que tiene asignados, pues ello riñe con las disposiciones de Ley que desarrollan el principio de uso efectivo y beneficioso. Esto es aplicable aunque la facultad para otorgar el derecho para el uso y aprovechamiento de una u otra (aguas limpias o aguas residuales) recaiga en autoridades diferentes (Federal y Estatal), en los dos casos se trata de aguas nacionales.
  - La eventual negativa de la CFE a transmitir los derechos bien podría configurar una práctica de monopolio contraria a los preceptos del artículo 28 constitucional y en el menor de los casos, motivar la caducidad de los derechos por el no uso. No está por demás agregar que actualmente se adelanta en contra de la CFE el proceso de caducidad sobre 13.181.919 metros<sup>3</sup>.
  - En última instancia, queda la vía de la conciliación o los Tribunales Federales para hacer cumplir los compromisos adquiridos a través del instrumento jurídico tripartito (Comisión, CFE, Estado San Luis Potosí,) mediante el cual se formalice la carta de intención, la que es a su vez el soporte jurídico que perfeccionaría la transmisión de derechos y otorgaría viabilidad para ordenar la inscripción en el REPDA.

- viii El uso de las aguas negras en San Luís Potosí para actividades agrícolas, al amparo de disposiciones legales de vieja data, hoy incongruentes con los principios ambientales de rango constitucional que rigen el contexto nacional, y las NOM que regulan el uso de las aguas residuales para uso agrícola, configuran además de un problema de salud pública, un asunto jurídico no resuelto, que le fue trasladado al Estado simultáneamente con la asignación de las aguas nacionales para atender la prestación del servicio de agua potable.
- ix Esta circunstancia, ha obligado a la Entidad Federativa a nuevas acciones públicas, lesivas incluso económicamente por cuanto en el proceso de negociación para lograr el intercambio, se ha visto obligada a entregar las aguas tratadas sin percibir contraprestación alguna, en razón del subsidio generalizado vigente en el nivel federal para el recurso hídrico con destino al uso agrícola.

## **9. Los instrumentos de apoyo para el manejo integrado y sostenible del patrimonio hídrico en la cuenca del río El Salado**

Está claro que el proyecto preparado como parte de las actividades del componente MASAS del PROMMA (BIRF 4050-ME), se ejecutará como un piloto del Proyecto de Modernización del Manejo del Agua II, Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos (PROMMA II/GICA).

Por la razón enunciada, el documento de trabajo denominado Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos (GICA) Marco Institucional y Legal – Instrumentos para su planificación e Implantación Local, actualmente en su versión preliminar como material de discusión del equipo responsable de la preparación DEL GICA y desarrollado en lo que corresponde a la luz de la Ley de Aguas Nacionales con las modificaciones, adiciones y reformas vigentes a partir del 30 de abril del 2004, forma parte integral del presente anexo y requiere aún, de arreglos institucionales y el desarrollo reglamentario de normas legales específicas, para que las formas de actuación allí propuestas, obtengan viabilidad para su aplicación.

En consecuencia, El Consejo Estatal de Agua, el Convenio de Coordinación a suscribir entre la Federación y el Estado, el Fideicomiso de Valoración del Agua y el Banco del Agua que aquí se proponen, únicamente serán tratados en lo que resulte necesario en razón de la especificidad del proyecto, remitiendo desde ya para la consulta y mayor ilustración, al marco general desarrollado en el documento de trabajo citado.

### **9.1 El Consejo Estatal del Agua**

El manejo integrado del agua rebasa el marco de acción y la capacidad de la autoridad del agua. Para lograrlo se necesita reforzar la participación activa e informada de autoridades locales, la sociedad y su capacidad para asumir compromisos y responsabilidades. En el foro realizado en México en octubre de 2002<sup>18</sup>, se concluyó que resulta estratégico promover la gestión sustentable del agua en los niveles geográficos y de gobierno adecuados, sobre la base de los principios de complementariedad, subsidiaridad y concurrencia. La instrumentación de tal conclusión requiere revisar las condiciones de gobernabilidad del agua y los arreglos institucionales, incluyendo el marco jurídico y su aplicación.

<sup>18</sup> Agua para las Américas en el Siglo XXI. Gobernabilidad y Participación Ciudadana en la Gestión del Agua.

Esta revisión en el caso del Estado de San Luís Potosí, identifica un manejo sectorial del agua, en cabeza principalmente de la CEAPAS como directamente responsable en el sector de agua potable y de la SEDARH, con facultades legales para proponer la política hídrica estatal y en consecuencia, ausencia del concepto de manejo integrado que comprende cinco campos fundamentales a saber:

- i Integración física del recurso: aguas superficiales, subterráneas, residuales incluyendo los fenómenos de escurrimiento y evapotranspiración;
- ii Integración socioeconómica: integrando los usuarios del agua, con un enfoque social, económico, político y ambiental, reuniendo así a los tres sectores de la economía y la sociedad civil;
- iii Integración ambiental del recurso en cuanto a la recuperación, protección y preservación de los recursos hídricos en cantidad y calidad;
- iv Integración institucional y financiera;
- v Mejorar la información sobre el valor real del agua.

Por la razón anterior, la propuesta de un Consejo Estatal del Agua presidido por el Señor Gobernador, con la participación de sus Secretarios de Estado, el titular de la CEAPAS, presidentes municipales y directores de organismos públicos descentralizados con injerencia en el manejo del agua, representantes de los usuarios y de la sociedad, es percibido como el ámbito donde el Gobierno puede concertar y definir sus políticas en materia de gestión integrada del recurso hídrico para apoyar el eje rector del Plan Estatal de Desarrollo, que contempla el Crecimiento Ordenado y la Sustentabilidad, y como estrategias para lograrlo, entre otras:

- ✓ Planificar y controlar la explotación de los mantos acuíferos con una visión de sustentabilidad a largo plazo;
- ✓ Identificar alternativas para el abastecimiento de agua en el mediano y largo plazo.

El Consejo Estatal del Agua, podría contar con el apoyo técnico de La Comisión a través del Director del Organismo de Cuenca o quien le represente, para asistir al Gobierno en las propuestas cuya materialización no compete exclusivamente a la órbita del Gobierno del Estado y que en todo caso, conforme a las competencias que para cada caso señale la Ley de Aguas Nacionales, seguirían su proceso de consideración y aprobación establecido.

Esta propuesta no implica un desplazamiento de las actividades que al Estado corresponden como integrante del Consejo de Cuenca respectivo ni que haya pasado desapercibida la conformación del máximo órgano de gobierno de la CEAPAS. Por el contrario, coloca de relieve la necesidad de armonizar las disposiciones legales que en materia de agua contienen respectivamente la Ley de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales y el artículo 38 Fracción XII de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado.

## **9.2 Convenio de Coordinación Federación – Gobierno del Estado**

El Proyecto de Manejo Integrado y Sostenible del Patrimonio Hídrico en la Cuenca del río El Salado, es uno de los seis programas de acciones e inversiones de Gestión integrada del agua que considera el proyecto GICA y será validado, acordado y firmado por los representantes de los diferentes actores del agua que participen en el proceso en el seno de los COTAS de: Jaral de

Berrios – Villa de Reyes, San Luís Potosí y el Consejo de Cuenca del cual forman parte dichos COTAS como órganos auxiliares.

En la implantación local de los proyecto piloto DEL GICA, la propuesta busca poner en práctica formas de actuación en que la Federación representada para este caso por La Comisión, no sea el único actor, sino que opere como un coordinador intersectorial y de la intervención estatal, al tiempo que permita la participación de los usuarios, del sector privado y la sociedad civil.

Este nuevo enfoque, propone otorgar un mayor peso a los Estados Federativos en la canalización de los recursos públicos que conformarían el fondo de apalancamiento para cada uno de los proyectos piloto y cuyo ejercicio, se instrumentaría a través de un fideicomiso público estatal que recibiría la denominación de Fideicomiso de Valoración del Agua (FIVAGUA).

Desde la perspectiva formal, el Convenio de Coordinación Federación – Gobierno Constitucional del Estado de San Luís Potosí, debería definir las reglas precisas para la concertación, coordinación, ejercicio y materialización de las diferentes acciones y para asegurar la participación y cooperación de los actores involucrados en el proyecto. Asimismo, debería pronunciarse sobre los sistemas de fiscalización y control de la totalidad de recursos, rendición de cuentas, criterios a partir de los cuales se realizaría la evaluación, periodicidad y medios a través de los cuales se darían a la publicidad los resultados. Específica atención requieren los siguientes aspectos:

- i Bases y sistema de coordinación entre las partes para la asignación vía transferencias o subsidios según se convenga, de los recursos federales con destino al Fondo de apalancamiento;
- ii Bases de coordinación intersectorial e interinstitucional para la reorientación de los subsidios y/o apoyos que requieran ser reestructurados para hacerlos congruentes en su finalidad con las políticas hídricas;
- iii Bases para la coordinación entre los Estados de San Luís Potosí y Guanajuato y relacionada con la ejecución del proyecto en el acuífero interestatal Jaral de Berrios – Villa de Reyes.
- iv Lineamientos a partir de los cuales se conjugarían recursos federales, estatales, municipales, usuarios, sector privado y demás posibles fuentes;
- v Criterios y lineamientos a partir de los cuales se recuperaría la inversión pública, debiendo indicar con precisión si la misma se efectuaría mediante procedimientos e instancias estatales o municipales.

Valga señalar en relación con el último punto, que la Ley de Deuda Pública del Estado de San Luís Potosí, reformada en febrero de 2002 para incorporar las regulaciones que rigen la contratación de la deuda bajo diferentes modalidades, entre ellas la que puede convenirse a través de la intervención en el mercado de valores, debe tener como finalidad, inversiones públicas productivas cuyos planes de operación garanticen su carácter autorecuperable.



### 9.3 El Banco de Aguas – La Reserva Hídrica

La interacción armónica de las decisiones hidráulicas en el nivel federal, con las tomadas en el Estado de San Luis Potosí en línea con su política de desarrollo, son eje rector en la preparación del proyecto que beneficiaría la Cuenca del Río el Salado.

Bajo esta premisa, el proyecto persigue entre sus fines, generar los instrumentos para constituir una reserva hídrica que estimule el fomento de la inversión productiva, posiblemente afectada de tiempo atrás, por la escasez de agua.

#### 9.3.1 El Banco del Agua

Dentro del esquema de instrumentación DEL GICA, la propuesta relativa al Banco del Agua, se proyecta como una instancia que sería atendida a través de la Unidad de Apoyo que se establecería en la Comisión, sede de cada proyecto piloto y que a su vez, tendría bajo su responsabilidad las funciones que desde el nivel administrativo correspondan al FIVAGUA, ya que para el mismo, no se ha previsto que cuente con estructura administrativa propia.

Como puede deducirse, estamos hablando de una instancia de carácter público, bajo el control directo de la Autoridad del Agua, que se apoyaría para su funcionamiento en las demás áreas de la institución, para el caso concreto, principalmente las áreas técnica y de administración del agua, bajo cuya competencia está el decidir la procedencia de la transmisión de derechos o modificación de los títulos de concesión.

La intervención del Comité Técnico del FIVAGUA en esta materia, haría relación a la conveniencia o no de intervenir en el mercado, los precios, los volúmenes susceptibles de adquirir y demás aspectos que ligados a la transmisión, obedecen al acuerdo entre comprador y vendedor; no así a la aprobación o negativa de la operación desde el punto de vista de competencias, exclusivamente privativas de la Autoridad del Agua y cuyas decisiones se tomarán en los ámbitos que corresponda, aunque dicha autoridad forme parte del citado Comité Técnico.

#### El registro patrimonial de los derechos de agua

Los Derechos de Agua que el FIVAGUA adquiriría en cumplimiento de su objetivo con destino a su reasignación intersectorial, formarían según la propuesta, parte del patrimonio del fideicomiso. No desestimamos las objeciones que la propuesta genera en virtud que el FIVAGUA por carecer de personería jurídica, estaría inhabilitado para ser titular de derechos de agua, sin embargo y según nuestro concepto, el fideicomiso en este caso concreto, no se comporta como usuario sino como un órgano de creación legal con la finalidad de intervenir en el mercado de derechos y en este orden, no puede darse a sus actuaciones en este ámbito, la misma calificación y requerimientos que la Ley establece para los concesionarios.

En todo caso, el hecho de que finalmente si así se determinara, no se le otorgue viabilidad al ingreso de los derechos de agua al patrimonio del FIVAGUA, no se constituye en impedimento para su operación, pues desde el punto de vista contable, pueden conforme a las disposiciones legales que le regulan, identificar la forma para acreditar los valores que los mismos representan mientras son transferidos, conservando eso sí los títulos bajo la custodia del FIVAGUA, lo cual para efectos de contabilidad y transparencia de la información, se registra como Cuentas de Información por fuera del patrimonio.

### El principio del uso efectivo del recurso versus la Concesión Programada

El principio de uso efectivo y beneficioso está consagrado en la Ley en forma reiterada. De particular importancia es el artículo 29 BIS mediante el cual se determina la caducidad del derecho por el no uso durante dos años consecutivos. Dicha acción puede interrumpirse entre otras razones:

- i Porque se haya efectuado la cesión o transmisión temporal de los derechos a la Autoridad del Agua para atender situaciones especiales;
- ii Porque se pague una cuota de garantía de no caducidad;
- iii Porque se estén realizando las inversiones que correspondan o ejecutando las obras autorizadas.

De lo anterior se concluye que la Ley, otorga la viabilidad de la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas a través de la figura de la Concesión Programada y que siempre y cuando se cumplan determinados requisitos, es viable conservar el derecho sin uso efectivo, durante lapsos que para cada caso deberán tener el debido sustento, sin incurrir en causales de caducidad.

Interesa destacar que conforme al penúltimo párrafo del artículo 34, en las transmisiones de derechos a que se refiere la Ley, el adquirente queda obligado a formular aviso y acreditar ante la autoridad dentro de los quince días siguientes a la fecha en que entre en vigor el ejercicio del derecho objeto de la transacción, que se encuentra usando efectivamente el volumen de agua materia de la transmisión.

La valoración de este artículo, sin duda hay que realizarlo en armonía con las causales expresamente señaladas por la Ley en el 29 BIS a que nos referimos anteriormente el que evidencia desde un plano distinto, la heterogeneidad de circunstancias que es preciso asumir para hacer realidad la recíproca compatibilidad de las distintas disposiciones y que resultan de obligada consideración.

La línea argumental que se enuncia es clara y apartarse de ella significaría que en todos los casos de transmisión de derechos, el potencial comprador tendría que disponer de una infraestructura ya realizada y preparada para entrar en operación, con lo cual, podría acreditar el uso efectivo del agua en las condiciones que plantea el artículo 34, esto es, dentro de los 15 días siguientes al perfeccionamiento de la operación.

Retomando el concepto de la **reserva hídrica**, motivo de la presente argumentación, es preciso destacar que EL FIVAGUA no tiene ni podría tener propósitos especulativos y que las operaciones reguladas de transmisión de derechos en las cuales se involucre con el fin de conformar la reserva hídrica, deberán estar debidamente fundamentadas y sustentadas, no solo a través de los documentos técnicos que conforman el acervo del proyecto piloto, sino en el Plan Estatal de Desarrollo y el ordenamiento territorial del estado.

#### *9.3.2 Los medios de actuación – las limitaciones*

Para la constitución de la reserva hídrica existen diversos mecanismos legales, uno de ellos el mercado de derechos cuya regulación se encuentra incorporada a la Ley de Aguas Nacionales y sobre la cual se realizaron modificaciones importantes. Entre las que interesan al estudio se destacan:

- i La prohibición de efectuar transmisiones temporales de derechos, con excepción de aquellas que se realicen a favor de la Autoridad del Agua, para atender situaciones específicas, entre las cuales califica la sobreexplotación grave de acuíferos.
- ii La facultad legal para entregar el uso provisional de las aguas concesionadas a terceros sin que medie la transmisión del derecho ni la modificación del título. La forma en que finalmente se desarrolle reglamentariamente esta disposición, determinará la viabilidad o imposibilidad de considerar estas transacciones como posible fuente de recursos financieros, para apoyar las inversiones mediante las cuales se introducirían tecnologías novedosas a los sistemas de producción agrícola establecidos en la zona de influencia del proyecto.
- iii La creación de Bancos de agua como instancias temporales o definitivas para gestionar operaciones reguladas de transmisión de derechos.
- iv La facultad para los usuarios de conservar los volúmenes de agua ahorrados, cuando las inversiones y la modernización de la infraestructura hayan sido realizadas por los concesionarios y siempre y cuando haya disponibilidad. Entendemos que el Legislador con esta disposición, proporciona a la Autoridad del Agua una importante facultad cuyo ejercicio le permite apoyar dicha modernización y en contraprestación, disponer de los volúmenes de agua ahorrados en proporción igual al apoyo financiero otorgado, haciendo las modificaciones del caso a los títulos.
- v La facultad a La Autoridad del Agua para adquirir a título de cesión o transmisión, derechos de agua. El alcance de la facultad la determinará el Reglamento de la Ley. En todo caso, desde nuestro punto de vista, la entendemos como una variante del Rescate, que se traduce en la facultad legal para que la liberación de los derechos de agua por parte de la autoridad para atender situaciones anormales calificadas por la Ley, entre las que incorpora la sobreexplotación grave de acuíferos, no sea producto del Rescate sino el resultado del convenio que pueda establecerse entre las partes.

### *9.3.3 Las acciones orientadas a liberar volúmenes de agua, que se apoyarían con la reorientación de los subsidios*

Lo expresado en los dos últimos apartes del numeral anterior, interesan especialmente a las acciones que pueden apoyarse financieramente a través de la reorientación de los subsidios con la finalidad de liberar ahorros de agua y que en términos generales, fomentarían las acciones que se exponen a continuación. Se parte del principio que previamente, deben adelantarse los arreglos institucionales y presupuestales que según el programa, deben darse en el orden federal.

- i Inversiones en tecnificación y modernización del riego o la reconversión de cultivos que impliquen un ahorro real de agua; y
- ii La liberación de volúmenes de agua mediante el pago de un precio justo a los titulares del derecho y quienes por su condición de marginalidad se encuentran impedidos para asumir prácticas novedosas que mejoren su rentabilidad y privilegien el uso sustentable de las aguas.

### Los fundamentos jurídicos

Para las actividades de tecnificación, modernización y/o reconversión, el fundamento jurídico se deriva de la facultad que se concluye del artículo 51, último párrafo de la Ley<sup>19</sup>, esto es, apoyar su financiamiento y en contraprestación, liberar los ahorros de agua producto de la inversión. La aceptación de la financiación por parte del usuario, implicaría la determinación sin más condicionamiento, de acceder a la modificación del título, por tanto, ello debería ser explícito en las reglas de operación del programa y en los documentos legales que deben producirse para formalizarlo.

Para el segundo caso, esto es la liberación de volúmenes mediante un pago justo, el fundamento jurídico que se invoca es la facultad que la Ley confiere a la Autoridad del Agua para adquirir a título de cesión o transmisión, derechos de agua para atender situaciones anormales. Como ya se ha expuesto, dicha facultad la percibimos jurídicamente como una variante del Rescate<sup>20</sup>. Su viabilidad la determinará el alcance del desarrollo reglamentario que finalmente se produzca.

### La aplicación de la figura jurídica del RESCATE

Si lo anteriormente propuesto no resultare aplicable por las limitaciones reglamentarias que finalmente se establezcan, queda el recurso de EL RESCATE, lo cual condicionaría la ejecución del programa en este punto expreso a la publicación del decreto respectivo mediante el cual se declare el mismo, invocando las razones de interés o utilidad pública.

Los términos en los cuales se pactaría la indemnización en términos de valores, requiere la intervención de La Comisión de Avalúos de Bienes Nacionales (CABIN), actualmente en proceso de transición hacia el organismo desconcentrado dependiente de la Secretaría de la Función Pública que conforme a las modificaciones introducidas a la Ley de Bienes Nacionales en Mayo de 2004, deberá asumir sus funciones.

En cuanto al período en que debe pagarse la indemnización, no existe disposición legal que expresamente lo señale, no se conoce aún el reglamento de la Ley de Bienes Nacionales y si contendrá algunas disposiciones sobre el particular. En todo caso, lo que muestran las normas legales para el caso del pago de la indemnización en los eventos en que la figura que la ocasione sea la expropiación, la ley respectiva en su artículo 20, determina un plazo no superior a diez (10) años).

Si finalmente este fuere el marco aplicable, se favorecería en forma importante el pago de las indemnizaciones a través de la reorientación de subsidios, pues la gradualidad de los desembolsos, permitiría ajustarlas a las asignaciones presupuestales de periodicidad anual que caracteriza el presupuesto de los programas objeto de reorientación.

<sup>19</sup> LEY: Artículo 51 último párrafo: Los volúmenes ahorrados por el incremento en la eficiencia en el uso del agua no serán motivo de reducción de los volúmenes de agua concesionados, cuando las inversiones y la modernización de la infraestructura y tecnificación del riego las hayan realizado los concesionarios, siempre y cuando exista disponibilidad.

<sup>20</sup> Véase una mayor amplitud del análisis jurídico a este precepto de la Ley en el documento de trabajo en su versión preliminar denominado "Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos (GICA), Marco Institucional y Legal, Instrumentos para su planificación e Implantación.

### La determinación de los volúmenes reales de agua

No menos importante es el contenido de la disposición legal mediante la cual se establece que los títulos de concesión o asignación no garantizan la existencia o invariabilidad de los volúmenes que amparan. La norma recientemente elevada a categoría de Ley, no es novedosa pues ya se contenía con anterioridad en el Reglamento de la Ley y forma parte de las condiciones bajo las cuales se otorgan los títulos de concesión o asignación. Sin embargo, no ha sido reglamentada y ello en el presente, se traduce en cierto grado de inseguridad jurídica para los concesionarios o asignatarios.

De todas maneras resulta relevante y tendrá que ser de consideración especial al determinar los procedimientos que culminen en la modificación o extinción de los títulos comprometidos en cualquiera de las acciones resultantes de la reorientación de los subsidios.

#### *9.3.4 El otorgamiento de derechos de agua en zonas de veda*

La regulación para otorgar nuevas concesiones en zonas de veda, como es el caso que nos ocupa, lo determina la fracción I del artículo 39 BIS de la Ley al señalar que habrá lugar a la declaratoria correspondiente cuando: “No sea posible mantener o incrementar las extracciones de agua superficial o del subsuelo, a partir de un determinado volumen anual fijado por “la Autoridad del Agua” sin afectar la sustentabilidad del recurso y sin el riesgo de inducir efectos perjudiciales, económicos o ambientales, en las fuentes de agua de la zona en cuestión o en los usuarios del recurso, ..”

No expresa la Ley qué requisitos debe cumplir la fijación de dicho volumen anual desde el punto de vista de forma y de publicidad, luego ello tendrá que ser materia del reglamento. Aparte de las formalidades que se deban atender, lo sustantivo de la disposición consiste en que a partir de allí, podrá determinarse qué volumen de agua de la que se libere a través de las acciones producto de la **reorientación de subsidios** puede entrar a formar parte de la **reserva hídrica** y cual se dejará en el acuífero para contribuir a restaurar su equilibrio.

En línea con lo anterior, deben invocarse las disposiciones que sobre el particular contengan los decretos de veda correspondientes, los que como señalamos en su oportunidad, facultan a la autoridad para que previos los estudios técnicos que acrediten la viabilidad de la explotación, se autoricen nuevos aprovechamientos.

Como corolario, conviene recordar que en trámite se encuentra el proceso administrativo de caducidad a la CFE el que de prosperar, dejaría libre un volumen importante susceptible de concesionar si es que la publicación sobre el volumen anual a que nos referimos inicialmente así lo permite.

### La Reserva de Aguas para adjudicar por concurso

La facultad para reservar aguas y adjudicarlas posteriormente por concurso de que trata la fracción I del artículo 22 de la Ley<sup>21</sup>, es otro de los posibles medios a través de los cuales se puede acceder a volúmenes de agua para alimentar la reserva hídrica que se quiere establecer.

<sup>21</sup>Véase el análisis jurídico a este precepto de la Ley y la propuesta de desarrollo reglamentario, en el documento de trabajo en su versión preliminar denominado “Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos (GICA), Marco Institucional y Legal, Instrumentos para su planificación e Implantación.

Los potenciales beneficiarios representados por EL FIVAGUA serían los principales postores y por ello, en la propuesta de análisis que se hace a esta norma, se sugiere que la reglamentación considere la posibilidad de otorgar el derecho de adquisición preferente de los caudales a concesionar a quienes estén vinculados a proyectos específicos de Gestión Integrada de Cuencas y Acuíferos.

#### **9.4 Fideicomiso de Valoración del Agua (FIVAGUA)**

El innegable desarrollo de la figura del fideicomiso, su versatilidad por su gran capacidad y facilidad de adaptación, le ha convertido en un medio al servicio de la Administración Pública, para que por su conducto propicie, promueva y refuerce determinadas actividades económicas y sociales, son las razones por las cuales el Contrato de Fideicomiso, es el instrumento jurídico que se propone para ejercitar los recursos públicos de orden federal que se destinarían a la constitución de un Fondo de Apalancamiento.

Dicho fondo el que se espera sea fortalecido con recursos provenientes de diversas fuentes del sector público y privado, tiene como fin apoyar el financiamiento de las acciones que se proponen realizar en el marco del proyecto de Manejo integrado y sostenible del patrimonio hídrico en la cuenca del río Salado. Es en razón de su finalidad por lo que recibirá la denominación de Fideicomiso de Valoración del Agua (FIVAGUA)

Propuesto como un fideicomiso público estatal, EL FIVAGUA se constituiría por el Gobierno Constitucional de San Luís Potosí, sobre la base de las facultades que le confiere el artículo 4 de la Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado, siendo el Convenio de Coordinación a celebrar entre la Entidad Federativa y la Federación, el instrumento jurídico vinculante que determinará los lineamientos generales de su constitución y funcionamiento. Como sus principales características se señalan:

- i No se proyecta como Entidad Paraestatal, pues carecería de estructura administrativa propia. Para el efecto asumiría la Unidad operativa del Proyecto y contaría con un Comité Técnico.
- ii Aunque a su constitución concurriría inicialmente sólo el Gobierno del Estado, admitiría con posterioridad la adhesión de nuevos fideicomitentes que a su vez tendrían representación en el Comité Técnico.
- iii Estaría sometidos a los órganos de fiscalización y control del orden federal y estatal y sus estados contables e informes con la periodicidad y contenido que para los mismos se establezca, además de cumplir con las disposiciones que le son aplicables y derivadas de las leyes federal y del Estado sobre Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, deberán ser publicados por los medios que expresamente se señalen en el contrato.
- iv El marco legal y demás características específicas DEL FIVAGUA son materia de análisis detallado en el documento de trabajo que se enuncia al inicio del presente capítulo y a él remitimos para su consulta.

### 9.3.5 Reglamento para la Operación del FIVAGUA

Las Reglas de Operación del FIVAGUA, constituyen el desarrollo reglamentario de las directrices concertadas entre la Federación y el Estado, formalizadas a través del Convenio de Coordinación que a su vez se constituye en el marco de referencia obligado para la celebración del contrato de fideicomiso, la preparación de los anexos técnicos y demás instructivos que la ejecución del proyecto requiera. Comprende:

- ✓ Facultades y atribuciones de cada una de las instituciones y entidades del orden Federal, estatal u órganos de conformación mixta (Consejos de Cuenca - COTAS) comprometidas con la actividad del FIVAGUA.
- ✓ Programación anual concertada vía anexos técnicos;
- ✓ Reglas precisas para el manejo del Banco del Agua<sup>22</sup> a través de sus distintas formas de actuación y con la finalidad previamente sustentada ante “La Comisión” de su reasignación intersectorial, privilegiando en todo caso, las acciones orientadas a lograr el “Desarrollo sustentable en materia hídrica”. Comprende entre otras:
  - Adquisición de derechos de Agua a través de proyectos de inversión;
  - Adquisición mediante participación en Subastas;
  - Mediante la compra directa, vía reorientación subsidios aplicando la figura jurídica de La Variante del Rescate;
- ✓ Normatividad y Supervisión;
- ✓ Transparencia de la Información;
- ✓ Auditoria ejercida por la Secretaría de la Función Pública, la Contraloría del Estado; Auditoria Superior de la Federación y del Congreso del Estado.

---

<sup>22</sup> Las reglas para la creación del Banco del Agua así como su funcionamiento sólo podrán concretarse una vez se obtenga el desarrollo reglamentario de la LAN, la propuesta se fundamenta en el análisis jurídico que durante el término de la consultoría se ha realizado a la Ley y que deberá ser valorado conjuntamente con La Comisión.

## Apéndice H-1 Bibliografía

Agua para las Américas en el Siglo XXI. Gobernabilidad y Participación ciudadana en la Gestión del Agua. Foro realizado en México en octubre del 2002.

Anteproyecto del Reglamento para la extracción, uso y aprovechamiento del agua subterránea de la unidad hidrológica Valle de San Luís Potosí. Versión de 18-10-2004. Comisión Nacional del Agua. Gerencia Estatal San Luís Potosí.

Carta de intención que celebran la Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional del Agua y Gobierno del Estado de San Luís Potosí, para el intercambio de aguas con la Central Termoeléctrica Villa de Reyes. Junio de 1995.

Censo de Aprovechamiento y Disponibilidad de las aguas residuales de San Luís Potosí y Soledad de Graciano Sánchez en riego agrícola. Subgerencia Técnica Gerencia Estatal San Luís Potosí, Comisión Nacional del Agua.

Cirelli Claudia. El Agua Agrícola para las zonas urbanas. El caso de la ciudad de San Luís Potosí. Cuadernos del Centro El Colegio de San Luís, 1999.

Convenio de colaboración para el tratamiento de aguas residuales entre Gobierno del Estado de San Luís Potosí y la Asociación de Usuarios de Aguas Negras del Estado de San Luís. 21 de Octubre de 2002.

Convenio de colaboración entre Gobierno del Estado de San Luís Potosí y la Asociación Civil Comité Técnico de Aguas Subterráneas Valle de San Luís, con el objeto de llevar a cabo la instauración del plan de manejo integral del acuífero. Versión de 15 de junio de 2004 Dirección Técnica CEA.

Decretos de Veda sobre mantos acuíferos. Diario Oficial de la Federación:

- ✓ Decreto de Veda sobre mantos acuíferos en el municipio de San Felipe, publicación de julio de 1976.
- ✓ Decreto de Veda sobre aguas del subsuelo región Valle de San Luís Potosí. Publicación 30 de junio 1961.
- ✓ Decreto de Veda sobre mantos acuíferos municipio Villa de Arista y otros. Publicación de 7 de septiembre de 1979.
- ✓ Decreto de Veda sobre mantos acuíferos en el municipio Villa de Reyes y San Luís Potosí. Publicación de 3 de diciembre de 1985.

Embid Irujo, Antonio. El Derecho de Aguas en Iberoamérica y España. Cambio y modernización en el inicio del tercer milenio. Tomos I y II. Seminario de Derecho del Agua de la Universidad de Zaragoza. Cívitas Ediciones S. L. España 2002.

Farías, Urbano. Derecho Mexicano de Aguas Nacionales. Ed. Porrúa, México 1993.



Fideicomisos: La fortuna secreta del Gobierno. Revista Proceso 1449 agosto de 2004.

Legislación Federal. Diario Oficial de la Federación:

- ✓ Decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones de la Ley de Aguas Nacionales. Publicación 29 de abril 2004.
- ✓ Ley de Fiscalización Superior de la Federación. Publicación 20 de diciembre 2002.
- ✓ Ley de Contribución de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica. Publicación 26 de diciembre 1990.
- ✓ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo por el cual se determina el número, lugar y circunscripción territorial de las Gerencias Regionales de la Comisión Nacional del Agua. Publicación de 18 de mayo de 1998.
- ✓ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Acuerdo por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua, y sus planos de localización. Publicación de 31 de enero de 2003.
- ✓ Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Acuerdo por el que se expide el Manual de Normas Presupuestarias, para la Administración Pública Federal. Publicación de 3 de septiembre de 2002.

Ley Federal de Derechos 2004 (Disposiciones Aplicables en Materia de Aguas Nacionales)  
Comisión Nacional del Agua.

Ley Federal de Entidades Paraestatales. Editorial Sista. Septiembre de 2002.

Martín – Retortillo, Sebastián. Derecho de Aguas. Editorial Cívitas, S.A. Madrid 1997.

Memorando N. BOO. E. 42. 1-275 Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal San Luís Potosí. Información sobre estado derechos de agua.

Periódico Oficial del Gobierno del Estado de San Luís Potosí:

- ✓ Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de San Luís Potosí. Publicación de 13 de septiembre de 2003.
- ✓ Ley Ambiental del Estado e San Luís Potosí. Publicación diciembre 15 de 1999.
- ✓ Decreto 257 Ley de Agua Potable, alcantarillado, tratamiento y disponibilidad e aguas residuales para el estado y municipios de San Luís Potosí. Publicación 29 de diciembre 2001.
- ✓ Decreto 642 por el cual se crea el Organismo Intermunicipal Metropolitano de agua potable, alcantarillado y saneamiento y servicios conexos. Publicación 12 de agosto 1996.
- ✓ Ordenamiento interior de la Comisión Estatal de Agua de San Luís Potosí. Publicación 25 de septiembre 2003.

Plan Estatal de Desarrollo del Estado de San Luís Potosí, 2003-2009.

Proyecto de Contrato de fideicomiso (fin fecha) a constituir por el Gobierno del Estado de San Luís Potosí, con la finalidad de financiar acciones, planes, programas y proyectos para la consolidación de los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas.

Villagorda Lozano, José Manuel. Doctrina General del Fideicomiso. Editorial Porrúa, México 2003.

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo I – La Calidad del Agua, el Saneamiento  
y Reuso de las Aguas**

## **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

### **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

#### **Anexo I – La Calidad del Agua, el Saneamiento y Reuso de las Aguas**

##### **1. Calidad del agua de las fuentes de abastecimiento**

###### **1.1 Calidad del agua subterránea en el Valle de San Luis**

###### *1.1.1 Antecedentes*

En el valle de SLP se han identificado dos acuíferos principales, separados por una capa de arena fina compacta. El acuífero somero está constituido por material aluvial y es de tipo freático libre. El acuífero profundo bajo la capa de arena fina es de tipo confinado. La evidencia hidrogeoquímica indica la presencia de tres sistemas de flujo: el local, limitado al acuífero superior, el intermedio compuesto por agua que se infiltra más allá del límite de la capa de arena fina, y el regional que se origina fuera de los límites de la cuenca hidrológica superficial (Carrillo et al., 1996).

Los elementos traza en el agua subterránea del sistema de flujo regional se derivan de las rocas volcánicas del Terciario que afloran en la región occidental del valle y que también se han detectado en el subsuelo. Algunos pozos con profundidad entre 350-450 m, que captan el acuífero profundo, atraviesan aproximadamente 100-200 m de rocas volcánicas (Carrillo et al., 1996).

Las diferencias de temperatura, además de contrastes en la composición química del agua subterránea, sugieren diferentes patrones de flujo, fuentes de agua e interacciones agua-acuífero. De esta forma, existen cuatro grupos de agua de composición química homogénea, cada uno de ellos representa una componente de flujo particular. Estos grupos son: agua termal (flujo regional), agua fría (flujo intermedio), agua mezclada (flujo regional e intermedio) y pozos someros (flujo local) (Carrillo et al., 1996).

La extracción no controlada del acuífero profundo ha ocasionado el deterioro de la calidad del agua subterránea en diversas zonas, ya que ha inducido el flujo regional, rico en fluoruros, a las zonas de producción de los pozos utilizados para abastecimiento de la población.

###### *1.1.2 Calidad del agua*

Con el objetivo de tener un panorama de la situación de la calidad del agua en el acuífero, se seleccionaron los análisis de calidad del agua de pozos ubicados en la zona industrial, la de riego, la zona centro y los más cercanos a la zona de recarga (**Figura 1.1**), diferenciando aquellos que claramente extraen agua del acuífero somero de aquellos que lo hacen del profundo.

La **Tabla I.1** muestra los resultados, como percentiles, del muestreo realizado en el mes de junio de 2001, para los contaminantes de mayor interés, que en este caso corresponden a fluoruros, nitratos y coliformes fecales y totales. De estos resultados, los correspondientes a la mediana o percentil 50 se presentan esquemáticamente en la **Figura I.1**, donde se puede observar lo siguiente.

**Tabla I.1 Resultado de calidad del agua para el acuífero de San Luis**

Zona	Acuífero	Número de Pozos	Fluoruros (mg/L)		Nitratos (mg/L)		Coliformes Totales (UFC/100 mL)	Coliformes Fecales (UFC/100 mL)
			P-50 <sup>(1)</sup>	P-75	P-25	P-50		
Industrial	Somero	8	0.8	1.1	0.4	2.6	1,430	124
	Profundo	30	2.3	3.0	1.1	1.3		
Riego	Somero	15	0.5	0.6	8.6	17.3	5,696	295
	Profundo	7	2.9	3.0	1.5	1.6		
Centro	Somero <sup>(2)</sup>	1	0.6	sd	sd	sd	78	Ausentes
	Profundo	12	1.1	1.6	1.2	1.5		
Recarga	Profundo	3	1.8	2.5	0.9	1.0		

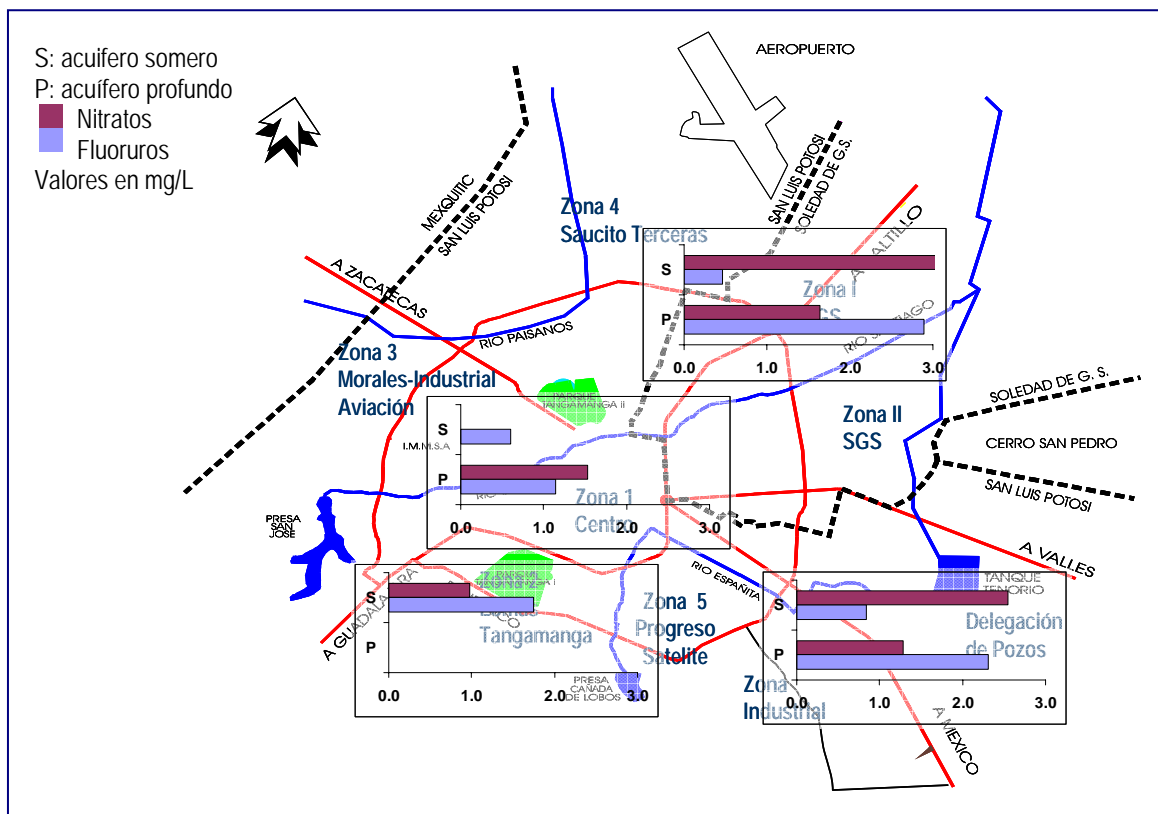
Percentiles 50, 75, 25.

Único resultado disponible, junio de 2004, identificado para el acuífero somero

sd: sin dato

**Fuente:** Laboratorio de calidad del agua, Gerencia Estatal en San Luis, Comisión Nacional del Agua, Junio 2001.

**Figura I.1 Distribución de concentraciones de fluoruros y nitratos en el acuífero de San Luis**



- El acuífero profundo ya presenta valores superiores a 1 mg/l para nitratos en todo el sistema.

- Los valores más elevados para nitratos se observan en la zona de riego e industrial.
- Para los fluoruros, los valores elevados se presentan en el acuífero profundo y los menores en el somero; viceversa para el caso de los nitratos.
- El acuífero somero en la zona agrícola presenta niveles muy elevados de nitratos

Cabe mencionar que estos resultados provienen de pozos de extracción y no de pozos de monitoreo, por lo que estas observaciones asumen que el agua que se analizó es representativa de la profundidad del pozo, en términos generales, además de que se desprecian los efectos de contaminación asociados con los propios pozos.

Como complemento a esta información, la **Tabla I.2** muestra los resultados para los mismos compuestos, para pozos de la red de monitoreo de la calidad del agua subterránea, operada por la CNA para el periodo 2001-2004. Cinco pozos pertenecen a la red denominada “de prevención de la contaminación” y 15 a la denominada “estudios especiales”. Todos los sitios corresponden a extracciones del acuífero profundo localizadas en la zona centro y SGS.

De estos resultados se desprenden los siguientes comentarios.

- El promedio y mediana para la concentración de fluoruros es de 2.0 y 1.9 mg/l, lo que hace evidente que el agua ya no cumple con el nivel establecido para la norma de agua potable (1.5 mg/l).
- El valor del percentil 33 de 1.5 mg/l para fluoruros, muestra que sólo una de cada tres mediciones durante este periodo cumplió con la norma de agua potable.
- En el caso de los nitratos, los valores obtenidos en los pozos de SGS son muy elevados y van de 6.4 mg/l hasta 33 mg/l. En la zona centro se reportó un valor máximo de 4.4 mg/l.

**Tabla I.2 Concentraciones de fluoruros y nitratos (2001-2004)**

	F (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Nitratos <sup>(1)</sup> (mg/l)
N	53	53	45
Máximo	5.0	33	4.4
Mínimo	0.2	0.3	0.3
Promedio	2.0	3.6	1.3
Percentil 33	1.5	1.0	1.0
Percentil 50	1.9	1.3	1.2
Percentil 75	2.6	1.8	1.5
Percentil 90	3.7	10.0	2.2

Datos de la CNA, Gerencia Estatal en SLP

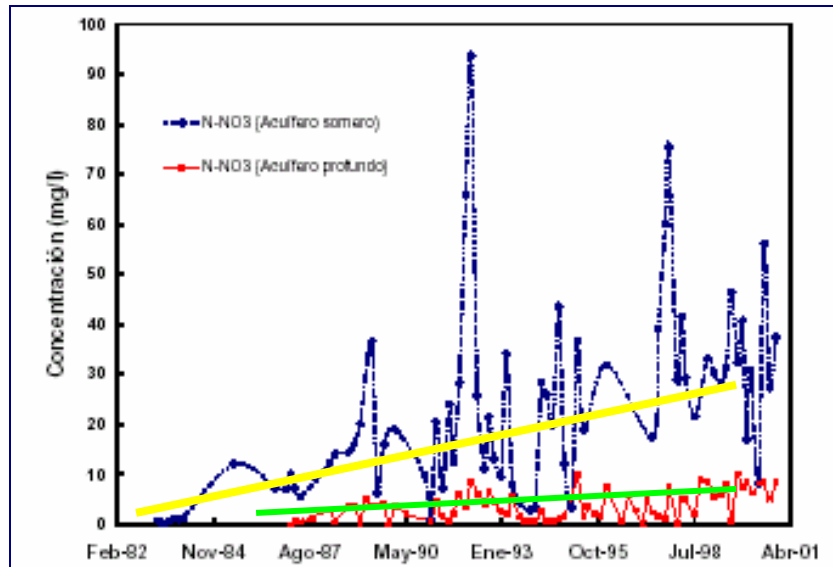
(1) Resultados quitando cuatro pozos ubicados en SGS

- Para conocer el efecto de los valores extremos de nitratos se identificaron los pozos con resultados mayores a 10 mg/l, todos en SGS, y se procedió a hacer el análisis con estos pozos y sin ellos.
- La mediana (percentil 50) y el percentil 75 muestran valores muy similares en ambos casos, lo que hace evidente que los valores extremos son casos aislados asociados, seguramente a infiltraciones directas de agua residual del acuífero somero de SGS.

Existe cierta duda sobre la magnitud de la influencia del acuífero somero y el profundo, ya que se menciona una capa impermeable, que forma un acuitardo medio. Sin embargo, los resultados de

la evolución de la concentración de nitratos de 1982 a 2001, para un pozo en la zona de SGS, tal como se muestra en la **Figura I.2** (Banobras, 2001), para el acuífero somero y profundo, sugieren la presencia de un flujo descendente que sería el responsable de la presencia de nitratos y de su incremento en el acuífero profundo. Esta evidencia coincide con los resultados comentados anteriormente.

**Figura I.2 Evolución de la concentración de nitratos en un pozo en SGS (Banobras, 2001)**



### 1.1.3 Campaña de monitoreo de Interapas

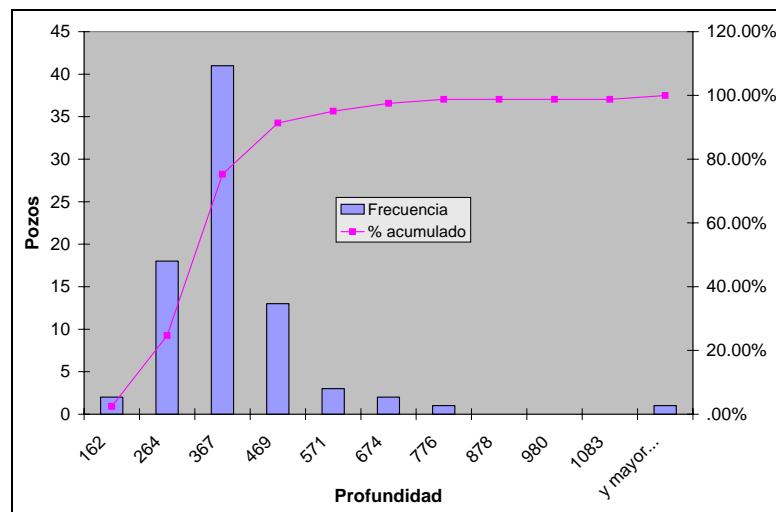
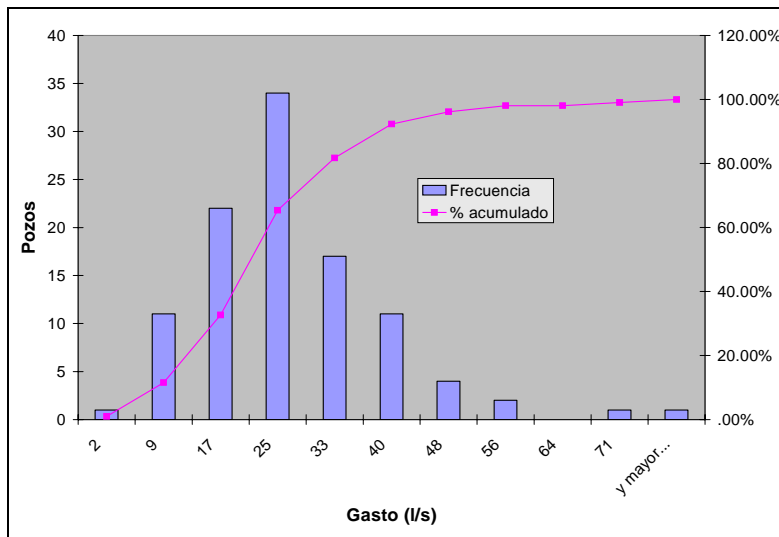
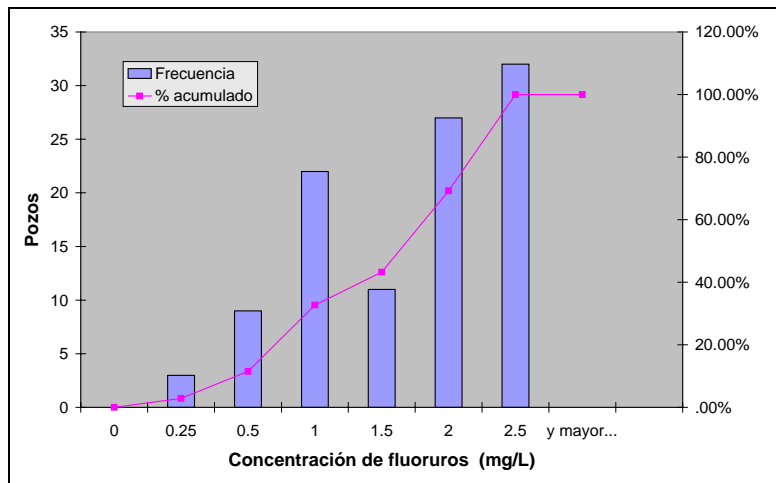
En este acuífero se ubican los 104 pozos que opera actualmente Interapas para abastecimiento público. La calidad de estos pozos, en términos de su concentración de fluoruros, arsénico, plomo, conductividad y coliformes totales y fecales fue determinada en mayo de este año. Los resultados de esta campaña se presentan en el **Apéndice I-3**.

En términos bacteriológicos los resultados no muestran ningún problema, ya que la casi totalidad de los valores son reportados como ausencia, tanto de coliformes totales como de fecales.

La distribución de los resultados para fluoruros de cada pozo, que se presenta en la , muestra que el 43% de los resultados son iguales o menores a 1.5 mg/l, concentración máxima permisible según la norma de agua potable en México. Esto significa que el 57% de los pozos producen agua por arriba de este valor.

Adicionalmente, en la se muestra la distribución de los gastos de extracción (valores promedio de enero a junio de 2004) y de las profundidades. En la primera, se observa que el 65% de los pozos producen gastos menores a 25 l/s; en la segunda, se muestra que el 75% de los pozos tiene una profundidad menor a 367 m. Cabe mencionar, que esta última distribución únicamente considera 81 pozos de los 104.

**Figura I.3 Distribución de fluoruros, gasto y profundidad para 104 pozos de abastecimiento de agua potable**



De estos resultados se obtuvieron las gráficas que se presentan en el **Apéndice I-2** y que muestran la correlación de la concentración de fluoruros con la temperatura, gasto de extracción, profundidad, pH, conductividad, arsénico.

En el caso de la temperatura, la gráfica muestra que los pozos con mayor concentración presentan también mayor temperatura, lo que coincide con la influencia de las aguas termales, sin embargo se observan un número importante de pozos con temperatura por arriba de 35°C y valores menores a 1.5 mg/l de fluoruros.

Con relación al gasto, los resultados muestran una ligera correlación entre pozos con concentraciones elevadas de fluoruros y mayores gastos, no obstante, que la mayoría de los pozos tienen gastos menores a 20 l/s.

Otra de las variables analizadas es la profundidad de los pozos. En este caso, la mayoría se ubican en el intervalo de 200-400 m de profundidad, y no presentan una correlación con las concentraciones de fluoruros. La única observación es que de los pozos con profundidades mayores a 400 m, únicamente cinco presentan concentraciones inferiores a los 1.5 mg/l.

En lo que respecta al pH y conductividad los valores se ubican en un intervalo bien definido, 6.5-8.0 y 200-400 mS/m, respectivamente, y no es evidente una correlación significativa.

Con respecto al arsénico, la mayoría de los resultados están en el nivel de detección del método, lo que se observa por la independencia de los valores con respecto a las concentraciones de fluoruros, sin embargo se observa que las mayores concentraciones de arsénico coinciden con valores elevados de fluoruros.

Tomando las tres variables de mayor interés, se realizó un análisis de correlación, para identificar las variaciones de cada una con respecto a las otras: es decir si los valores altos de una variable corresponden con los valores altos de la otra (valor cercano a uno), o si no tienen relación (valor cercano a cero). Los resultados se presentan en la **Tabla I.3**. Se observa, que la mayor correlación se presenta entre la profundidad y el gasto, como era de esperarse. Por el contrario la correlación menos evidente, e inclusive prácticamente nula, lo presenta la profundidad con la concentración de fluoruros. El caso intermedio lo presenta la correlación entre el gasto y la concentración de fluoruros, que muestra un valor que evidencia cierta relación.

**Tabla I.3 Análisis de correlación entre profundidad, gasto y concentración**

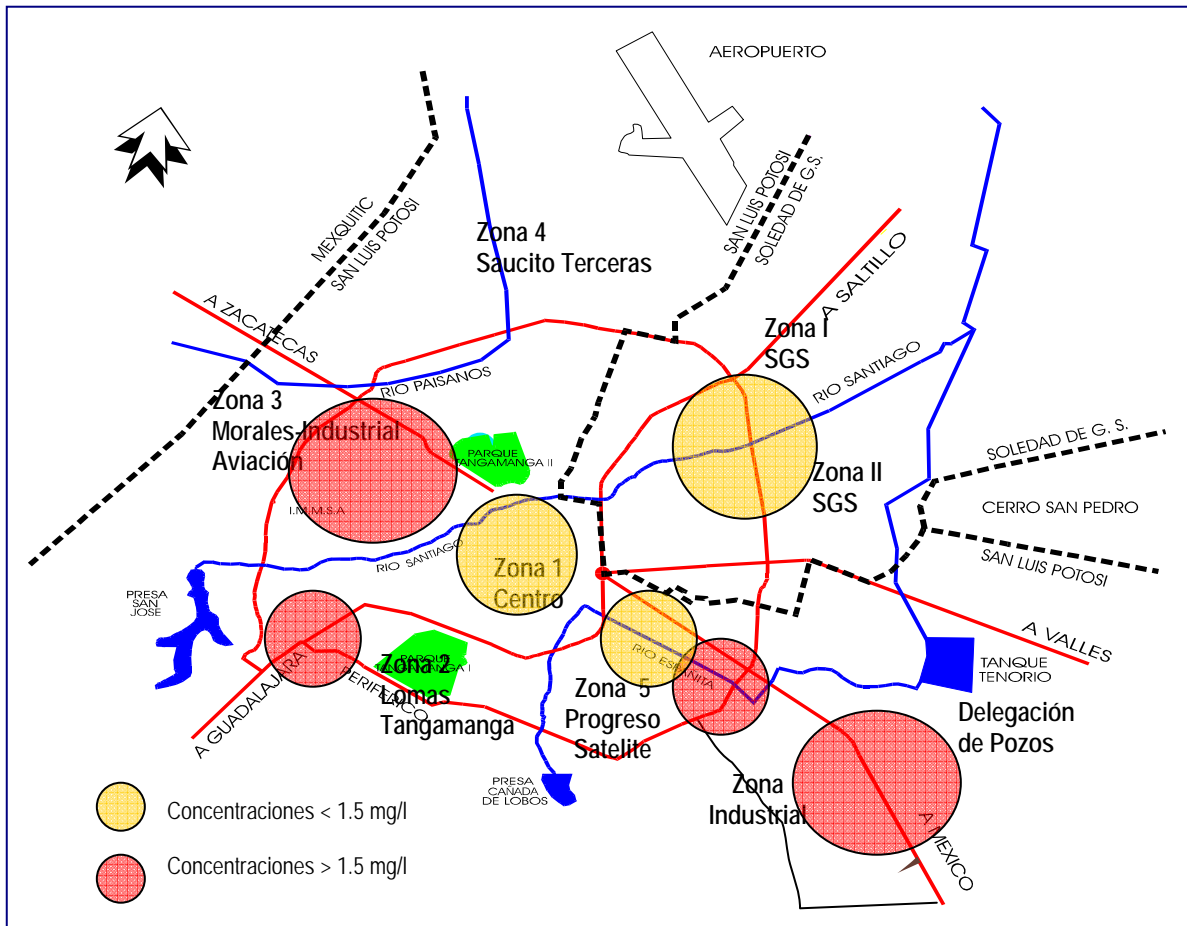
Variable	Correlación = $cov(x,y)/s_x s_y$		
	Profundidad	Gasto	Concentración de fluoruros
Profundidad	1	---	---
Gasto	0.61	1	---
Concentración de fluoruros	0.07	0.29	1



### 1.1.4 Variación espacial

La ubicación espacial de estos pozos es otro factor de análisis importante, para lo cual se identificaron en un plano, los pozos cuya concentración estuvo por arriba de 1.5 mg/l para fluoruros y aquellos con una concentración menor. Los resultados que se observan, se muestran esquemáticamente en la .

**Figura I.4 Zonas con predominancia de pozos con concentraciones altas y bajas de fluoruros**



- En la zona Industrial y Delegación de Pozos prevalecen los pozos con fluoruros: de 14 pozos se identificaron 10 con valores superiores a 1.5 mg/l.
- En la zona 5 “Progreso-Satélite” los pozos con fluoruros se ubican en la frontera con la zona Industrial, y aquellos con niveles bajos se localizan hacia el centro de la ciudad y hacia Soledad de Graciano Sánchez (SGS).
- En SGS y la zona 1 Centro los niveles de fluoruros de los pozos son bajos.
- En la zona 3 “Morales-Industrial Aviación” la gran mayoría de los pozos presentan elevadas concentraciones de fluoruros: 21 pozos de 24 presentan concentraciones altas.
- En la zona 2 “Lomas-Tangamanga” los cinco pozos identificados presentaron elevadas concentraciones de fluoruros.

### 1.1.5 Contaminantes peligrosos

Una amenaza de consideración para el acuífero de SLP es la presencia de sitios potencialmente riesgosos por la presencia de contaminantes peligrosos y no peligrosos. Al respecto existen dos

tipos de sitios, los tiraderos municipales y los tiraderos y sitios de disposición de desechos industriales.

La Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental (SEGAM) del Gobierno del Estado, informó que en toda el área urbana, llegó a haber 56 tiraderos municipales; en la actualidad se tienen identificados 30 tiraderos, de los cuales 8 son los principales por su tamaño (>2 ha) y por encontrarse en zonas vulnerables del acuífero. El tiradero más importante es el conocido como Peñasco, el cual está localizado sobre un meandro del río Paisanos. Este tiradero se cerró bajo los procedimientos técnicamente adecuados, pero en su momento no existió ninguna protección contra la generación y migración de lixiviados. En estos tiraderos se presenta mezcla de residuos municipales y peligrosos.

En cuanto a los desechos industriales, en el último semestre de 2003 se reportaron un total de **17,170 toneladas de residuos peligrosos** generados por 495 empresas. Es importante destacar que el número de empresas que reportó movimientos de sus residuos en el primer semestre de 2004 bajó a 265 (Semarnat, 2004).

La zona industrial de SLP ha sido el escenario de diferentes eventos y prácticas incontroladas de manejo de desechos. En 1993, se detectaron altos contenidos de grasas y aceites en pozos y norias del acuífero profundo y somero, en la zona industrial, por lo que la CNA creó un grupo de trabajo coordinado por el Consultivo Técnico para determinar el grado de contaminación de los acuíferos y diseñar un programa de saneamiento. En 1996 se realizó un estudio hidrogeológico de la contaminación en esta zona, en donde se presentan los siguientes resultados (Geo Ingeniería Internacional, 1996).

- Existen evidencias de fuertes caídas del gradiente horizontal, lo cual sugiere la presencia de ventanas estratigráficas donde la permeabilidad aumenta considerablemente y favorece la migración de contaminantes hacia el acuífero inferior.
- De acuerdo a la posición de los contaminantes se calcularon velocidades de migración vertical entre 0.75-2.0 m/año.
- La contaminación por compuestos de nitrógeno y sulfatos pudo estar asociada a descargas de ácido nítrico y sulfúrico. También se detectaron altos valores para sodio, calcio, magnesio y potasio.
- De los barridos espectrales se identificaron compuestos orgánicos que posiblemente sean bromopropanos, bromobutanos, cloroetanos y cloropropanos. Estos compuestos se usan como solventes de grasas y aceites y resinas, como refrigerantes y anestésicos. No se cuantificaron concentraciones.

Otra fuente importante de contaminación son los bancos de préstamo de materiales que han sido utilizados para disponer desechos industriales (metálicos). Estos bancos son excavaciones a cielo abierto y que dejan al descubierto el nivel del acuífero. Actualmente se llenan de desperdicios de diferentes tipos y basura.

También se encuentra en labores de limpieza las instalaciones de mantenimiento de locomotoras de Ferrocarriles Nacionales de México. En este lugar los suelos se detectaron gravemente contaminados por diesel, por lo que Profepa requirió de su limpieza.

Como puede concluirse, esta zona industrial ha estado sujeta a prácticas incontroladas para la disposición de desechos que han contaminado de una u otra manera al sistema, en su acuífero somero. Todavía hoy existe la incertidumbre sobre la afectación del acuífero profundo, sin embargo, existen todas las condiciones para que esto se presente: presencia de contaminantes y vías de acceso, principalmente por pozos mal clausurados y por la migración horizontal de contaminantes.

En la actualidad se asume que ha disminuido la infiltración directa al acuífero ya que la zona cuenta con colectores que conducen las aguas al tanque Tenorio y con esto la aportación de contaminantes al subsuelo.

Dentro de las actividades riesgosas es importante mencionar el proyecto de ampliación de operaciones de la Minera San Javier, que por sus dimensiones y tipos de procesos, representará un foco de generación de contaminantes muy importante. El proyecto aún se encuentra en vías de aprobación, por lo que resulta muy oportuno revisar los impactos al acuífero que podrían presentarse, y evaluarlos bajo la perspectiva de un sistema cerrado, que acumula contaminación.

## **1.2 Calidad del agua de las fuentes superficiales**

La ciudad de SLP cuenta con fuentes de abastecimiento superficiales en las presas San José, El Peaje y El Potosino, que en conjunto representan 300 l/s, que son tratados en las potabilizadoras Los Filtros y Lomas.

La CNA realiza el muestreo sistemático de las presas El Peaje y San José. La toma de muestras se realiza a la orilla del embalse a la altura de la cortina, por lo que los resultados son de muy poca aplicación para definir el estado del cuerpo de agua y si existe algún proceso de degradación en curso, como su eutrofización.

Del recorrido de campo realizado se observó que las zonas circundantes de los embalses, se encuentran deshabitadas y sin actividad agrícola o forestal importante. Las fuentes de contaminación que se observaron se presentan aguas abajo de la cortina, en donde se ubican caseríos que descargan sus aguas a los cauces que llevan el agua a la potabilizadora. El análisis descriptivo de los resultados obtenidos de 2001-2004 se presenta en el *Apéndice I-4*. Con base en estos resultados se observa que:

- El agua de estas fuentes es de muy buena calidad.
- Sólo se presentan niveles elevados de coliformes totales, seguramente asociados con el procedimiento de toma de muestra y las actividades que se presentan en las orillas del cuerpo, lugar donde se toma la muestra.
- Las concentraciones de fluoruros van de 0.5-1.0 mg/l.

## **2. Potabilización**

### **2.1 Agua potable**

En cuanto a la infraestructura hidráulica, el agua superficial y subterránea se concentran en tres estructuras: la planta potabilizadora Los Filtros, que incluye las fuentes de las presas San José y El Peaje y el pozo Lomas II; el tanque zona Termal, que recibe el agua de 12 pozos y el rebombeo San

Leonel que recibe el 85% del tanque de la zona Termal. La parte restante está dividida en 89 zonas que funcionan individualmente, alimentadas por pozos aislados (DESSA, 1998).

### *Potabilizadora Los Filtros*

Durante la primera estancia en SLP se realizó una visita a esta planta, cuya descripción general y comentarios se presentan en el **Apéndice I-1**. De estas observaciones resulta obvio que esta planta requiere de una rehabilitación y modernización para operar eficientemente, y aprovechar las fuentes superficiales, que son de buena calidad y con concentraciones bajas de fluoruros (0.8 mg/l), ya que estas son mezcladas con los pozos termales lo que reduce la concentración en la zona que abastece. Esta renovación será indispensable si se amplía la capacidad de las presas para contar con un gasto constante durante todo el año.

## **2.2 Remoción de Flúor**

La concentración de fluoruros en el agua depende de la zona geográfica o de la presencia de contaminación por descargas de la industria productora de aluminio y fertilizantes principalmente. En ciertas zonas con materiales ricos en flúor las aguas subterráneas pueden presentar concentraciones hasta de 10 mg/l (OMS, 1995). El límite establecido por la norma para uso y consumo de agua potable es de 1.5 mg/l, el cual coincide con el límite recomendado por la Organización Mundial de la Salud, y con el aceptado por la gran mayoría de los países. Los únicos límites claramente superiores son los de Estados Unidos y China, con valores de 4 mg/l y 10 mg/l (CEPIS, s/f).

Para 1984, los datos disponibles no indicaban que una revisión del límite establecido por la OMS fuera necesaria (OMS, 1995). En el caso del límite en Estados Unidos, la última versión de la “Safe Drinking Water Act” confirma el valor de 4 mg/l (SDWA, 2004).

Al establecer normas nacionales para los fluoruros es importante tener en cuenta las condiciones climáticas, la cantidad de agua consumida y el aporte de otras fuentes, como alimentos, aire o dentífricos. La OMS reconoce que en zonas con gran presencia de fluoruros puede ser difícil respetar el valor guía en ciertas circunstancias con la tecnología de tratamiento disponible (OMS, 1995).

En el caso de SLP, la presencia de fluoruros en el agua de abastecimiento es un problema de salud que afecta a la población de menores recursos. **La fluorosis dental afecta al 66% de los niños atendidos por el DIF y ya es considerado un mal endémico (UASLP et al., s/f).**

La remoción del ión flúor es un proceso complicado por las características químicas del elemento. Se trata de un ión muy pequeño, menor al cloro, de gran movilidad y de difícil retención en medios convencionales.

El método más ampliamente utilizado, por su selectividad y costo es la adsorción en alúmina activada. Los problemas operativos de este proceso están relacionados con la regeneración de la alúmina o su disposición. Este proceso se ha aplicado en filtros domésticos, para abastecimiento de 10 casas, en donde la alúmina se saturaba después de 1.5-2 meses, por lo que el método requería de mucho trabajo. Otros métodos aplicables son la osmosis inversa, el intercambio iónico con resinas específicas y la adsorción en carbón activado de origen animal y en tierras raras (AWWA, 2001).

A mayor escala, existe el Proceso Pureflow® para remoción de Fluoruros, consistente en la combinación de un tratamiento químico y la filtración con un medio de alúmina activada altamente adsorbente. El proceso se reporta como simple, seguro, compacto, con controles automáticos, y que requiere un mínimo de atención por personal operativo (TE, 2004); sin embargo requiere del manejo de ácido sulfúrico y sosa cáustica, así como de los subproductos de retrolavados y de la regeneración del medio.

El proceso consiste en ajustar el pH del agua de pozo que contiene fluoruros para llevarla al pH óptimo para remoción de fluoruros, en donde además algunas moléculas orgánicas y algunas trazas de metales pesados son adsorbidos en el medio filtrante, incluyendo el arsénico. Cuando el lecho de alúmina activada ha removido la máxima cantidad de fluoruros, se procede a su regeneración con una solución cáustica. El proceso inicia con un retrolavado para eliminar sólidos suspendidos, en seguida la cama es tratada con una solución cáustica para disolver el fluoruro adsorbido y finalmente, se hace un enjuague con agua cruda. Los productos de regeneración y retrolavado son residuos que se podrán disponer de diferentes maneras, entre otras, mediante lagunas de evaporación o riego de árboles y plantas, nativas de ambiente tipo desierto, que succionan los fluoruros (TE, 2004).

El Sistema de Tratamiento consiste de los siguientes componentes principales:

- Tanque para Filtro
- Medio Filtrante (Alúmina Activada)
- Sistema de inyección de Sosa Cáustica
- Sistema de inyección de ácido
- Panel de control para operación automática.

Los costos de inversión de estos equipos para diferentes dimensiones se presentan en la **Tabla I.4**. Los costos de operación de una planta en funcionamiento en Estados Unidos (Twenty Nine Palms, California), con capacidad de 126 l/s, que reduce los fluoruros de 7 ppm a 1 ppm, son de US\$0.47/1000 galones, equivalente a \$1.5/ m<sup>3</sup> (*Comunicación personal*, Ing. Sergio Cobos, 2004). Al ajustar este costo, a las condiciones del país por los costos de energía y personal, este podría estar alrededor de \$1/m<sup>3</sup>.

La amortización anual se obtuvo considerando un periodo de 10 años y una tasa de interés del 12% anual. De esta forma los costos unitarios que se obtienen para este sistema se encuentran alrededor de \$2/m<sup>3</sup>.

**Tabla I.4 Costos de equipo de remoción de fluoruros Proceso Pureflow**

Capacidad l/s	Inversión	Amortización anual	Operación anual	Costo total anual	Costo unitario por m <sup>3</sup>
25	\$ 2,280,000	\$403,524	\$ 1,182,600	\$1,586,124	\$ 2.01
47	\$ 3,720,000	\$658,381	\$ 2,223,288	\$2,881,669	\$ 1.94
63	\$ 4,320,000	\$764,572	\$ 2,980,152	\$3,744,724	\$ 1.88

Otro proceso aplicable es la electrodiálisis inversa. Se reporta su aplicación en la reducción de fluoruros y sales de agua subterránea profunda en una planta de 167 l/s de la comunidad de Suffolk, Virginia en Estados Unidos, en donde los niveles son reducidos de 4.8 mg/l a 1.2 mg/l para fluoruros. La ventaja de esta tecnología es su elevado nivel de recuperación de agua que llega al 94% (Ionics, 1990).

En la zona de SLP la única experiencia que se conoció fue la de las embotelladoras de agua y fábricas de hielo. En específico, se visitó la planta de la embotelladora Hialina y Hielo Polo, en donde se observó el funcionamiento de un sistema de ósmosis inversa para la remoción de fluoruros. Este sistema opera a bajas presiones y con un porcentaje de recuperación de entre el 40-60% que resulta elevado para este tipo de tecnología. Esto hace que el proceso pueda ser económicamente competitivo.

### *2.2.1 Proyecto de Interapas*

En la actualidad Interapas tiene en marcha el proceso de integración de los términos de referencia para el desarrollo de un proyecto de remoción de fluoruros con filtros de carbón de cenizas de hueso. Los comentarios a estos términos de referencia se presentan en el **Apéndice I-5**.

Hasta donde se pudo investigar, esta tecnología no se encuentra desarrollada comercialmente a gran escala por lo que se requiere de un proceso de desarrollo que impide que pueda ser considerada una solución para el corto plazo.

### *2.2.2 Estrategia de control de fluoruros*

A partir de las concentraciones de fluoruros, la **Tabla I.5** muestra el número de pozos que cumplen o no con la concentración de 1.5 mg/l, el gasto que representan y la aportación total de fluoruros al sistema. De estos resultados se observa, que 45 pozos cumplen con este nivel de fluoruros, lo que representa un gasto de 890 l/s, que corresponde al 37% del total; en términos de fluoruros, estos pozos aportan 64 kg/día, lo que corresponde al 20% del flujo másico total del sistema.

Bajo el presente esquema de extracción, se requiere proporcionar tratamiento en 59 pozos, para reducir los niveles de fluoruros por debajo de 1.5 mg/l (Alternativa 1). Si se contara con un sistema de distribución interconectado y con tanques de almacenamiento que sirvieran para el mezclado, la concentración a la que se llegaría con los pozos fuera de norma sería de 2 mg/l. Bajo esta opción, se requiere remover una cuarta parte de los fluoruros que aportan al sistema estos pozos, es decir alrededor de 65 kg/d.

**Tabla I.5 Aportación de gasto y flujo másico de fluoruros de los 104 pozos analizados**

Concentración de fluoruros	Pozos	Q total (l/s)	% Q total	Flujo Másico Fluoruros (Kg/d)	% Flujo Másico de Fluoruros
<1.5 mg/l	45	890	37%	64	20%
>1.5 mg/l	59	1,490	63%	258	80%
Total	104	2380	100%	323	100%

Con un proceso que asegurara al menos el 80% de remoción, como la adsorción en alúmina activada, la electrodiálisis inversa o la ósmosis inversa, se requeriría de tratar el volumen de los pozos que estuvieran aportando en conjunto 81 Kg/d, lo cual podría lograrse con diferentes estrategias. El caso óptimo, pero que no considera la localización de los pozos, sería tratar los 10 pozos fuera de norma y con mayor aportación de fluoruros al sistema. Estos representan un gasto de 480 l/s (Alternativa 3). Una alternativa intermedia sería tratar uno de cada dos de los pozos fuera de norma, siempre y cuando mezclado con otro pozo cercano se alcanzara el nivel deseado de fluoruros (Alternativa 2).

Considerando los costos del proceso Pureflow® (*Tabla I.4*), en la *Tabla I.6* se presentan los costos de inversión, para las tres alternativas arriba planteadas. Esta estimación considera un tipo de cambio de \$12 por dólar y costos de instalación del 15%.

**Tabla I.6 Costos de inversión para las alternativas de remoción de fluoruros**

Alternativa	Pozos con tratamiento	Capacidad promedio (l/s)	Inversión (\$)	Costos de Instalación (\$)	Inversión total (\$)
1	59	25	134,520,000	20,178,000	154,698,000
2	30	25	111,600,000	16,740,000	128,340,000
3	10	47	43,200,000	6,480,000	49,680,000

La estrategia de control de fluoruros en el agua potable debe ser planteada por zonas, y mediante los siguientes criterios:

- No mezclar las aguas de aquellos pozos que cumplen con la norma.
- Para los pozos que no cumplen, proceder con esta prioridad: sustitución, reducción de horas de operación y complementar con pozos adicionales o tratamiento.
- El criterio para mantener una concentración por debajo de 1.5 mg/l es que por cada 100 l/s de aportación no se deberán sobrepasar los 13 kg/d de fluoruros.

Durante la segunda visita a SLP, se tuvo una entrevista con personal de Interapas con el objetivo de identificar la factibilidad de las alternativas propuestas. En términos generales, son viables y pueden ser consideradas como estrategia; sin embargo se requiere de un estudio detallado de la configuración del sistema de distribución y de su forma de operación, para establecer los requerimientos reales de tratamiento.

### 3. Calidad del agua residual y tratada

#### 3.1 Aguas residuales crudas: programa de pretratamiento

Interapas tiene como parte de sus actividades un programa de control de descargas al alcantarillado, operado por la Subdirección de Saneamiento y Calidad del Agua. En este programa se tienen registradas 588 empresas de las cuales, 354 son industrias, 198 corresponden a servicios y 36 a establecimientos comerciales. Las características y la situación administrativa de estas empresas se presentan en la **Tabla I.7**.

De esta información se puede concluir que el programa de control se encuentra en su fase inicial, ya que de un universo de 467 descargas de agua de proceso, únicamente 100 cuentan con condiciones de descarga y sólo 68 con planta de tratamiento.

El control de la contaminación en esta etapa es un asunto muy importante, tanto para garantizar la correcta operación de las plantas de tratamiento, como para evitar la presencia de contaminantes que aunque no afecten la operación de las plantas representen un riesgo para el reuso de las aguas o un impacto por su acumulación en el medio. Ya en un estudio elaborado en 1995, el Instituto de Ingeniería de la UNAM, recomendaba la separación de las descargas de la zona industrial por el impacto negativo sobre los procesos de tratamiento biológicos.

**Tabla I.7 Situación administrativa de las empresas del programa de control de descargas**

Concepto	Ubicación		Total
	Zona industrial	Mancha urbana	
Descargas registradas	309	279	588
No descargan agua residual de proceso	101	20	121
Tienen establecida condición particular de descarga	54	46	100
Cuentan con planta de tratamiento	46	22	68
Cuentan con permiso de descarga	5	8	13
Con certificado de no descarga de agua residual de proceso	20	10	30
Con programa de obra	4	4	8
PTAR construidas y/o mejoradas (aplicación de NTE-SLP AR 001/98)	15	10	25

Fuente: Interapas, 2004, Subdirección de Saneamiento y Calidad del Agua

De esta forma y tomando en cuenta que el valle de SLP es una cuenca cerrada, la sobreexplotación del acuífero y sus indicios de contaminación y las acciones futuras para la recuperación de volúmenes, ya sea para reuso o recarga artificial, **el programa de control de descargas, como actividad de control de la contaminación resulta un elemento clave en el manejo del agua en la zona.**

La Subdirección de Saneamiento y Calidad del Agua reporta que en 2003 se recaudaron por la aplicación de las tarifas de saneamiento, \$5,469,150.00. Esta fuente de ingresos debe ser invertida en el programa de control de descargas para garantizar su desempeño. No se contó con información para identificar el origen y aplicación de este recurso.



### 3.2 Cantidad de agua residual

La generación de agua residual en la zona urbana que se maneja en Interapas es de alrededor de 2,125 l/s, repartidos en cuatro descargas principales, cada una con diferentes capacidades de tratamiento, tal como se muestra en la **Tabla I.8**.

Los datos reportados en esta tabla presentan diferencias con los de la Comisión Estatal del Agua (CEA), ya que estos manejan un gasto total de 1,970 l/s. La diferencia se encuentran en la capacidad total de la planta del Club Campestre en la que considera un gasto de 55 l/s y el aforo de la descarga del Morro que lo consideran en 250 l/s, en lugar de los 365 l/s que maneja Interapas. Como se puede observar más adelante este gasto podría estar alrededor de los 400 l/s.

**Tabla I.8 Descargas y capacidad de tratamiento y reuso del agua en la zona urbana de SLP**

Descarga	Volumen total	PTAR (capacidad l/s)	Volumen total tratado	Volumen total reusado	Tipo de reuso
Norte	400	Norte (400)	280	400	RA, RAV
Morro	525	Planta El Morro (365)	0	485	RA
		IMMSA (proyecto 40)	0	0	Ind.
		Club Campestre (40)	40	40	RAV
		Lomas (construcción 80)	0	0	RAV
Tenorio	1,050	Tanque Tenorio(1,050)	0	1,050	RA, Ind.
		Agua Tratada del Potosí (75)	25	25	Ind.
Tangamanga	150	P. Tangamanga I (150)	150	150	RAV
Totales	2,125		495	2,150	

RA: riego agrícola; Ind: Industrial; RAV: riego de áreas verdes  
Con información de Interapas, 2004

Adicionalmente a estas diferencias, durante la visita realizada a la Planta Norte, los operadores informaron que actualmente el caudal tratado era de 280 l/s, debido a desvíos y reparaciones que se estaban realizando en algunos colectores.

Por lo tanto, de la generación actual de aguas residuales se estima que actualmente quedan sin tratar 1,630 l/s, y que con la entrada en funcionamiento de la Planta Tanque Tenorio y Lomas, quedarán 405 l/s.

### 3.3 Aguas residuales tratadas

La descripción general de las plantas de tratamiento y de su desempeño, con base en las visitas realizadas y la información proporcionada se presenta en el **Apéndice I-1**. A continuación se presentan las observaciones y recomendaciones sobre la calidad del agua residual tratada y sus implicaciones.

En términos generales el desempeño observado en las plantas de tratamiento de la zona es muy adecuado. Todos los sistemas de tratamiento operan procesos biológicos, y algunos llegan a la remoción de nutrientes, que van más allá de la normatividad establecida. Este nivel de tratamiento representa mayor confiabilidad en la operación para garantizar la calidad del efluente que se destina al reuso.

En el caso de la Planta Norte, cuyo efluente se utiliza en riego agrícola es importante considerar que no obstante que la normatividad vigente (NOM-001-ECOL-96) establece una concentración para nitrógeno total de 40 mg/L como promedio diario, este nivel implica una remoción muy baja, que se logra con un tratamiento primario. Así, las aguas tratadas contendrán prácticamente todo el nitrógeno presente en las aguas residuales sin tratar, lo que implicará que los niveles de nitratos en el sistema no cambiarán, ya que las fuentes seguirán existiendo. Esta situación puede ser beneficiosa en otros casos, sin embargo para SLP en particular y dados los elevados niveles de nitratos en el acuífero superior, es algo que hay que controlar.

Otro aspecto de consideración relacionado con la calidad del agua tratada es su posibilidad de uso o aplicación en riego agrícola. Al respecto, los niveles que implica el cumplimiento de la norma pueden representar problemas operativos para los sistemas de riego tecnificados, por la concentración tan elevada de sólidos suspendidos, y por el contenido de materia orgánica. Adicionalmente, el uso del agua tratada puede impedir el acceso a mercados internacionales para productos de consumo humano.

Ante esta situación es evidente que para obtener un uso eficiente de las aguas tratadas en la zona de SLP y disminuir su impacto en el agua subterránea, se requieren niveles de tratamiento superiores a lo establecido en la normatividad vigente, que implican tratamientos secundarios y una estrategia específica para el control de nutrientes, o el desarrollo de cultivos que aprovechen y ayuden a mejorar esta situación, tales como ornamentales.

#### *Proyecto Tanque Tenorio*

Este proyecto es de gran trascendencia para la región ya que representa el tratamiento de alrededor del 50% de las aguas residuales generadas, y con un esquema de financiamiento que incluye la venta de agua tratada a CFE, para cubrir el 80% de la inversión.

En términos de la calidad del agua tratada, este proyecto generará dos efluentes: 600 l/s de efluente primario con un tratamiento adicional en una laguna de maduración y 450 l/s de efluente secundario con un acondicionamiento para agua de enfriamiento que será enviado a la Termoeléctrica Villa de Reyes.

Un aspecto de importancia de este proyecto es el intercambio de aguas que se podrá presentar, cuando CFE deje de explotar sus pozos; sin embargo, en las cartas de intención y compromisos, CFE no admite dejar sus concesiones.

Desde el punto de vista operativo, por el tipo de proceso y la experiencia de la empresa operadora, no deben presentarse problemas; sin embargo, en los contratos de operación próximos a firmarse se deberán establecer las responsabilidades y condiciones de las partes involucradas. La falta de control de descargas al alcantarillado es el aspecto más débil de la operación, lo que disminuye la confiabilidad de la planta, y lo que puede ser utilizado en su momento para imputar cualquier problema a Interapas, que es el responsable.

Al menos en términos legales, en la medida en que Interapas no pueda asegurar la calidad del agua residual, la empresa no puede comprometer totalmente la calidad de sus entregas y por lo tanto CFE no podrá dejar sus pozos. En este sentido debe trabajarse sobre la confiabilidad del

sistema en su conjunto para así aprovechar una de las grandes ventajas de los proyectos de reuso, que es contar con una fuente permanente de abastecimiento.

En cuanto al reuso del efluente restante en riego agrícola, el desempeño de una laguna de maduración es adecuado para producir agua de calidad para el riego, sin embargo no se garantiza la remoción de nutrientes y se deberá controlar la producción de algas. Esto tal como se comentó anteriormente, puede significar un obstáculo para la tecnificación de la actividad y el incremento de su productividad. Un efecto adicional será la pérdida de agua por evaporación ya que se trata de una superficie de alrededor de 60 Ha.

#### 4. Potencial de Reuso

Sin duda alguna la zona urbana de SLP presenta un gran potencial para el desarrollo de la actividad, no tan sólo por la situación de escasez, sino por los aspectos institucionales que han fomentado la participación de empresas privadas en la operación de los sistemas y por el adecuado desempeño de las plantas que actualmente se presenta. No obstante es importante tener presente que el reuso no es un objetivo en sí mismo, sino una alternativa para obtener la máxima productividad del agua bajo los esquemas eficientes de uso. Así, **el reuso deberá tener como objetivo incorporar las aguas residuales al balance local de disponibilidad, asegurando la protección de la salud de la población y la recuperación del ambiente.**

Para desarrollar todo el potencial del reuso resulta indispensable establecer una estrategia clara y decidida, que parta de establecer una disponibilidad fija para los próximos años, es decir manejar el agua residual y tratada como un recurso limitado. De esta forma, las actividades agotarán los alcances de las diferentes alternativas de uso eficiente y reuso.

La estrategia que aquí se propone parte de establecer que el abasto a la zona no se incrementará y que por lo tanto el gasto de aguas residuales será el que actualmente se genera, más los incrementos por aumento de la eficiencia física del sistema.

A partir de esta premisa, se manejarán las aguas residuales de tal manera de conseguir las siguientes metas: 1) tratamiento de todas las aguas residuales; y 2) asignación de gastos actualmente consumidos por la zona de riego a otros sectores, a costa del incremento de la eficiencia del riego, la reducción de superficies de irrigación y la industrialización del campo.

El instrumento para el manejo de las aguas residuales y tratadas son las concesiones que otorga Interapas o el Gobierno del Estado, por tratarse de aguas estatales. En la actualidad, Interapas reporta concesiones de agua residual por un volumen total de 231 l/s, de los cuales en la actualidad únicamente son utilizados 75 l/s. De esta forma, la planeación de la capacidad de tratamiento en el futuro deberá considerar estas concesiones y ponderar las expectativas de crecimiento del mercado del agua tratada. Esto no significa que se limite la actividad, sino que Interapas participe con su manejo y en el mercado con la venta del agua residual.

##### 4.1 Capacidad de tratamiento

Actualmente, la capacidad de tratamiento de aguas residuales instalada es de 620 l/s, pero la generación es únicamente de 495 l/s (**Tabla I.8**), tal como se mencionó anteriormente. Con la

entrada en operación de las plantas Tanque Tenorio y Lomas, ambas en construcción, se llegará a 1,750 l/s. Adicionalmente se cuenta con la capacidad de la Planta de Aguas Tratadas del Potosí que es de 50 l/s adicionales. Estos números ofrecen un panorama que en el corto plazo significa una capacidad total de tratamiento de 1,800 l/s. Se mencionan otras plantas de tratamiento, de gasto muy pequeño, como la de Valle de Los Cedros, pero se desconoce su situación, por lo que no se consideran en este análisis

En el mediano plazo se espera la construcción de la planta de El Morro que significaría el tratamiento de 365 l/s adicionales para alcanzar un gasto cercano a los 2,150 l/s, y alcanzar la meta de tratamiento total de las aguas residuales.

En el largo plazo, los incrementos en la capacidad de tratamiento se deberán a iniciativas de particulares, ya que no se esperaría una generación mayor de aguas residuales.

#### **4.2 Reuso en riego agrícola**

El consumo actual de agua en la zona agrícola del Valle de SLP se estima en alrededor de 64 Hm<sup>3</sup>/año (2 m<sup>3</sup>/s). De estos, 24 Hm<sup>3</sup>/año (0.75 m<sup>3</sup>/s) se extraen del acuífero profundo, 5 Hm<sup>3</sup>/año (1,600 l/s) del somero y 35 Hm<sup>3</sup>/año (1.1 m<sup>3</sup>/s) corresponden al agua residual sin tratamiento generada en la zona urbana de SLP. La zona de riego tiene una extensión de alrededor de 5,700 ha, de las cuales 2,700 Ha se encuentran en el municipio de SLP, 2,930 Ha en SGS y 40 Ha en Cerro de San Pedro (Palacios L., 2004).

Oficialmente, se reportan derechos de uso de agua residual para riego por un gasto de 30 Hm<sup>3</sup>/año y que en conjunto cubren una superficie de 1,881 Ha (CNA, s/f). Considerando la generación total de aguas residuales que llegan a estas zonas, y que está alrededor de 61 Hm<sup>3</sup>/año (1,935 l/s), la superficie total de 5,700 Ha parece más realista. De esta forma, en la actualidad se tiene una aplicación de más del 90% del agua residual generada.

En el corto plazo, se incrementará la cantidad de agua tratada y la aportación a la zona de riego deberá disminuir a 42 Hm<sup>3</sup>/año (1,325 l/s) debido al incremento en otros usos.

En el mediano plazo, se llegarán a tratar todas las aguas residuales y el gasto destinado para riego agrícola disminuirá a alrededor de 26 Hm<sup>3</sup>/año (825 l/s).

Finalmente, en el largo plazo el gasto destinado al riego estará alrededor de los 10 Hm<sup>3</sup>/año (325 l/s), dadas los requerimientos de los otros sectores.

Esta reducción de gastos se compensará primero que nada con el aumento de la eficiencia global del riego, la cual actualmente se estima en 42% (Palacios L., 2004).

La **Tabla I.9** muestra los impactos en la disponibilidad de agua en la zona agrícola y su ajuste bajo una evolución muy conservadora de la eficiencia de los sistemas de riego y de la reducción de la superficie. Estos valores, claramente muestran que estos impactos son manejables sin grandes cambios en las prácticas actuales. El programa de industrialización del campo propuesto como parte del presente estudio permitirá alcanzar niveles de productividad de esta zona con eficiencias en el uso del agua muy superiores a estas.

**Tabla I.9 Impactos en la disponibilidad de agua en la zona de riego**

Concepto	Situación actual	Corto plazo	Mediano plazo	Largo plazo
Gasto de agua residual o tratada (Hm <sup>3</sup> /año)	61	42	26	10
Superficie de riego (Ha)	2,500	2,500	2,000	1,800
Eficiencia global (%)	42	60	70	80
Disponibilidad (m <sup>3</sup> /ha-año)	10,248	10,080	9,100	4,444

### 4.3 Reuso y reciclaje de agua en la industria

En el acuífero de SLP se tienen concesionados a la industria 9.8 hm<sup>3</sup> (CNA-REPDA, 2004) de los cuales, el mayor consumidor es la industria química con 63%, seguido por la de alimentos y embotelladoras con el 28%. La **Tabla I.10** muestra el volumen por giro industrial y el porcentaje que representa. A partir de estos datos es evidente que las acciones de reuso y reciclaje se limitan al 72% del volumen concesionado, ya que la industria de alimentos y principalmente las embotelladoras de agua y refrescos, requieren de agua potable de primer uso.

**Tabla I.10 Volumen de las concesiones industriales en el acuífero de SLP por giro**

Giro	Volumen (Hm <sup>3</sup> )	%
Alimentos	2.8	28
Metalmecánica	0.7	7%
Química	6.2	63%
Otras	0.2	2%

Fuente: Repda, CNA, 2004

En la actualidad se reusan 25 l/s, en el mercado de agua tratada. En el corto plazo se tiene una capacidad ya instalada en Aguas Tratadas del Potosí y proyectos en curso (IMMSA) que permitiría incrementar este gasto a 115 l/s. Además Tanque Tenorio destinará 450 l/s para aguas de enfriamiento de la termoeléctrica Villa de Reyes.

En el mediano plazo, el incremento puede llegar a 140 l/s (4 Hm<sup>3</sup>/año), si el mercado se incrementa en 25 l/s, lo cual es una meta conservadora. Finalmente, en el largo plazo se puede establecer una meta alrededor de 190 l/s (6 Hm<sup>3</sup>/año), que representaría alrededor del 10 % del abastecimiento total de la zona.

Si bien la importancia del reuso en el sector industrial no es significativa en términos del balance hidráulico del sistema, sí lo es en términos del uso eficiente del agua y del control de la contaminación. Una estimación de los alcances del reuso en la industria en términos del balance local se encuentra normalmente entre el 10-15% del abastecimiento total de una región, sin contar el agua de enfriamiento de plantas termoeléctricas. Esto se considera suficiente para que bajo las condiciones actuales se duplique la capacidad industrial de la zona.

### 4.4 Reuso Municipal

La principal actividad de reuso municipal es el riego de áreas verdes, el cual se encuentra muy desarrollado en SLP. En la actualidad ya se aplican 190 l/s (6 Hm<sup>3</sup>/año) y en el corto plazo, ya con proyectos en marcha este gasto llegará a 350 l/s (11 Hm<sup>3</sup>/año).

Para el mediano y largo plazo, se considera que el crecimiento de esta actividad se presente por una mejora de la eficiencia, que además pueda dar cabida a otros usos en el ámbito municipal, tal como lavado de calles, riego de camellones, etc.

#### 4.5 Reuso para recarga del acuífero

Por las condiciones de sobreexplotación del acuífero de SLP y por tratarse de una cuenca cerrada, la opción de recargar el acuífero como alternativa para aumentar las fuentes de agua potable y controlar la degradación de los acuíferos es impostergable. El volumen destinado a este tipo de reuso deberá provenir del agua actualmente destinada para riego y con un tratamiento para cumplir con la norma que próximamente será publicada (Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-014-CNA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos). En esta norma se establecen los requisitos que se presentan en la **Tabla I.11**, para la calidad del agua a ser infiltrada o directamente inyectada.

En el caso de infiltración superficial se requiere alcanzar un nivel de materia orgánica que implica un tratamiento secundario y su posterior acondicionamiento mediante filtración, desinfección. Algo similar al tren de tratamiento que se está construyendo en la Planta Tanque Tenorio para el agua que será vendida a CFE.

En cuanto al volumen de recarga, para que este sea significativo para el balance anual del acuífero profundo deberá ser del orden de los 1,000 l/s o 32 Hm<sup>3</sup>/año.

**Tabla I.11 Calidad del Agua Residual para Recarga Artificial**

Contaminante/Variable	Tipos de Sistemas de Recarga	
	Superficial / Subsuperficial	Directo
Microorganismos Patógenos	Remoción o inactivación de microorganismos entero patógenos.	Remoción o inactivación total de microorganismos entero patógenos.
Contaminantes Regulados por Norma	Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994.	Límites permisibles NOM-127-SSA1-1994.
Contaminantes no Regulados por Norma	DBO5 ≤ 30 mg/l, COT ≤ 16 mg/l	COT ≤ 1 mg/l
Distancia horizontal mínima entre el límite exterior del SRA y las captaciones para uso público-urbano o doméstico	150 m	600 m
Tiempo de residencia del agua de recarga antes de su extracción	6 meses	12 meses

Fuente: Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana, NOM-014-CNA-2003, Requisitos para la recarga artificial de acuíferos, CNA-SGT-GAS.

#### 4.6 Proyección del reuso del agua

A partir de los comentarios anteriores, las ofertas o disponibilidades estimadas para cada tipo de reuso se presentan en la **Tabla I.12**. En el caso del reuso industrial como éste se presenta al interior del sistema municipal, los gastos reusados en su mayoría regresan al alcantarillado y posteriormente a las plantas de tratamiento; no es el caso del resto de las actividades en las que el agua sale del sistema.

En esta tabla se resume una estrategia de manejo de las aguas residuales y tratadas para que se vayan incorporando a las actividades productivas de reuso y pasen a formar parte del balance hídrico regional.

**Tabla I.12 Estrategia de Oferta de Agua para Reuso**

Tipo de reuso	Actual		Corto plazo		Mediano plazo		Largo plazo	
	l/s	Hm <sup>3</sup> /a	l/s	Hm <sup>3</sup> /a	l/s	Hm <sup>3</sup> /a	l/s	Hm <sup>3</sup> /a
Riego agrícola con aguas residuales	1,655	52	405	13	0	0	0	0
Riego agrícola con aguas tratadas	280	9	920	29	825	26	325	10
Municipal (riego de áreas verdes)	190	6	350	11	350	11	350	11
CFE (enfriamiento)	0	0	450	14	450	14	450	14
Recarga artificial	0	0	0	0	500	16	1,000	32
Balance de aguas residuales y tratadas	2,125	67	2,125	67	2,125	67	2,125	67
Industrial <sup>(1)</sup>	25	1	115	4	140	4	190	6
Total de reuso efectivo	2,150	68	2,240	71	2,265	71	2,315	72

Nota: <sup>(1)</sup> El reuso industrial no entra en el balance ya que se trata de agua que en su mayoría se recicla.

Las inversiones adicionales a las ya consideradas en el plan de saneamiento de la zona son las que se refieren al reuso industrial que serán hechas por la iniciativa privada tal como ya sucede actualmente, aquellas para mejorar la eficiencia del riego y las que se requieren para la operación de recarga artificial. Estas últimas consistirán en el tratamiento adicional de los efluentes que generarán las plantas de tratamiento para llevarlas al nivel de calidad que establece la norma para recarga y la operación del sistema de infiltración.

El costo aproximado de la inversión para que el efluente de las plantas actuales y en proyecto pueda ser utilizado requiere un tipo de tratamiento secundario, equivalente al que actualmente se construye en la Planta Tanque Tenorio. Este sistema para una capacidad de 500 l/s tiene un costo aproximado de \$70 millones (*Comunicación personal, visita Planta Tanque Tenorio, 19/08/2004*), sin considerar el tratamiento de lodos, el cual se podrá realizar en las plantas existentes.

En cuanto al sistema de recarga, la inversión principal consiste en el sistema de conducción y los terrenos para la construcción de las lagunas. Considerando una tasa de infiltración de 1Hm<sup>3</sup>/Ha-año (Bouwer H, 1991), se requerirían de alrededor de 32 Ha. Los costos de los terrenos en las zonas factibles de realizar la recarga están en el intervalo de \$15,000-\$20,000/Ha, y pueden estar hasta en \$35,000/Ha si cuentan con pozos (*Ing. Fernando Ruíz, CNA-SLP, Comunicación personal, 5/11/2004*). Considerando un monto de \$40,000/Ha, la inversión necesaria sería de \$1,280,000.00.

## 5. Acciones no estructurales

Un aspecto de gran importancia en el desarrollo del plan de manejo para el acuífero de San Luis Potosí, es la calidad del agua y su manejo. A lo largo de este documento se han analizado los principales aspectos que representan un riesgo a la calidad y por lo tanto a los usos del agua, desde las fuentes hasta su disposición final, pasando por las actividades de reuso.

Al tratarse de un sistema cerrado, no debe de perderse de vista que los contaminantes que se liberen al medio se acumularán en el mismo sistema y tarde o temprano, o por una vía u otra, afectarán la disponibilidad del agua.

De esta forma, todas las medidas que se tomen para incrementar el abastecimiento deberán estar soportadas en programas muy decididos de prevención y control de la contaminación.

Estos programas, son el núcleo principal de las acciones no estructurales que se deben implementar y que consisten en los siguientes aspectos.

- Sistema de monitoreo de la calidad del agua y suelos
- Acciones de control
- Acciones de limpieza (remediación)
- Programas de producción limpia en la industria
- Programas de control de químicos en la agricultura

## 6. Conclusiones y Recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

*La principal conclusión del presente trabajo es que la presencia de fluoruros en el agua potable que se abastece a la población es un problema grave de salud ambiental, que afecta claramente a la población (66% de niños con fluorosis dental endémica) que debe ser atendido con acciones inmediatas y con una estrategia para el mediano y largo plazo.*

*Considerando que el Valle de SLP es un sistema cerrado, cualquier programa sustentable de manejo del agua deberá incorporar programas decididos de control y prevención de la contaminación, que permitan crear un ciclo de uso y recarga de las aguas, con impactos controlados en la degradación del recurso. La falta de estos programas o de su eficacia implicará graves afectaciones a la salud y costosas inversiones y elevados costos de operación en el tratamiento de las aguas.*

*El agua residual es un recurso que deberá incorporarse a la disponibilidad de la zona, asegurando la salud de la población y la recuperación del acuífero (ambiente), para lo cual deberá manejarse bajo el principio de ser un recurso limitado lo que implica promover la máxima eficiencia en su uso.*

### 6.2 Recomendaciones

A continuación se presenta un listado de las recomendaciones fruto del análisis realizado y expuesto a lo largo del presente documento, para cada una de las etapas del manejo del agua.

#### 6.2.1 Fuentes de agua (control de la contaminación)

- Identificación de zonas contaminadas en la zona industrial y asociadas con los tiraderos de basura de la zona metropolitana, para llevar a cabo su aislamiento y control.
- Estrategia de manejo específica para el acuífero somero que permita controlar los impactos en el acuífero profundo.
- Protección de las fuentes de agua superficiales.
- Protección de las zonas de recarga.
- Control de descargas no puntuales, mediante el revestimiento o entubamiento de la conducción de las aguas residuales y tratadas.
- Eficiencia en la operación de las zonas de riego, para disminuir la fuga de nutrientes y materia orgánica al acuífero superior.



### 6.2.2 Agua potable

- Manejo de las aportaciones de fluoruros mediante estrategias locales que combinen la forma de extracción, la sustitución de pozos, y el flujo másico que se aporta a la red.
- Incorporación de un mayor volumen de las actuales fuentes superficiales.
- Reconstrucción total de la potabilizadora Los Filtros.

### 6.2.3 Aguas residuales

- Apoyar y fortalecer el programa de control de descargas al alcantarillado, bajo el concepto de un programa conjunto de la sociedad, los usuarios y las autoridades para disminuir la contaminación del sistema. Bajo este concepto, este programa debe tener interacción y presencia en el COTAS de SLP.

### 6.2.4 Reuso del agua

- A partir del principio de uso eficiente del agua, desarrollar en el reglamento del municipio limitaciones para la aplicación de agua de primer uso en actividades que pueden, sin ningún perjuicio, utilizar agua tratada.
- En los términos del manejo integral del agua en la zona, sería congruente considerar a las aguas residuales bajo los conceptos del banco de agua (fideicomiso de valoración).
- Tratamiento de aguas residuales a niveles superiores a la norma para disminuir la aportación de contaminantes al sistema.
- Incorporar la recarga artificial del acuífero como una actividad para la protección y conservación de las fuentes subterráneas.

### 6.2.5 Actividades de manejo del agua (acciones no estructurales)

- Una componente de gran importancia en el manejo del agua en el sistema es la calidad del agua. Dada su importancia es determinante establecer un programa de manejo específico.
- Como parte de este programa es indispensable contar con un sistema de información de calidad del agua, que permita tomar las decisiones más adecuadas, con base en la información existente, así como identificar la información que es necesario generar.

## 7. Referencias

- AWWA, 2001, Fluoride removal, Technical Forums, [www.awwa.com/forums](http://www.awwa.com/forums).
- Banobras, 2001, Conservación de los recursos naturales, identificación de mecanismos de recarga natural y viabilidad de la recarga artificial en la cuenca de San Luis Potosí, Primera versión, Octubre, 2001.
- Bouwer H, 1991, Groundwater recharge with sewage effluent, Water Science and Technology, Vol. 23, pp. 2099-2108.
- Cardona A, y García Rangel, A, 2003, Diffuse contamination assessment in shallow groundwater of San Luis Potosi City: Effects of wastewater management. 1<sup>st</sup> International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk, May, 28-30. 10 pp.
- Carrillo R, J., Cardona A., y Moss, D., 1996, Importancia de la componente vertical de agua subterránea: una investigación basada en la hidrogeoquímica del valle de San Luis Potosí, Journal of Hydrology, V. 185, pp. 23-44

- Carrillo R, J., Cardona A., y Edmunds W., s/f, Utilización del régimen de operación y conocimiento de las condiciones hidrológicas para controlar las concentraciones de fluoruro en el agua subterránea: cuenca de San Luis Potosí, México, Journal of Hydrology, v. 261, pp. 24-47.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, CEPIS, s/f, Normas internacionales para la calidad del agua de bebida, <http://www.cepis.ops-oms.org/>.
- DESISA, 1998, Citado en Banobras, 2001, Conservación de los recursos naturales, identificación de mecanismos de recarga natural y viabilidad de la recarga artificial en la cuenca de San Luis Potosí, Primera versión, Octubre, 2001.
- Geo Ingeniería Internacional S.A. de C.V., 1996, Estudio hidrogeológico de la contaminación del agua subterránea en la zona industrial de San Luis Potosí, SLP, Vol. 1, Contrato GAS-013-96.
- Ing. Sergio Cobos, Comunicación Personal, Tecnología Efectiva S.A. de C.V. [sergio.cobos@tecnologiaefectiva.com](mailto:sergio.cobos@tecnologiaefectiva.com)
- Instituto de Ingeniería UNAM, 1995, Aforo y caracterización de las aguas residuales de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez. Resumen Ejecutivo. Elaborado para la Comisión Nacional del Agua.
- Ionics, 1990, Ionics EDR Reduces Fluoride Levels and Achieves 94% Water Recovery. <http://www.ionics.com/Markets/municipalities/suffolk.htm>
- Organización Mundial de la Salud, 1995, Guías para la calidad del agua potable. 2º Edición, Volumen 1, Recomendaciones. Ginebra, Suiza, p. 50, 142.
- Palacios Luis, A., 2004, Anexo E. Agricultura de riego y temporal y el potencial de reconversión. Proyecto MASAS-SLP, OMM-PROMMA
- Safe Drinking Water Act, 2004, Update, 10th Edition.
- Semarnat, 2004, Residuos Peligrosos. [www.semarnat.gob.mx/slp/gestion/residuos/registradas.shtml](http://www.semarnat.gob.mx/slp/gestion/residuos/registradas.shtml).
- Tecnología Efectiva S.A. de C.V., 2004, Propuesta 2B, Proceso Adsorción-Filtración. Ing. Sergio Cobos, [www.tecnologiaefectiva.com](http://www.tecnologiaefectiva.com)

## Presentaciones

- Universidad Autónoma de SLP, Academia Potosina de Odontopediatría A.C., Gobierno del Estado de SLP, s/f, Seminario Solución a la Fluorosis Endémica por la Niñez de Nuestro Estado de SLP. Powerpoint.
- Comisión Nacional del Agua, s/f, Saneamiento de la zona conurbada de San Luis Potosí-Soledad de Graciano Sánchez. Documento entregado por Interapas, en la visita realizada en agosto de 2004.
- Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en San Luis, 1998, Síntesis geohidrológica del sistema acuífero valle de San Luis Potosí, Powerpoint, 39 diapositivas.
- Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en San Luis, 2002, Proyecto: propuesta de zonificación para transmisión de derechos en el acuífero de San Luis Potosí, Powerpoint, 11 diapositivas.
- Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en San Luis, 2002, Condiciones geohidrológicas de los principales acuíferos del Estado de San Luis Potosí. Powerpoint, 6 diapositivas

Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en San Luis, 2004, Presencia de ión fluor en el sistema acuífero de San Luis Potosí, Powerpoint, 11 diapositivas.

### Archivos de datos

Contenido	Archivos
Censo de norias, censo de aprovechamientos y registro piezométrico	CENSO Y REG PIEZOMETRICO 2ª.
Datos de calidad del agua superficiales presa El Peaje y San José 2001-2004	6 archivos
Datos de calidad del agua acuifero de San Luis	8 archivos con formatos de captura 10 archivos con datos de 2001-2004



## Apéndice I-1.

### Resumen de visitas y recorridos realizados durante la estancia en SLP, del 16 al 28 de agosto de 2004

#### Interapas

Esta entidad fue creada con la Ley de Agua Potable, Alcantarillado, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales, publicada en diciembre de 2001, para atender a los municipios de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez y Cerro San Pedro. El reglamento interior fue publicado el 22 de mayo de 2002. En la actualidad cuenta con 691 empleados, lo que significa 2.7 empleados por cada 1000 tomas.

Interapas trabaja con tres escenarios de crecimiento a 2020, los cuales implican una población de 1.1, 1.4 y 1.5 millones de habitantes.

En cuanto a la infraestructura de agua potable, esta cuenta con 54 tanque con una capacidad de 32.7 m<sup>3</sup> y 9 tanques elevados con un total de 330 m<sup>3</sup>. El abastecimiento total se encuentra alrededor de los 2,600 l/s; este se obtiene en un 90% de alrededor de 120 pozos, y el 10% restante de las presas San José y El Peaje. Para estas fuentes existen dos plantas potabilizadoras: Los Filtros y Lomas.

Para cubrir la demanda futura de agua se tienen considerados los siguientes proyectos:

- Intercambio de aguas con los usuarios agrícolas
- Intercambio de aguas con la CFE en Villa de Reyes (Proyecto Tanque Tenorio)
- La explotación del acuífero Villela, que aún no cuenta con estudios.
- La construcción de la presa El Realito en el río Santa María, que podría producir hasta 1 m<sup>3</sup>/s (33 Hm<sup>3</sup>/año).
- La rehabilitación de las presas San José, San Antonio y La Muñeca

Otros proyectos menos factibles son:

- Explotación de fuentes en la Sierra de Alvarez y Santa Catarina
- Manantiales Puerta del Río y Media Luna
- Río Verde.

En lo que respecta a las aguas residuales, se tienen 3 descargas principales: Norte, El Morro y Tanque Tenorio. Actualmente, se trata alrededor de 505 L/s que representan el 24% del total generado. En el sector industrial se cuenta con 52 plantas de tratamiento con una capacidad instalada de 780 l/s.

El padrón de usuarios en diciembre de 2003 incluía 254,611 usuarios, de los cuales 854 eran industriales, 10,808 comerciales, 308 públicos y el resto domésticos.

La tarifa doméstica está entre los \$45-\$263 bimestrales, a la que se añade el 15% por servicio de alcantarillado y el 1% por saneamiento. En el sector comercial las tarifas por servicio medido están alrededor de \$25 y en el industrial \$23.32-\$92.58. El costo de producción de agua es de \$4.77 por m<sup>3</sup>

Los ingresos en 2001 fueron de \$156 millones y en 2003 ascendieron a \$234 millones. En este mismo año los egresos fueron de \$210 millones. Se tiene una eficiencia de facturación del 65% y de cobro del 45%.

Los principales problemas que se tienen son los siguientes:

- 60% de la red de agua potable tiene 40 años o más y su crecimiento a sido completamente anárquico.
- 70% del alcantarillado se encuentra en riesgo de colapso.
- Se presenta gran azolvamiento de las presas, además de algunas fallas estructurales.
- Se estiman pérdidas físicas en la red de 58%, lo que aunado a la eficiencia comercial del 62% representa una eficiencia global del 29%.

Sobre el proyecto Tanque Tenorio se comentó que este es del tipo BOT, a 20 años y fue ganado por la empresa Ondeo-Degremont. Su costo total es de \$680 millones y la venta de 450 l/s amortiza el 70% de la inversión.

La disponibilidad anual del acuífero es de 76 Hm<sup>3</sup> y se tienen concesiones por 140 Hm<sup>3</sup>, de los cuales 90 Hm<sup>3</sup> corresponden a Interapas.

El volumen industrial representa el 9% del consumo total (alrededor de 10 Hm<sup>3</sup>) de la distribución; la industria autoabastecida utiliza 12 Hm<sup>3</sup> adicionales.

### **Secretaría de Desarrollo Económico**

La principal función de esta secretaría es el fomento de las actividades industriales, comerciales y mineras en el estado.

El principal problema es la disponibilidad del agua para la industria, en donde el agua adquiere su mayor productividad. La tarifa actual que se paga a CEA está alrededor de los \$27/m<sup>3</sup>.

El agua debe utilizarse donde sea más rentable y la industria no debe de tener ninguna limitación en cuanto al recurso.

Se comentó la opción de promover el reuso a través de esta secretaría, tal como sucede en Japón, con el ministerio de industria.

### **Laboratorio de Calidad del Agua, Comisión Nacional del Agua, Gerencia Estatal en SLP.**

Se visitaron las instalaciones del laboratorio en donde se recopiló la información de calidad del agua disponible. Una parte importante sólo se tiene en forma impresa y otra capturada pero en formatos para impresión y no en algún formato, tipo hoja de cálculo que permita su análisis.

Se informó que en la actualidad se está realizando el monitoreo de 120 pozos para abastecimiento público, en el que intervienen la Secretaría de Salud, la Universidad y la CNA.

La red de monitoreo de calidad del agua actualmente cuenta con 15 estaciones de aguas subterráneas y dos de aguas superficial, una en cada presa (San José y El Peaje).

En Villa de Arista y Villa de Reyes no se cuenta con estaciones. En el primer caso se ha reportado casos de arsénico (Villa de Ramos). En el segundo, al información con que se cuenta es de la CFE.

No se cuenta con caracterización sistemática de las aguas residuales. Se identificó un reporte de la UNAM, en donde se caracterizaron todas las descargas y recomiendan separar los canales industriales 1 y 2, por su elevada contaminación de tipo industrial.

De esta visita se obtuvieron archivos con datos de calidad del agua y copia del informe de la UNAM.

### **Dr. Antonio Cardona, Universidad Autónoma de SLP**

Se tuvo una presentación del funcionamiento hidrológico del acuífero de SLP, en donde se enfatizó la influencia del acuífero somero sobre el profundo. Se ha estimado una influencia del 3-5% en volumen.

Otro de los puntos de interés fue al propuesta de manejo de la extracción para controlar los niveles de fluoruros.

De esta entrevista se obtuvieron copias de artículos publicados sobre el funcionamiento del acuífero.

### **COTAS, SLP**

Se realizó una presentación del estado del acuífero en donde destacan la siguiente información del REPDA, para 2003.

Municipio	Concesiones	% Concesiones	% Volumen
SLP	688	56	76.4
SGS	385	31	19.4
Otros	153	13	4.2

Uso	Concesiones	% Concesiones	Volumen (Hm <sup>3</sup> )	% Volumen
Público urbano	266	22	93	62
Agrícola	735	59	38	25
Industrial	60	5	11	7
Otros	230	19	9	6

Los principales problemas que se mencionaron fueron:

- No hay distinción en la extracción
- No se cuenta con tratamiento y reuso integral de las aguas
- 450 ha se riegan con agua tratada y 1250 con agua residual
- El sector industrial tiene mucha incertidumbre sobre la disponibilidad, piensa que se tiene un costo asignado arbitrariamente y un inadecuado sistema de desalojo de las aguas residuales.

Las prioridades del COTAS son: ordenamiento territorial, integración del conocimiento del acuífero, reglamentación, uso eficiente del agua, sistema de información del acuífero.

## **Comisión Estatal del Agua**

Se sostuvo una plática con el Ing. Alberto Rojas, responsable técnico del Plan Integral de Saneamiento.

El plan incluye siete PTAR, para tratar alrededor de 2 m<sup>3</sup>/s, de los 3 m<sup>3</sup>/s que se distribuyen en la zona urbana por Interapas.

El principal proyecto es la planta de Tanque Tenorio. Esta es una laguna de 200 ha, con profundidad alrededor de 1.5 m. El proyecto incluye 25 Km de colectores. La capacidad de la planta es de 1,050 l/s, de los cuales, 450 se conducirán a la termoeléctrica de Villa de Reyes y 600 a una zona de riego con una superficie de 500 ha.

Del costo total del proyecto, alrededor de \$160 millones corresponden a la conducción y \$240 millones a la PTAR.

Actualmente se trabaja en el manual de operación y emergencias, en donde se definirán todos los parámetros y condiciones para cumplir con la entrega de agua a CFE, en cantidad y calidad.

Con los usuarios de la zona de riego se trabaja, mediante un convenio de colaboración con el Colegio de Postgraduados de Chapingo, en el desarrollo, organización y reglamentación de los usuarios.

Se obtuvo una copia de la presentación del programa integral de saneamiento con los detalles del proyecto de Tanque Tenorio.

### **Planta Tanque Tenorio (proyecto)**

Se realizó un recorrido a las obras de construcción de esta planta. Entre los comentarios surgidos durante la visita están los siguientes.

La capacidad de diseño es de 1,050 l/s, con un gasto máximo de 1,800 l/s. La capacidad del tren de tratamiento secundario, el cual consiste en un tratamiento biológico con denitrificación, filtración, ablandamiento y desinfección es de 650 l/s, que podría llevarse a 1,000 l/s.

En números redondos, del costo total de la planta, 30% corresponde al tratamiento primario avanzado (1,050 l/s), 30% al secundario (650 l/s), 30% al tratamiento de lodos (1,050 l/s) y 10% a otros conceptos.

## **Grupo de industriales del COTAS SLP**

### **Planta de Tratamiento del Club de Golf**

Esta planta tiene una capacidad de 40 l/s y su función es abastecer de agua para riego del campo de golf. Inició su operación en 1997, desde entonces la capacidad promedio anual ha sido de 2,000 m<sup>3</sup>/d. El proceso es biológico del tipo SBR (sequencing batch reactor) para la remoción de nitrógeno y fósforo; cuenta con dos reactores de 1,156 m<sup>3</sup>, en donde se opera alternadamente las seis fases del proceso por lotes. El agua es descargada a un lago artificial con capacidad de



50,000 m<sup>3</sup>, de donde se toma agua para riego. La calidad del agua del afluente y efluente se presentan en la **Tabla I.13**.

**Tabla I.13 Calidad del agua cruda y tratada en la planta del Club de Golf**

Parámetro	afluente	efluente
DBO, mg/l	325	<10
DQO, mg/l	550	20-30
SST, mg/l	110	4
SSV, mg/l	85	0
NH <sub>3</sub> -N, mg/l	28-32	
NTK, mg/l	40	2.5
Grasas y aceites, mg/l	20	
pH	7.35	
Fluoruros, mg/l	1.8	1.8

Los principales problemas de operación que se han llegado a presentar están relacionados con el incremento de carga orgánica por la sangre y grasas y aceites provenientes de rastros clandestinos, cuando la DQO puede llegar hasta 1,600 mg/l. En otra ocasión se tuvo problemas por la descarga de ácido bórico y cianuros de la industria minera. Estos problemas han sido controlados por Interapas y no se han vuelto a presentar.

La planta, produce alrededor de 620 Kg/d de lodos en base seca los cuales son utilizados en campos agrícolas, consume 0.692 KW-h/m<sup>3</sup> y tiene un costo por metro cúbico de alrededor de \$3.00.

#### **Agua Tratada del Potosí S.A. de C.V.**

Esta empresa pertenece a la Compañía Mexicana de Aguas, que también opera la empresa Aguas Industriales de Vallejo y la planta de Lechería que abastece a la termoeléctrica. La planta de tratamiento es del tipo de lodos activados (estabilización por contacto), con una etapa de filtración final opcional y tratamiento químico. Su capacidad es de 50 l/s con 25 l/s de ampliación.

El agua tratada se distribuye por una red propia de 18 Km, a 33 industrias ubicadas en la zona industrial de San Luis, también se vende agua tratada en pipas, principalmente para la industria de la construcción. El efluente cumple con la NOM-003. La calidad del agua cruda y tratada se presentan en la **Tabla I.14**.

**Tabla I.14 Calidad del agua cruda y tratada en la planta de Agua Tratada de Potosí**

Parámetro	afluente	efluente
DQO, mg/l	440	43
SST, mg/l	218	8
Conductividad, mg/l	728	799
SDT, mg/l	351	384
Fluoruros, mg/l		2.9

La tarifa del agua se establece como el 25% de la tarifa establecida por CNA en esta zona para la industria autoabastecida o como el 50% de la tarifa establecida por el organismo operador. Los principales rechazos a utilizar agua residual tratada se refieren a limitantes del proceso o a

desconocimiento de la aplicación de agua tratada. Se tiene un mercado potencial de 300 clientes en esta zona.

### Agua embotellada Hialina y Hielo Polo

El objetivo principal de esta visita fue conocer la situación del mercado del agua embotellada en SLP y el sistema de tratamiento que operan para la remoción de fluoruros.

Esta empresa cuenta con dos plantas en la zona centro de SLP, que se abastecen con un pozo cada una. Estos tienen una profundidad de alrededor de 430 m y los primeros 100 m se encuentran sellados, para impedir la contaminación del acuífero superior. Los niveles de fluoruros registrados históricamente en estos pozos no sobrepasan la norma de agua potable (1.5 mg/l) y se encuentran entre 1.0 - 0.8 mg/l. Con el tratamiento esta concentración se reduce a menos de 0.4 mg/l.

El tratamiento consiste en un sistema de ósmosis inversa, con 6 membranas en serie de poliamida. Se trabaja con % de recuperación muy elevados de entre el 40-60%. La presión de operación es de 150 psi y la vida útil de la membrana es de 7 años.

El mercado del agua embotellada en SLP se estima que está alrededor de 1.8 millones de garrafones al mes, lo que implica 34.2 millones de litros al mes o 410 millones de litros al año. Esto implica un consumo per cápita de alrededor de 1 l/hab-d, considerando una población de un millón de habitantes.

El mercado está dominado por 3 embotelladoras principales que acaparan el 80% de las ventas y que se alimentan de su propio pozo; y 5 embotelladoras de menor tamaño y 150 llenaderos que se abastecen de la red de agua potable.

### Planta Parque Tangamanga

Tiene una capacidad de 110 l/s y fue construida para abastecer al parque del mismo nombre con agua para riego de áreas verdes. La superficie total bajo riego es de 280 ha. La planta es también del tipo SBR, con una duración total del ciclo de 5 fases de 2 horas 40 minutos. El principal consumo de energía son los sopladores de 125 Hp, de los cuales se tienen instalados 4, tres para operación normal y uno de relevo. La planta cumple con la NOM-003, algunos datos de la calidad del afluente y efluente se presentan en la **Tabla I.15**.

**Tabla I.15 Calidad del agua cruda y tratada en la planta Tangamanga**

Parámetro	afluente	efluente
DBO, mg/l	300	30-40
DQO, mg/l	600	
SST, mg/l	160	2-6
NH3-N, mg/l	24	6
NTK, mg/l	31	10

En esta planta se generan alrededor de 100 m<sup>3</sup>/día de lodos, los cuales son desaguados en lechos de secado. Próximamente, entrará en operación un filtro banda, ya que los lechos no funcionaron como se esperaba. Los principales problemas de operación se relacionan con la presencia de grasas y aceites y diesel. El costo de tratamiento está entre \$4-5/m<sup>3</sup>.

## Planta Norte

Esta planta es del tipo lagunas facultativas aireadas. El proceso cuenta con pretratamiento, cuatro lagunas con una superficie total de 18 ha y potencia de aireación instalada de 1500 Hp. Los gastos de diseño y operación se presentan en la **Tabla I.16**. Tal como se puede observar, la operación actual de esta planta está muy por debajo de su capacidad.

**Tabla I.16 Gastos de diseño y operación de la Planta Norte**

Gasto	l/s
Diseño	410
Operación actual	280
Máximo de operación actual	300
Máximo de diseño	615

En términos de su capacidad de aireación, únicamente se está utilizando el 40% de la capacidad instalada.

El agua tratada es suministrada a la zona agrícola en su totalidad, no obstante que se tiene contemplado abastecer al parque Tangamanga II 90 l/s de agua tratada para riego de áreas verdes. Esta planta estuvo parada por dos años debido a los problemas con los agricultores de la zona que se negaban a recibir agua tratada.

La calidad del agua afluyente y efluente se presenta en la **Tabla I.17**.

**Tabla I.17 Calidad del agua cruda y tratada en la Planta Norte**

Parámetro	afluente	efluente
DBO, mg/l	200	30-40
DQO, mg/l	411	138
SST, mg/l		40
SSV, mg/l	24	32
NTK, mg/l		28-30

El manejo de los lodos en la planta se realiza permitiendo su acumulación en las lagunas, la cual después de dos años de operación es de 11 pulgadas. Se tiene programado el dragado de las lagunas cada 5 años.

## Planta Lomas (proyecto)

Adicionalmente a los recorridos anteriores, se visitó el proyecto de construcción de la planta Lomas, la cual tendrá una capacidad de 80 l/s. El proceso de la planta será del mismo tipo que el de la planta del Club de Golf, es decir reactores SBR. Esta planta es una inversión privada del Grupo Desarrollador CIMA S.A. de C.V., para producir agua tratada y regar zonas verdes y el campo de Golf de un club deportivo de un nuevo desarrollo urbano. También se tiene contemplado ofrecer el agua tratada a otros usuarios de la zona, tales como talleres automotrices y al municipio para el riego de áreas verdes de los fraccionamientos de la zona. La inversión de esta planta se pagará con el ahorro que se tendrá al no tener que comprar agua de primer uso al

municipio. Para este proyecto se otorgó una concesión de las aguas residuales del colector del río Santiago. El monto del proyecto, incluyendo conducciones y bombeos, es de alrededor de \$62 millones y se estima que el costo por metro cúbico estará alrededor de \$5.00.

### **Potabilizadora Los Filtros**

Durante la estancia en SLP se visitó la planta potabilizadora Los Filtros. Esta planta data de principios del siglo XX, tiene una capacidad de 220 l/s y fue construida para tratar las aguas de la presa San José; actualmente se completa el gasto con posos de la zona termal. El proceso es del tipo convencional, con coagulación-floculación, filtros de arena y desinfección con cloro. Como floculante se utiliza sulfato de aluminio y un polímero. Las instalaciones de esta planta además de antiguas se encuentran muy deterioradas. Los tanques de almacenamiento a la llegada del agua se encuentran cubiertos por malezas acuáticas; la zona de floculación presenta claras zonas de corto circuito, los filtros se encuentran completamente ahogados, además de ser de limpieza y lavado manual; el ajuste de pH final y la cloración se realiza en el tanque de almacenamiento final. Además se observó que no se cuenta con un método de dosificación de químicos. A partir de los comentarios hechos por el operador se estimó que se dosifican 40 mg/l de sulfato de aluminio, 6 cubetas de polímero al día, un tanque de cloro al mes y dos costales de cal al día.

### **Secretaría de Ecología y Gestión Ambiental, 26 de agosto de 2004**

Asistentes:

Ing. Alfonso Cisneros Rodríguez, PROFEPA

Ing. José Antonio Balderas, SEMARNAT

Guillermo Moreno H., SEGAM

Eduardo Sánchez Luna, SEGAM

Humberto González, SEGAM

Martínez, SEGAM

El objetivo de esta entrevista fue conocer evidencias sobre la contaminación que pudiera representar una amenaza para el acuífero de SLP.

El principal problema de la zona es la falta de sitios de disposición para residuos peligrosos. Se estima que se generan más de 50,000 Ton/año y 150,000 Ton/año de residuos no peligrosos. Únicamente se cuenta con sitios de disposición para 2 toneladas.

Las principales actividades contaminantes son la minería (30 ton/d de escorias), derrame de hidrocarburos (se han presentado de hasta 100,000 toneladas de gasolina), uso de plaguicidas en Villa de Arista, industria química, residuos con cromo, polvos de hornos, disposición de aceites lubricantes (parque vehicular de 400,000 unidades)

En la actualidad se está llevando a cabo un programa para evaluar y priorizar sitios con presencia de contaminantes, además de un inventario de residuos peligrosos en la ciudad. Se cuenta con un catastro de empresas que cubre alrededor del 30%.

Profepa cuenta con un registro de eventos y sitios con problemas de contaminación. Entre estos destaca los talleres de Ferrocarril donde ocurrió un derrame de hidrocarburos y la presencia de residuos con cromo hexavalente. El confinamiento tiene 20-30 años.

Otras actividades que representan problemas son los talleres de electrónica y curtidurías, así como los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, ya que estos desechos van a tiraderos sin ningún control.

En el ámbito de los residuos sólidos urbanos y de manejo especial, se informó que en la zona metropolitana existen 30 tiraderos, de los cuales 8 son los principales por su tamaño (>2 ha) y por encontrarse en zonas vulnerables del acuífero. En estos se han recibido residuos peligrosos por el nulo control que lleva el municipio. Actualmente, esta práctica se ha controlado, sin embargo queda la interrogante de adonde están disponiéndose estos desechos.

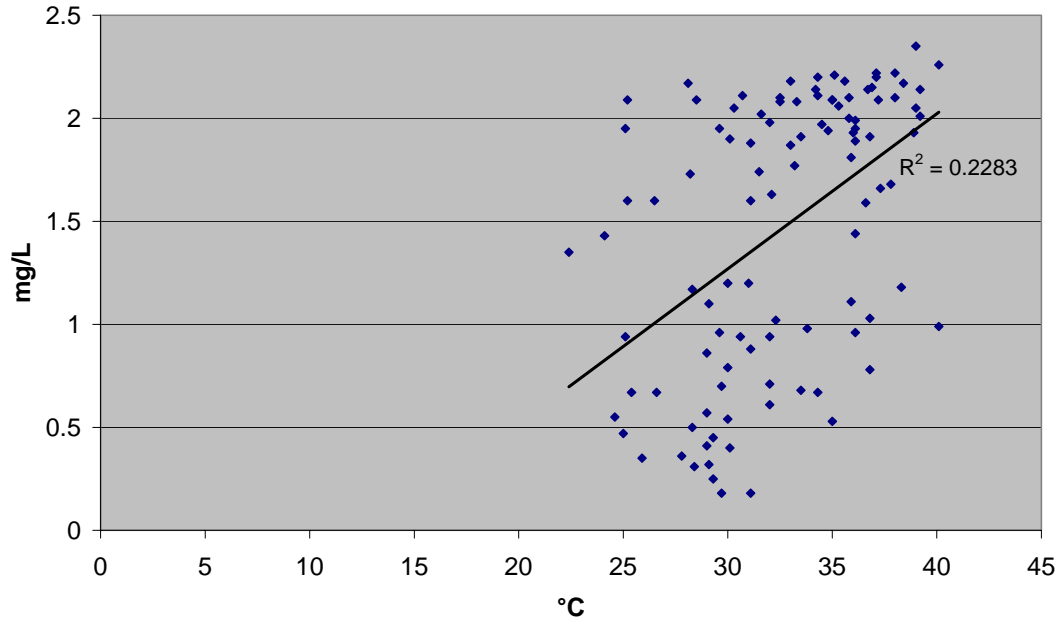
En algún momento llegó a haber 56 tiraderos identificados, 48 de entre 1-5 toneladas. El tiradero más importante es el conocido como Peñasco, el cual está localizado sobre un meandro del río Paisanos. Este tiradero se cerró bajo procedimientos adecuados.

Actualmente se cuenta con el relleno sanitario de Santa Rita, el cual ha operado por 4 años y en donde se depositan el 80% de los residuos generados. Se tienen proyectos de rellenos para Villa de Reyes y Villa de Arista.

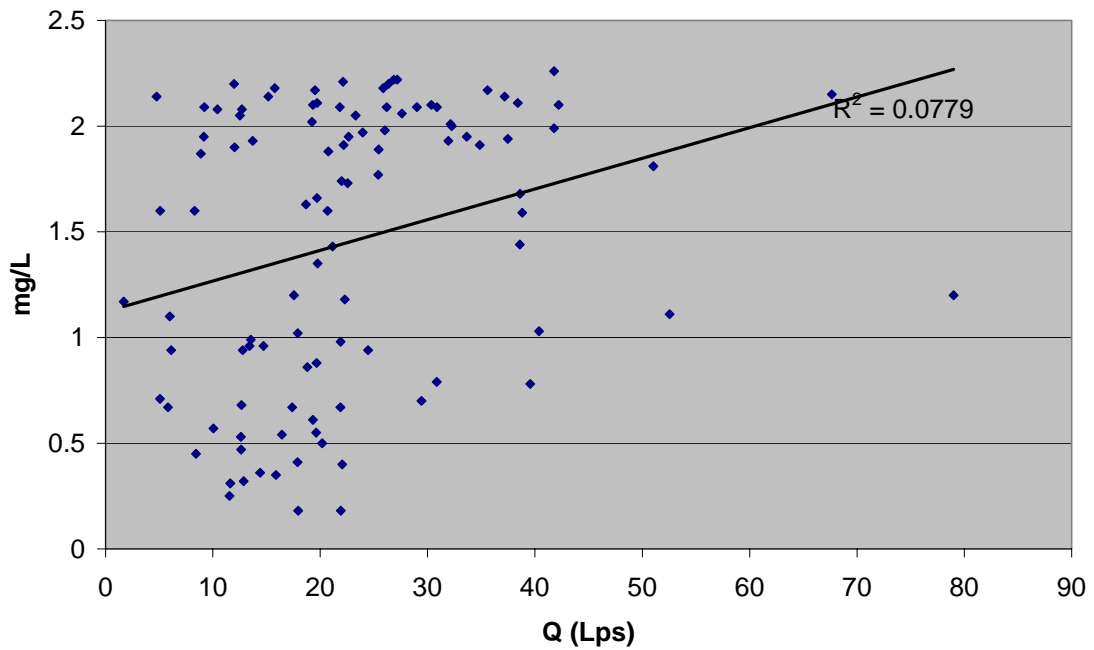


**Apéndice I-2.**  
**Correlaciones de fluoruros con otras variables**  
**en 104 pozos de abastecimiento público**

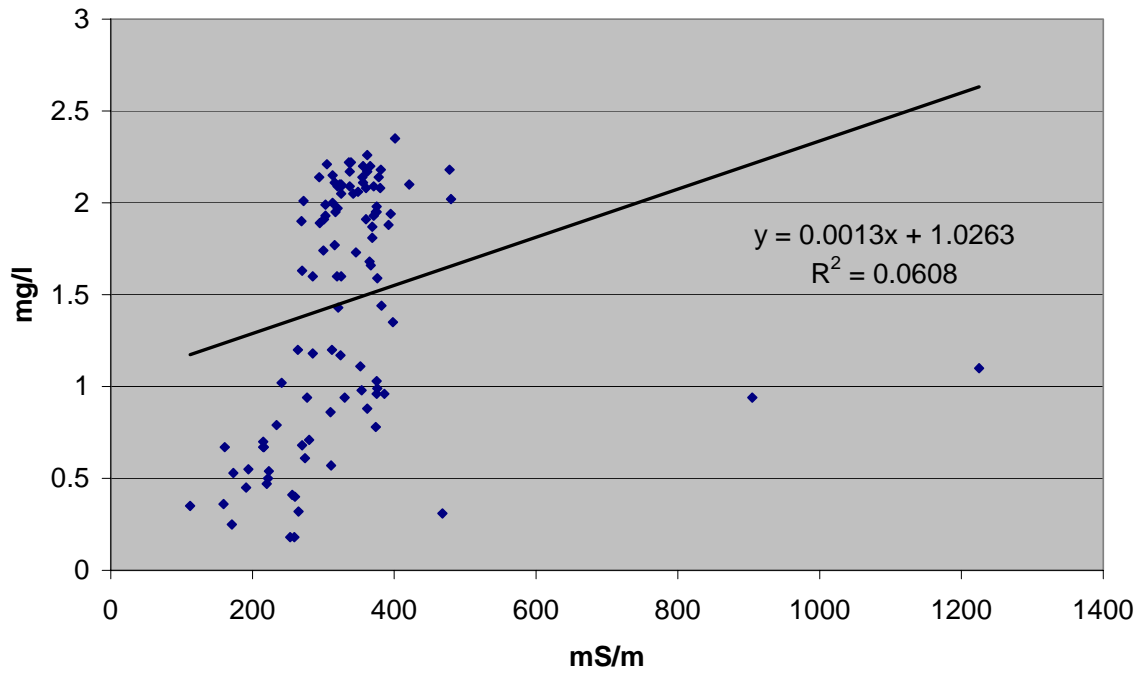
**Fluoruros vs Temperatura**



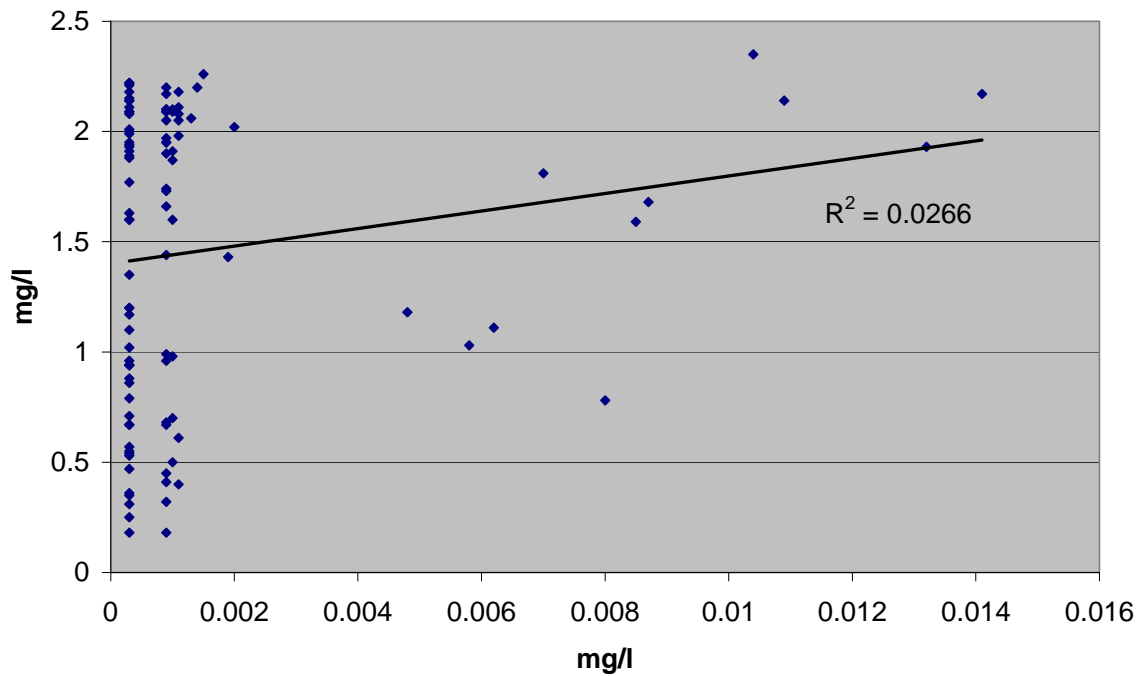
**Fluoruros vs gasto**



### Fluoruros vs conductividad

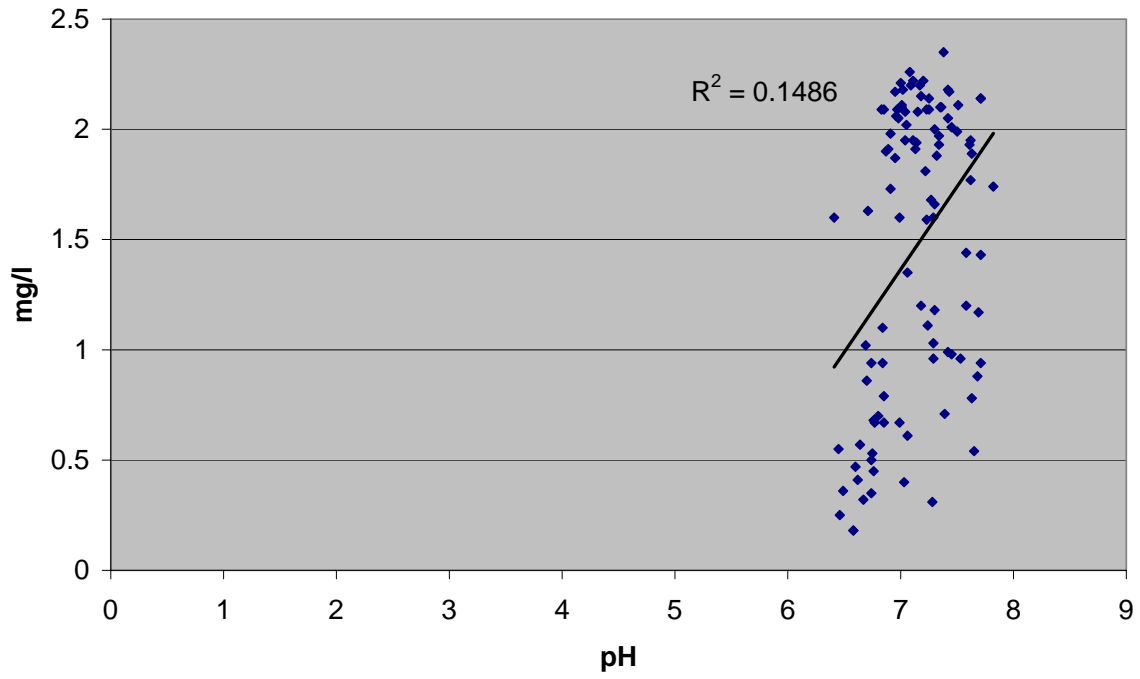


### Fluoruros vs Arsénico

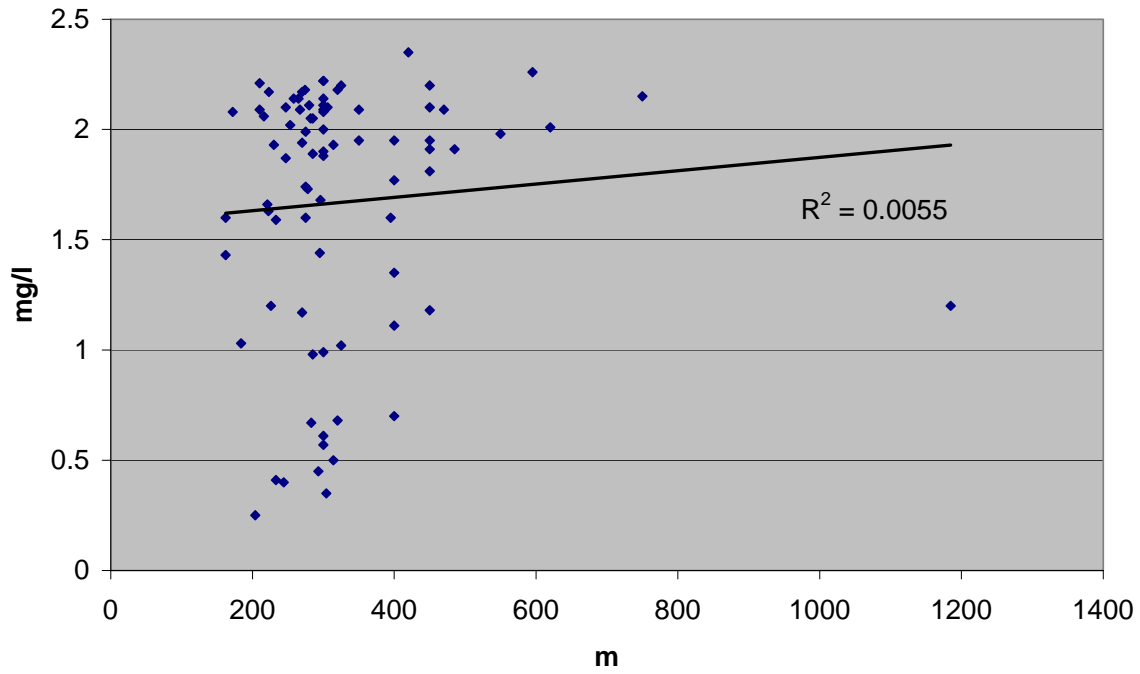




### Fluoruros vs pH



### Fluoruros vs profundidad





**Apéndice I-3.**  
**Resultados del muestreo de 104 pozos de abastecimiento**  
**(Interapas, Mayo de 2004)**

zona	No. REG.	POZO	Profundidad (m)	Gasto promedio 2004 Lps	Temp.	Fluoruros	Masa F (Kg/d)	Q acumulado	Masa acumulada
	SLP07	VALENTIN AMADOR		18	31.1	0.18	0.3	17.9	0.28
	SLP42	BALCONES DEL VALLE		22	29.7	0.18	0.3	21.9	0.34
	SGS01	SOLEDAD I	204	12	29.3	0.25	0.2	33.4	0.59
S	SLP45	SAN LUIS REY		12	28.4	0.31	0.3	45.1	0.90
	SLP06	OYAMEL		13	29.1	0.32	0.4	57.9	1.26
	SGS22	SAN JUANITA	304	16	25.9	0.35	0.5	73.8	1.74
	SGS07	SAN FRANCISCO		14	27.8	0.36	0.4	88.2	2.18
N	SLP65	TERCERA GRANDE	244	22	30.1	0.4	0.8	110.3	2.95
	SLP03	MERCADO REPUBLICA	233	18	29	0.41	0.6	128.2	3.58
	SLP02	SANTIAGO	293	8	29.3	0.45	0.3	136.6	3.91
	SGS15	BENITO JUAREZ		13	25	0.47	0.5	149.2	4.42
	SLP64	LOS REYES	314	20	28.3	0.5	0.9	169.4	5.29
	SGS32	HOGARES FERROCARRILEROS III		13	35	0.53	0.6	182.0	5.87
	SGS31	PRIVADAS DE LA HACIENDA		16	30	0.54	0.8	198.4	6.64
	SGS02	SAN FELIPE I		20	24.6	0.55	0.9	218.1	7.57
	SGS29	HOGARES POPULARES PAVON	300	10	29	0.57	0.5	228.1	8.07
N	SLP66	PEDROZA	300	19	32	0.61	1.0	247.4	9.08
	SGS20	LA CONSTANCIA		6	26.6	0.67	0.3	253.3	9.42
	SGS18	SAN LUIS I		17	25.4	0.67	1.0	270.7	10.43
N	SLP76	IMPERIO AZTECA	283	22	34.3	0.67	1.3	292.5	11.69
N	SLP60	GRANJAS	320	13	33.5	0.68	0.7	305.2	12.44
	SLP94	CORONEL ESPINOZA	400	29	29.7	0.7	1.8	334.6	14.22
	CSP01	CERRO DE SAN PEDRO		5	32	0.71	0.3	339.7	14.53
S	SLP32	TERMALVI		40	36.8	0.78	2.7	379.3	17.20
	SGS06	RANCHO PAVON		31	30	0.79	2.1	410.1	19.30
	SGS04	FRESNOS		19	29	0.86	1.4	429.0	20.70
	SLP106	UNIDAD DEP.UNIVERSITARIA		20	31.1	0.88	1.5	448.6	22.19
	SGS30	BUGAMBILIAS		6	32	0.94	0.5	454.7	22.69
	SGS16	21 DE MARZO		13	25.1	0.94	1.0	467.5	23.73
O	SLP08	EL PASEO		24	30.6	0.94	2.0	492.0	25.72
O	SLP19	RANCHO VIEJO		13	29.6	0.96	1.1	505.4	26.83
S	SLP47	SIMON DIAZ I		15	36.1	0.96	1.2	520.1	28.05
O	SLP12	CARRETERA CENTRAL	285	22	33.8	0.98	1.9	542.0	29.90
O	SLP84	DEL LLANO	300	14	40.1	0.99	1.2	555.5	31.06
	SGS08	SAN ANTONIO	325	18	32.3	1.02	1.6	573.4	32.64
S	SLP28	TERMAL II	184	40	36.8	1.03	3.6	613.8	36.23
	SLP78	BOCAS		6	29.1	1.1	0.6	619.8	36.80
	SLP91	AGUAJE	400	53	35.9	1.11	5.0	672.3	41.84
	SLP40	EL JARALITO	270	2	28.3	1.17	0.2	674.0	0.17
O	SLP98	ESPAÑITA	450	22	38.3	1.18	2.3	696.3	2.44
O	SLP13	ABASTOS II	226	18	31	1.2	1.8	713.9	4.26
	SGS24	RIVERA	1185	79	30	1.2	8.2	792.8	12.45

zona	No. REG.	POZO	Profundidad (m)	Gasto promedio 2004 Lps	Temp.	Fluoruros	Masa F (Kg/d)	Q acumulado	Masa acumulada
	SLP97	ESTRELLA DE ORIENTE	400	20	22.4	1.35	2.3	812.6	14.76
O	SLP14	HOSTAL DEL QUIJOTE	162	21	24.1	1.43	2.6	833.8	17.37
S	SLP27	SALK V	295	39	36.1	1.44	4.8	872.4	22.17
S	SLP30	TERMAL IV	233	39	36.6	1.59	5.3	911.2	27.51
	SLP104	LOS OLIVOS	162	5	25.2	1.6	0.7	916.3	28.21
N	SLP63	SANTA CRUZ	275	8	26.5	1.6	1.1	924.6	29.36
	SGS34	SAN JOSE	395	21	31.1	1.6	2.9	945.3	32.22
	SGS10	HOGARES FERROCARRILEROS I	222.5	19	32.1	1.63	2.6	963.9	34.85
S	SLP26	SALK I	221	20	37.3	1.66	2.8	983.6	37.67
S	SLP33	TERMAL III	296	39	37.8	1.68	5.6	1022.3	43.28
N	SLP53	POLVILLO MORALES	278	23	28.2	1.73	3.4	1044.8	46.65
O	SLP15	ABASTOS I	275	22	31.5	1.74	3.3	1066.8	49.96
	SLP09	PRADOS GLORIETA	400	25	33.2	1.77	3.9	1092.2	53.84
	SLP34	BALCONES DEL VALLE	450	51	35.9	1.81	8.0	1143.3	61.82
N	SLP77	SAUZALITO	247	9	33	1.87	1.4	1152.1	63.26
	SGS19	HOGARES OBREROS	300	21	31.1	1.88	3.4	1172.9	66.63
O	SLP21	ABASTOS III	285	25	36.1	1.89	4.2	1198.3	70.79
N	SLP100	FOVISSTE	300	12	30.1	1.9	2.0	1210.3	72.76
	SGS26	CENTRAL DE MAQUINARIA	485	22	33.5	1.91	3.7	1232.5	76.42
	SLP109	MORALES	450	35	36.8	1.91	5.8	1267.4	82.17
O	SLP11	MAYA MIL	314	14	36	1.93	2.3	1281.1	84.45
S	SLP24	SARABIA II	230	32	38.9	1.93	5.3	1313.0	89.78
O	SLP79	CIUDAD 2000 II	270	37	34.8	1.94	6.3	1350.5	96.06
	SLP107	LA PILA	400	9	29.6	1.95	1.5	1359.6	97.60
P	SLP99	UNIVERSIDAD	450	23	25.1	1.95	3.8	1382.3	101.42
N	SLP71	LOMAS DEL MESQUITAL	350	34	36.1	1.95	5.7	1415.9	107.09
	SLP101	PONCIANO ARRIAGA		24	34.5	1.97	4.1	1439.9	111.16
P	SLP58	LOMAS IV	550	26	32	1.98	4.5	1465.9	115.61
O	SLP18	PRADOS II	275	42	36.1	1.99	7.2	1507.7	122.80
O	SLP20	CIUDAD 2000 I	300	32	35.8	2	5.6	1539.9	128.37
	SGS27	EL MORRO	620	32	39.2	2.01	5.6	1572.1	133.95
N	SLP56	EL CORTIJO	253	19	31.6	2.02	3.4	1591.3	137.31
S	SLP31	SARABIA III	285	13	39	2.05	2.2	1603.8	139.52
N	SLP74	SAN ANGEL	282	23	30.3	2.05	4.1	1627.1	143.65
	SLP96	BALCONES DEL VALLE	216	28	35.3	2.06	4.9	1654.7	148.56
P	SLP54	LOMAS I	300	10	33.3	2.08	1.9	1665.1	150.44
	SLP51	NICOLAS ZAPATA	172	13	32.5	2.08	2.3	1677.8	152.72
	SGS05	LAS PALMAS	300	9	35	2.09	1.7	1687.0	154.38
	SLP103	VALLE DEL CAMPESTRE	470	22	25.2	2.09	3.9	1708.8	158.32
	SGS09	POLVORIN	267	26	35	2.09	4.7	1735.0	163.05
N	SLP73	MEZQUITAL II	350	29	28.5	2.09	5.2	1764.0	168.29
S	SLP29	TERMAL I	210	31	37.2	2.09	5.6	1794.9	173.86
N	SLP70	LAS JULIAS	247	19	35.8	2.1	3.5	1814.2	177.37
	SLP16	INDUSTRIAS	306	30	38	2.1	5.5	1844.6	182.87
	SLP92	BALCONES DEL VALLE	450	42	32.5	2.1	7.7	1886.8	190.53
	SLP36	BOMBEROS	300	20	30.7	2.11	3.6	1906.5	194.12
N	SLP75	SAUCITO	280	38	34.3	2.11	7.0	1944.9	201.13
O	SLP17	PRADOS I	265	5	36.7	2.14	0.9	1949.7	202.00

zona	No. REG.	POZO	Profundidad (m)	Gasto promedio 2004 Lps	Temp.	Fluoruros	Masa F (Kg/d)	Q acumulado	Masa acumulada
	SLP39	POZOS II	258	15	34.2	2.14	2.8	1964.8	204.81
S	SLP23	SARABIA I	300	37	39.2	2.14	6.9	2002.0	211.68
	SGS25	PRADERAS DEL MAUREL	750	68	36.9	2.15	12.6	2069.6	224.25
N	SLP72	MEZQUITAL I	223	20	28.1	2.17	3.7	2089.2	227.91
O	SLP10	VALLE DORADO	270	36	38.4	2.17	6.7	2124.7	234.58
N	SLP68	TECNOLOGICO	274	16	35.6	2.18	3.0	2140.5	237.55
	SLP102	LAS MERCEDES	320	26	33	2.18	4.9	2166.4	242.42
	SLP89	VALLE SANTIAGO	325	12	37.1	2.2	2.3	2178.3	244.69
	SLP87	MUÑOZ	450	26	34.3	2.2	5.0	2204.7	249.70
	SGS11	HOGARES FERROCARRILEROS II	210	22	35.1	2.21	4.2	2226.8	253.92
	SGS13	JARDINES DEL VALLE	300	27	38	2.22	5.2	2253.7	259.08
O	SGS14	U.P.A.	300	27	37.1	2.22	5.2	2280.8	264.29
	SLP105	HALCONES	595	42	40.1	2.26	8.2	2322.6	272.45
S	SLP90	NUEVO PROGRESO	420	40	39	2.35	8.1	2362.4	280.53



**Apéndice I-4.**

**Análisis descriptivo del monitoreo de calidad del agua  
de las presas El Peaje y San José de 2001-2004**

	n	Presa San Jose			n	Presa El Peaje		
		Percentil				Percentil		
		50	75	90		50	75	90
ALC_FEN	1	2.87	2.87	2.87	1	2.87	2.87	2.87
ALC_TOT	11	33.04	37.88	51	11	26	28.385	38.54
BICARBON	11	40.31	46.21	61.67	11	31.51	34.385	47.02
CALC_DIS	11	19.24	20.65	22.44	11	10.82	11.055	11.22
CARBONATO	1	0	0	0.85	4	0	0	0.85
CLORUROS	11	4.22	4.75	4.96	11	2.41	3.125	3.7
COLI_FEC	11	23	344	640	11	25	63	400
COLI_TOT	11	33,000	125,750	176,000	11	20,100	85,500	99,000
COLOR_APA	11	35	37.5	40	11	38	40	45
COND_CAMPO	4	185	200	200	4	130	132.5	131.75
COND_ESP	11	188	209	210	11	120	126.5	128.00
DBO5	11	3.05	3.41	3.71	11	2.73	2.98	3.12
DQO	11	26.63	40.26	41.38	11	28.46	48.60	77.27
DUR_CAL	11	40	51.51	56	11	27	27.59	28.00
DUR-MAG	4	17	18.5	19.55	4	11	11.75	11.53
DUR_TOT	11	58	66.5	76.93	11	36	38.19	39.00
FLUO_DIS	11	0.75	0.90	1.02	11	0.45	0.58	0.61
FOSF_TOT	3	0.09	0.09	0.09	3	0.1	0.21	0.18
GRAS_ACEI	5	1.57	1.57	8.52	8	1.56	3.39	3.50
MAG_DIS	4	4.14	4.50	4.75	4	2.67	2.85	2.80
N_NITRATO	8	0.19	0.22	0.28	8	0.14	0.165	0.219
N_NITRITO	10	0.01	0.01	0.01	7	0.02	0.02	0.02
OXI_DIS	11	8	8	9	11	8	9	9
PH_SITU	10	7	7.08	7.28	10	7	7	7.1
PH_LAB	11	7.3	7.44	7.9	11	7	7.325	7.4
POTAS_DIS	11	9.1	11.1	11.2	11	7	8	8.2
SODIO_DIS	11	7.8	10.5	11	11	6	7.75	8.5
SDT	11	132	155	170	11	96	115.75	121.5
SOLID_SED	8	0.15	0.2	0.23	6	0.18	0.19	0.20
SST	11	12.5	20.5	21	11	15	24.5	38
SOLID_TOT	11	144	171.5	191	11	124	136.75	146.5
SULF_DIS	11	43.79	50.19	57.23	11	22.86	24.37	24.47
SAAM	5	0.2	0.2	0.22	7	0.14	0.19	0.27
TEMP_AMB	10	21.2	24.28	24.96	10	21.3	24.25	26.51
TEMP_AGUA	11	20.4	22.9	24.8	11	20	24.05	25.2
TURBIEDAD	11	10	15	26	11	5	15	21





**Apéndice I-5.**

**Comentarios a los Términos de Referencia  
para el suministro de un sistema de filtración con cenizas de hueso  
(negro animal o polvo de huesos) para la eliminación de fluoruros de agua  
de pozos del sistema de distribución de Interapas (versión agosto de 2004)**

### **Comentarios generales**

La tecnología de remoción de fluoruros utilizando negro animal no se encuentra disponible comercialmente, lo que implica su desarrollo previo a escala de laboratorio, nivel piloto y su escalada a una planta convencional.

La tecnología más ampliamente comercializada es la remoción con alumina activada y recientemente ósmosis inversa. En el primer caso, aunque las inversiones iniciales pueden ser menores, se reportan casos en los que la intensidad de la mano de obra requerida, hace que la OI resulte la opción más económica.

También se encuentran disponibles comercialmente la electrodiálisis inversa y la precipitación química.

### **Comentarios al contenido**

El objetivo puede establecerse como instalar y operar un sistema de remoción de fluoruros utilizando carbón de cenizas de hueso, u otra tecnología aplicable.

En una búsqueda preliminar no se localizaron productores comerciales de carbón animal (bone char) para ser utilizado como medio filtrante. Este producto se utiliza como pigmento principalmente. La fabricación de un adsorbente implica un control específico de su morfología y características físicas, que garanticen su desempeño.

Los métodos para la toma de muestras y los de prueba se establecen en NOM y no por la EMA.

Dependiendo del presupuesto disponible, la intensidad del monitoreo se podría reducir en parámetros y periodicidad.

Dado que se trata del desarrollo de una tecnología, como producto se deberá solicitar toda la documentación del diseño del sistema.

En la evaluación de la propuesta deberá considerarse el costo del manejo de subproductos: aguas de lavado y rechazos, uso y disposición de químicos, pérdida de material adsorbente, regeneración del adsorbente y disposición final.

### **Recomendación**

Si el objetivo del proyecto es el desarrollo de la tecnología de remoción con negro animal, el desarrollo de una licitación abierta conlleva procedimientos poco apropiados para esta actividad. En este caso, sería más adecuado trabajar con un centro de investigación y desarrollo y a través

de convenios. De esta forma se tendría flexibilidad y la oportunidad de ser copropietario del sistema desarrollado. Esta opción implicará varios años de trabajo.

Por otro lado, si lo que se busca es encontrar la mejor opción de remoción, lo más conveniente es desarrollar una licitación con tecnología abierta y resultados probados. Esta opción puede resolverse en el corto plazo.

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo J – El Tratamiento de las Aguas Residuales**



## **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

### **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

#### **Anexo J – El Tratamiento de las Aguas Residuales**

##### **1. Antecedentes**

Los municipios de San Luis Potosí y de Soledad de Graciano Sanchez, conforman la zona conurbada de la capital del estado con una población de 1 millón y 185 mil habitantes respectivamente y una tasa de crecimiento anual de 2.5 %.

Actualmente existe una sobre explotación de los mantos acuíferos de la región provocando el abatimiento de los mismos con una pérdida de alrededor de 1.5 mts. de nivel freático por año.

El municipio de San Luis cuenta actualmente con 5 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales y 62 plantas privadas para evitar en lo posible el uso de agua residual contaminada en la población en forma indiscriminada. Las plantas municipales actualmente en operación son: tangamanga 1 y 2, planta norte, club de golf e industriales con una capacidad de diseño de 675 lps totales y actualmente operando solo con 470 lps.

Una buena cantidad del agua residual de San Luis Potosí es empleada para riego agrícola básicamente alfalfa lo cual tiene alto consumo y poca recuperación económica lo que agrava aun mas el problema de la región que por estar localizada en una cuenca cerrada provoca escasez de agua y baja recuperación de los mantos acuíferos.

El organismo operador encargado del manejo del agua municipal extrae alrededor de 4.0 m<sup>3</sup>/seg y según estimaciones se pierde el 40 % en la tubería por fugas por lo que solo llega a su destino aprox 2.4 m<sup>3</sup>/seg,

Del agua residual producida, se pierden también por fugas y evaporación aprox. 0.2 m<sup>3</sup>/seg de tal forma que solo quedan disponibles 2.2 m<sup>3</sup>/seg. Para consumo como agua potable y otras necesidades.

Cuando las aguas residuales de tipo doméstico son lanzadas a los ríos o cuerpos de agua sin ningún tratamiento o desinfección suelen contaminarse con altas concentraciones de bacterias, virus y parásitos creándose un grave problema de salud pública. Entre las principales enfermedades que se propagan por este mal manejo de las aguas residuales están las diarreas (bacterianas y víricas), la tifoidea y la paratifoidea, el cólera, la hepatitis infecciosa, la amibiasis, giardiasis, etc. como es muy difícil detectar y cuantificar a todos los patógenos causantes de estas enfermedades los ingenieros sanitarios y muchas autoridades de salud pública utilizan como organismo indicador de la contaminación por patógenos a los coliformes fecales (NMP CF/100 ml).

La mayoría de las industrias producen descargas de desechos líquidos que tienen demandas bioquímicas de oxígeno (DBO5) muy altas pero concentraciones de coliformes fecales menores que las de las aguas residuales domésticas, pudiéndose decir que los desechos industriales constituyen un gran problema ecológico y los desechos domésticos un gran problema de salud pública aunque ambos coadyuvan en el deterioro general de la calidad del agua.

Uno de los problemas más serios que se presenta es la falta de fuentes de agua adecuadas para el consumo humano. El agua de mejor calidad debe destinarse siempre al consumo humano, siguiendo en importancia la destinada al riego de cultivos para consumo humano. Cuando las mejores aguas disponibles no cumplen con las normas de agua potable se hace necesario tratarlas y desinfectarlas quedando la salud de las personas en manos de la institución y del personal responsable del tratamiento, Aquí entra en juego el factor humano. Por esto es que las autoridades de salud deben preocuparse por la protección continúa del recurso AGUA. Si las aguas de riego están muy contaminadas, la salud dependerá del buen manejo agrícola, del buen mercadeo, y del buen manipuleo de los alimentos, Lo anterior hace necesario seguir una política continua de mejoramiento de la calidad del agua para riego.

Entre mayor es la concentración de organismos patógenos en el agua o en los alimentos mayor es la probabilidad de que la gente se enferme. La anterior afirmación, se basa en numerosos estudios epidemiológicos que han llegado a desarrollar el concepto de dosis crítica.

Los problemas ecológicos y de salud pública originados por las aguas residuales han sido mejor atendido por los países desarrollados en los cuales la población tiene más conciencia sobre la gravedad y la capacidad para pagar el costo de las obras de ingeniería necesarias para resolverlos. Tanto en la Europa industrializada como en el Japón y América del Norte se someten las aguas residuales a procesos de tratamiento llamados convencionales, a través de los cuales se logra estabilizar la materia orgánica y se clarifican las aguas removiéndose de ellas muchas substancias incluyendo algunas tóxicas. De esta manera al ser descargadas a un río ya no van a deprimir el oxígeno disuelto de sus aguas ni van a causar grandes problemas ecológicos. En algunos ríos europeos y estadounidenses donde se ha intensificado el tratamiento de aguas residuales han vuelto a aparecer los peces después de muchos años de ausencia. Sin embargo, el tratamiento convencional tiene un alto costo que es difícil de pagar aún para los países de ingresos elevados. Además cada vez es más difícil encontrar lugares apropiados para disponer de los lodos que se obtienen al tratar las aguas residuales.

El uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura constituye una de las herramientas más valiosas que tienen los países en vías de desarrollo para controlar la contaminación y hacer frente al reto que constituye incrementar la producción agrícola con un recurso hídrico escaso. Las aguas residuales constituyen un problema sanitario, pero a su vez un recurso muy apreciado para el riego y la piscicultura; de gran valor económico en áreas desérticas o con estiajes prolongados.

Los nutrientes presentes en las aguas residuales tienen valor como fertilizantes y aumentan el rendimiento de los cultivos, estos nutrientes se conservan en el protoplasma de las algas al tratar las aguas residuales en lagunas de estabilización. Los tóxicos y microorganismos patógenos presentes en las aguas residuales pueden causar efectos nocivos a la salud y/o a los cultivos, si no se utilizan el tratamiento y el manejo adecuados.

Algunas sustancias presentes en las aguas residuales pueden resultar perjudiciales a los suelos, a corto, mediano o largo plazo, si no se toman las medidas correctivas apropiadas. La aplicación de aguas residuales, crudas o previamente tratadas, al suelo, campos de cultivo, o estanques de piscicultura constituye en sí un tratamiento adicional que mejora la calidad de las mismas.

### USOS AGRÍCOLAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Principales cultivos: (i) Silvicultura; (ii) Forrajes, hierbas, alfalfa, etc.; (iii) Maíz, trigo, cebada, caña de azúcar, remolacha; (iv) Menta, algodón, tabaco.

El reúso de aguas residuales sin tratar o con tratamiento inadecuado en la agricultura, implica riesgos de salud para los trabajadores agrícolas y sus familias, lo mismo que para la población en general que consume los productos así obtenidos si se presentan altas tasas de enteritis y otras enfermedades diarreicas, lo mismo que tifoidea y cólera entre parte de la población que genera las aguas residuales. Los gérmenes causantes de estas enfermedades son por consiguiente diseminadas al ambiente a través de las aguas servidas. El bajo grado de saneamiento ambiental, y el uso de aguas residuales crudas en riego sin control es causa de la alta incidencia de enfermedades entéricas causadas por bacterias (salmonellas, shigellas, *Vibrio cholerae*), parásitos y virus.

**Tabla J.1 Rendimiento mayor debido a los Nutrientes de las Aguas Residuales (México)**  
(Rendimiento en ton/ha)

Cultivo	Aguas Negras	Aguas blancas
Alfalfa	120.0	70.0
Maíz	5.0	2.0
Frijol	1.0	1.3
Trigo	3.0	1.8
Cebada	4.0	2.0
Avena forraje	22.0	12.0
Tomate	35.0	18.0
AjÍ	12.0	7.0

La aplicación de aguas residuales a terrenos agrícolas puede originar riesgos a la salud humana debido a la presencia de metales, productos químicos orgánicos y otros compuestos tóxicos. Estas sustancias pueden entrar a la cadena alimenticia a través de alimentos para el hombre, o a través de alimentos para animales. Los principales productos químicos de consideración en las aguas residuales domésticas son los metales pesados. El tratamiento convencional acumula los metales en los lodos reduciendo considerablemente su concentración en el efluente. El siguiente análisis corresponde a la planta de Ukima, Tokio, Japón

**Tabla J.2 Análisis de aguas residuales – Planta Ukima, Tokio, Japón**  
(Concentración en mg/l)

Parámetros	Aguas Negras Crudas	Lodos (2.5% sólidos)
Fe	4.4	465.00
Cu	1.75	75.00
Zn	4.6	88.00
Cd	0.1	4.20
Hg	0.57	1.62
Pb	19.2	97.00

El *Cd* es rápidamente absorbido por las plantas y no es fitotóxico. El *Cd* es muy tóxico al hombre y se acumula en el hígado y en los riñones. La OMS ha recomendado que no se ingiera por personas más de 400 - 500 mg. de Cadmio por semana.

Muchos países han desarrollado normas para la aplicación de aguas residuales y lodos procedentes del tratamiento de las mismas a suelos agrícolas con base en el contenido de Cadmio, o en las cargas de Cadmio aplicadas a los suelos a los cuales se aplican.

Existe poca información sobre la toma por las plantas de compuestos químicos orgánicos sintéticos que estén presentes en las aguas de riego. Los pesticidas y los bifenilos policlorados (PCB) sintéticos están relativamente inmóviles en el suelo y no son absorbidos por las plantas. Sin embargo, pueden ser absorbidos por los animales que están en los pastizales y luego ser encontrados en la leche.

## 2. Objetivos del estudio

- Revisión del desempeño de las plantas de tratamiento de aguas de Sn. Luis Potosí
- Evaluación de la planta de tratamiento de sistema del tanque tenorio
- Evaluar la capacidad de tratamiento de aguas de las plantas industriales
- Revisión y control de la descarga industrial

## 3. Desarrollo

Se efectuó una visita a cada una de las plantas de tratamiento de la zona para constatar en sitio las condiciones operativas y de proceso que guardan actualmente cada una de ellas; se tuvieron reuniones con cada uno de los responsables de la operación de las mismas verificando que tipo de acciones se están tomando para la eficientación del proceso del tratamiento de las aguas; se checaron los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos del afluente y efluente correspondiente tanto en planta como con los organismos operadores para evaluar su seguimiento; fueron efectuadas visitas a las áreas de descarga de canales, arroyos y ríos para revisar organolécticamente la calidad del agua tratada; y se revisaron los métodos analíticos que se están llevando a cabo para los análisis del agua en los diferentes laboratorios, incluyendo el de la CNA

## 4. Revisión y análisis de plantas de tratamiento de San Luis Potosí

### 4.1 Tangamanga 1

- Capacidad instalada 110 lps
- Capacidad de operación 100 lps
- Proceso de tratamiento ; lodos activados SBR
- Año de arranque 1999
- Calidad del agua tratada : cumple con las condiciones básicas del proceso
- Eficiencia de DBO 89 %
- Utilización del agua : exclusiva para riego del parque tangamanga
- Área del parque con riego 270 has. Aprox.

La planta de tratamiento de aguas negras produce grandes cantidades de lodos que se necesitan eliminar como desechos sólidos. El proceso de eliminación de sólidos de las aguas negras no



consiste en quitarlos y tirarlos, sino que se requiere tratarlos antes de tirarlos y su eliminación es muy complicada y costosa.

### *Proceso de lodo activado*

Se trata de un proceso aeróbico en el que partículas gelatinosas de lodo quedan suspendidas en un tanque de aireación y reciben oxígeno. Las partículas de lodo activado, llamadas floculos están compuestas por millones de bacterias en crecimiento activo aglutinadas por una sustancia gelatinosa. El floculo absorbe la materia orgánica y la convierte en productos aeróbicos. La reducción de la DBO5 fluctúa entre el 60 y el 85 por ciento.

Un importante acompañante en toda planta que use lodo activado o un filtro de goteo es el clarificador secundario, que elimina las bacterias del agua antes de su descarga. Se le llama tratamiento primario de aguas negras al proceso que se usa para eliminar los sólidos de las aguas contaminadas; secundario, al que se usa para reducir la cantidad de materia orgánica por la acción de bacterias (disminuir la demanda bioquímica de oxígeno) y terciario, al proceso que se usa para eliminar los productos químicos como fosfatos, nitratos, plaguicidas, sales, materia orgánica persistente, entre otros.

### *Tratamiento primario de las aguas negras*

Entre las operaciones que se utilizan en los tratamientos primarios de aguas contaminadas están: la filtración, la sedimentación, la flotación, la separación de aceites y la neutralización. El tratamiento primario de las aguas negras es un proceso mecánico que utiliza cribas para separar los desechos de mayor tamaño como palos, piedras y trapos. Las aguas negras de las alcantarillas llegan a la cámara de dispersión en donde se encuentran las cribas, pasando las aguas negras al tanque de sedimentación, de donde los sedimentos pasan a un tanque digestor y luego al lecho secador, para luego ser utilizados como fertilizante en las tierras de cultivo a un relleno sanitario.

Solamente en los países desarrollados se tratan cerca del 30 % de las aguas negras domésticas mediante el tratamiento primario y cerca del 60 % se somete al tratamiento secundario ya que éste cuesta aproximadamente el doble de lo que cuesta el tratamiento primario.

**Figura J.1 Tratamiento primario**



**Tabla J.3 Control químico. Planta de tratamiento Tangamanga 1**

Parámetro	Unidad	Valor		Remoción	Norma 002/3	
		entrada	salida	%	entrada	Salida
FLUJO	LPS	99,33			mg/l	
DBO5	mg/lt	162,90	16,30	89,9	150,0	30,0
DOO	mg/lt	295,40	31,70	89,1		
SST	mg/lt	106,30	6,00	94,1	150,0	30,0
SSV	mg/lt	78,33	3,72	95,2		
Coniformes t.	nmp	3,43E+09	5,75	100		
coliformes f	nmp	2,85E+09	4,13	100		1000,0
grasas y aceites	mg/lt	31,48	2,37	92,6	50,0	15,0
COLORO	mg/lt		0,28			
fosfatos tot	ppm	15,73	8,54			
nitrógeno amon.	ppm	17,1	2,04			
nitrogeno tot.	ppm	24,33	2,67		40,0	15,0
huevos de helminto	org/l	0	0,00			
Cianuros	ppm	-0,03	-0,03		2,0	
romo tot	ppm	-0,08	-0,08		1,0	
Arsénico	ppm	0,028	0,027		0,20	
Cadmio	ppm	-0,09	-0,09		0,20	
Cobre	ppm	-0,04	-0,04		4,0	
Mercurio	ppm	-0,0004	-0,0004		0,01	
Níquel	ppm	-0,09	-0,09		2,0	
Plomo	ppm	0,021	0,01		0,5	
Zinc	ppm	-0,011	-0,01		10,0	

**Nota:** estos valores son los promedios del mes de junio 2004

**Figura J.2 Planta de tratamiento de aguas Tangamanga 1  
Vista de su área de turbinas de agitación mecánica**



### *Observaciones planta Tangamanga 1*

El proceso está bajo control del organismo privado Proagua, el gobierno Estatal subvenciona el agua tratada, el tiempo de concesión de la planta es de 15 años, el aspecto del parque es adecuado y no se observan ataques por materiales contaminantes extraños o metales pesados ni se encontró pasto atacado por material inorgánico.

Planta con buena operación, su mantenimiento es adecuado, los valores de control químico son buenos, la planta opera a casi su capacidad de diseño por lo que se ve difícil de que por sí sola se le pueda incrementar de manera notoria su capacidad, en cualquier caso para obtener cuando menos un 50 % de mayor capacidad sería necesario efectuar un estudio de ingeniería para este propósito, el agua destinada para el riego del parque es la necesaria no requiriéndose un riego mayor por lo que si se incrementara su capacidad el agua excedente sería aprovechada para fines de reuso ya sea industrial o comercial.

### **4.2 Tangamanga 2**

Esta planta de tratamiento es la más antigua que originalmente se arrancó con baja capacidad para el riego del parque, fue acondicionada y está operando más o menos estable.

- Capacidad de diseño 40 lps
- Capacidad de operación 30 lps
- Proceso secundario de lodos activados SBR
- Eficiencia de DBO 70 %
- Fecha de arranque 1997
- Utilización del agua: riego del parque, en combinación con la No 1

Proceso: ya tiene debilidades de control, se mantiene operando con baja eficiencia de DBO aunque aun aceptable para complementar el riego del parque, el agua se mezcla con la de Tangamanga 1.

#### *Descripción del proceso*

El grado hasta el cual se eliminan los constituyentes microbiológicos de las aguas residuales mediante un proceso de tratamiento determinado se expresa en función de unidades logarítmicas.

Para lograr la calidad recomendada en la directriz para riego sin restricciones, se necesita reducir la concentración bacteriana al menos 4 unidades logarítmicas {10 y la concentración de huevos de helmintos, 3 unidades logarítmicas{10 al tratar las aguas residuales de los servicios municipales. Bastará sólo con la eliminación de huevos de helmintos para proteger a los agricultores contra la infección causada por éstos, pero deberán tomarse medidas de protección en el trabajo. Se puede aceptar la eliminación en menor grado si se contempla la posibilidad de adoptar otras medidas de protección de la salud o si la calidad de las aguas residuales puede mejorarse después del tratamiento, ya sea mediante dilución en aguas naturales, almacenamiento prolongado o transporte a grandes distancias en un río o un canal.

Con procesos convencionales (sedimentación simple, producción de lodo activado y uso de filtros biológicos, lagunas con aeración mecánica y zanjas de oxidación)<sup>1</sup>, a menos que se suplementen con desinfección.

La sedimentación es el proceso mediante el cual se dejan asentar por gravedad los sólidos en suspensión en las aguas negras. En el proceso de activación del lodo, las aguas negras asentadas se hacen pasar a un tanque con aeración mecánica al que se suministra oxígeno por agitación mecánica y aeración difusa. Las bacterias que crecen en este medio, junto con otros sólidos, se retiran en un tanque de sedimentación secundario y se hacen entrar de nuevo al tanque de ventilación. Esto crea una elevada concentración de flóculos biológicamente activos en dicho tanque. En la biofiltración, también conocida como filtración en pequeños chorros, las aguas residuales pasan poco a poco por una capa bien ventilada de material grueso. Una laguna aerada es una adaptación de un estanque de estabilización de desechos a la que se agrega oxígeno con aeradores mecánicos. Una zanja de oxidación es un canal en el que circulan las aguas residuales, aeradas por un rotor de gran tamaño.

### *Observaciones planta Tangamanga 2*

Cuando se efectuó la visita a T-1 no fue posible observar a detalle esta planta ya que no se encontraba el supervisor en ese momento sin embargo de lo que se pudo apreciar en forma externa fue la de una planta con algunas carencias de control, su capacidad relativamente baja, su control químico aunque con picos de DBO5 altos aun es operable, es la de mayor tiempo en servicio en el área, creo difícil poderle sacar mayor provecho con bajo costo y se recomienda continuarla operando para completar el gasto de la de T-1.

La desinfección -de ordinario mediante cloración- de las aguas negras sin tratar nunca se ha logrado a cabalidad en la práctica. Se puede emplear para reducir el número de bacterias excretadas en los efluentes de una planta de tratamiento convencional si ésta funciona bien. Sin embargo, es muy difícil y costoso mantener una tasa elevada, uniforme y previsible de eficacia en la desinfección.

En todo caso, la cloración no afectará en nada a los huevos de los helmintos. Siempre que se pueda cumplir a cabalidad con la directriz sobre la calidad de los efluentes mediante tratamiento en un estanque de estabilización bien diseñado o en un depósito de aguas residuales sin cloración, no es necesaria ni se justifica la desinfección. Algunas veces el tratamiento terciario se emplea para mejorar los efluentes del tratamiento biológico secundario donde se pretende emplearlos en agricultura y acuicultura.

En varios países se ha empleado la filtración rápida en arena con ese fin, sobre todo para poder eliminar mejor los sólidos y nutrientes en suspensión y reducir la demanda bioquímica de oxígeno, pero poco se sabe de su capacidad para eliminar los microorganismos patógenos.

La experiencia en el empleo de esta práctica para el tratamiento de agua potable indica que la reducción de las concentraciones de bacterias y virus podría ser solo nominal. Sin embargo, la eliminación de huevos de helmintos en una planta de filtración en buen funcionamiento puede ser sustancial. Se necesitan investigaciones más detalladas con el fin de determinar los resultados efectivos de la filtración rápida en arena para la eliminación de huevos de helmintos y de proporcionar directrices sobre diseño para emplear esta técnica para el tratamiento terciario de aguas residuales.

**Tabla J.4 Control químico. Planta de tratamiento Tangamanga 2**

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR		REMOCIÓN	NORMA 002/3	
		entrada	salida	%	entrada	salida
FLUJO	LPS	28,30			mg/lt	
DBO5	mg/lt	178,53	47,94	70,0	150,0	30,0
DQO	mg/lt	323,51	85,25	78,52		
SST	mg/lt	102,94	8,94	91,31	150	30,0
SSV	mg/lt	79,41	5,88	92,57		
coliformes t.	nmp	4,74E+09	12,60	100		
coliformes f	nmp	2,91E+09	7,47	100		1000,0
grasas y aceites	mg/lt	26,97	2,35	90,87	50,0	15,0
COLORO	mg/lt		0,16			
fosfatos tot	ppm	13,94	8,21			
nitrogeno amon.	ppm	12,6	0,94			
Nitrogeno tot.	ppm	15,67	2,00		40,0	15,0
huevos de helminto	org/l	0	0,00	*		
cianuros	ppm	-0,03	-0,03		2,0	
cromo tot	ppm	-0,08	-0,08		1,0	
arsénico	ppm	0,037	0,030		0,20	
Cadmio	ppm	-0,09	-0,09		0,20	
Cobre	ppm	-0,04	-0,04		4,0	
mercurio	ppm	-0,0004	-0,0004		0,01	
Níquel	ppm	-0,09	-0,09		2,0	
Plomo	ppm	PEND	PEND		0,5	
Zinc	ppm	PEND	PEND		10,0	

Nota : estos valores son los promedios del mes de junio 2004

#### 4.3 Planta Norte

- Capacidad de diseño 410 lps
- Capacidad de operación 280 lps
- Proceso de tratamiento : secundario con lagunas aireadas facultativas
- Año de arranque 2002
- Calidad del agua tratada : con baja eficiencia de remoción de contaminantes el DBO de salida del efluente es mayor del esperado
- Eficiencia DBO 75 %
- Utilización del agua : riego agrícola de la zona

Esta planta ocupa 4 lagunas de aireación con una área de 18 has. y son agitadas por un tren de 13 turbinas, la capacidad de la planta se puede llevar hasta 600 lps pero no se dispone del afluente necesario y esto representa una perdida de eficiencia operativa ya que el costo por m<sup>3</sup> procesado para este tipo de plantas es relativamente el mismo a baja que a alta capacidad.

Los lodos se estima sean removidos cada 5 años aunque a la fecha no se ha llevado a cabo la primera remoción.

El mantenimiento se ve bien así como la operación de la planta, en cuanto el control químico con algunas limitaciones, sin embargo la función de la planta se lleva a cabo sin complicaciones y cumple con la función específica por la que fue diseñada.

**Tabla J.5 Control químico. Planta de tratamiento Planta Norte**

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR		REMOCIÓN %	NORMA 002	
		entrada	salida		entrada	salida
FLUJO	lps	280,0			mg/lt	
DBO5	ppm	210,68	65,14		150,0	30,0
DOO	ppm	404,87	119,10			
SST	ppm	192,35	37,53		150,0	30,0
SSV	ppm	107,84	32,24			
coliformes t.	nmp	3,76E+09	33,31			
coliformes f	nmp	3,22E+09	24,44			1000
grasas y aceites	ppm	16,94	2,76		50,0	15,0
CLORO	mg/lt					
Fosfatos tot	ppm	14,18			20	
nitrogeno amon.	ppm	14,17	18,61			
nitrogeno tot.	ppm	23,84	29,34		40,0	15,0
huevos de helm.	org/l	0	0,00		1	
cianuros	ppm	-0,03	-0,03		2,0	
Cromo tot	ppm	-0,08	-0,08		1,0	
arsénico	ppm	0,036	0,008		0,20	
cadmio	ppm	-0,09	-0,09		0,20	
cobre	ppm	-0,04	-0,04		4,0	
mercurio	ppm	-0,0004	-0,0004		0,01	
níquel	ppm	-0,09	-0,09		2,0	
plomo	ppm	0,047	0,00		0,5	
zinc	ppm	0,24	-0,11		10,0	

**Nota** : estos valores son los promedios del mes de junio 2004

Existen algunas posibilidades de resolver el problema de contaminación con las llamadas tecnologías apropiadas. Pero ello nos obliga a cambiar el enfoque, ya no podemos pensar en tratar y desinfectar las aguas (sistema convencional) y resolver de una vez los problemas ecológico y de salud.

Debemos pensar en resolver primero el problema de los patógenos (es decir el problema de salud), reteniendo las aguas residuales en estanques llamados lagunas de estabilización o en estanques con lirios u otras plantas acuáticas. Una posibilidad es combinar el uso de **lagunas facultivas** con lagunas anaeróbicas ó con reactores anaeróbicos de flujo ascendente.

Las lagunas de estabilización se comenzaron a usar en América Latina en 1958 para el tratamiento de aguas residuales, teniéndose mucho más éxito que con las plantas convencionales. Se considera que en 1993 existen más de 3,000 lagunas de estabilización en América Latina y el Caribe. Su uso se popularizó y la gran mayoría de las lagunas construidas continúan operando. Sin embargo, el uso de lagunas de estabilización obligó a romper con algunas tradiciones del tratamiento, entre ellas la guía "30/30" muy usada en los países desarrollados, que establece que los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben tener una DBO y una concentración de sólidos suspendidos menor de 30 mg/L. Los efluentes de las lagunas de estabilización no logran una concentración tan baja de sólidos suspendidos pero en cambio pueden llegar a tener calidades microbiológicas muy buenas.

Una laguna aerada es una adaptación de un estanque de estabilización de desechos a la que se agrega oxígeno con aeradores mecánicos.

Si lo que queremos es proteger la salud pública, las lagunas son una herramienta excelente. Si las aguas residuales de una población son lanzadas a una laguna, la concentración de patógenos comienza a decrecer conforme pasa el tiempo.

La sedimentación es el proceso mediante el cual se dejan asentar por gravedad los sólidos en suspensión en las aguas negras. En el proceso de activación del lodo, las aguas negras asentadas se hacen pasar a un tanque con aeración mecánica al que se suministra oxígeno por agitación mecánica y aeración difusa. Las bacterias que crecen en este medio, junto con otros sólidos, se retiran en un tanque de sedimentación secundario y se hacen entrar de nuevo al tanque de ventilación. Esto crea una elevada concentración de flóculos biológicamente activos en dicho tanque.

En la biofiltración, también conocida como filtración en pequeños chorros, las aguas residuales pasan poco a poco por una capa bien ventilada de material grueso. Una laguna aerada es una adaptación de un estanque de estabilización de desechos a la que se agrega oxígeno con aeradores mecánicos. Una zanja de oxidación es un canal en el que circulan las aguas residuales, aeradas por un rotor de gran tamaño.

Los estanques de estabilización de desechos son, por lo general, el método preferido de tratamiento de aguas residuales en los climas cálidos donde la tierra tiene un costo razonable. Se puede construir una serie de estanques con un tiempo total de retención de 8 a 10 días para eliminar los helmintos en la debida proporción, pero en los climas cálidos se necesita, como mínimo, el doble de ese tiempo para reducir el número de bacterias a la concentración indicada en la directriz. La presencia de las etapas larvales de los nemátodos en estado libre, algunas veces en elevados números, en los efluentes de estanques de estabilización no reviste importancia para la salud pública porque esos microorganismos no son patógenos para el ser humano, se puede emplear una serie de estanques para poder cumplir con las pautas recomendadas, pero esta es sólo una de las muchas ventajas de tales sistemas. El único inconveniente de los sistemas de estanques es la superficie relativamente amplia que exigen, pero eso se exagera a veces. Además, la tierra de las afueras de una ciudad en expansión puede ser una inversión que valga la pena. En cualquier lugar, es preciso calcular y comparar cuidadosamente los costos permanentes de los diversos sistemas de tratamiento.

#### *Observaciones planta norte*

La planta norte requiere llevarla a su máxima capacidad de diseño ya que su operación es de solo el 60 % de la capacidad nominal, al parecer se tienen problemas técnicos para poder disponer de todo el afluente requerido, su operación es aceptable aunque no se puede esperar de este tipo de procesos de lagunas facultativas una calidad de salida demasiado buena, aunque el efluente actual tiene una calidad buena en lo general

#### **4.4 Planta zona industrial del Potosí**

- Capacidad de diseño 75 lps
- Capacidad de operación 35 lps
- Proceso: secundario de lodos activados
- Año de arranque 1998
- Calidad del agua tratada : aceptable de acuerdo al tipo de proceso
- Eficiencia DBO 92 %
- Utilización del agua: reuso parcial en procesos industriales

Esta planta opera con un tratamiento de 40 % de agua sanitaria y un 60 % de agua residual, aprox reciben agua de 18 plantas industriales para su reuso.

Su proceso consiste en las siguientes secciones: rejillas para separación de objetos de gran tamaño, medidores de flujo, reactor aeróbico de contacto, sedimentadotes, recirculación de lodos, clarifloculador, filtro de arena, cloración y almacenamiento del efluente.

- Cumplen con la norma NOM 003 sin problemas
- El afluente de alimentación proviene del río Españaíta
- Control químico agua de salida.
- Ph 7.3
- Conductividad: 800
- DQO:40/-50 mg/lit
- DBO: no proporcionaron el dato
- Turbidez; 6 unid.
- SST: 8.0 mg/lit

#### *Observaciones*

Planta con buena operación y mantenimiento, está por debajo de la capacidad de diseño, es decir con un 50 %, lo cual es bajo por los costos sobre todo, al parecer su sistema de comercialización es un poco deficiente para generar una mayor captación de clientes interesados en el reuso del agua.

Dentro de la información que quedo pendiente es el costo del m<sup>3</sup> de agua tratada, su control químico es deficiente por la cantidad de información de análisis que no tienen y este es un punto de mejora.

#### **4.5 Planta del club de golf**

- Capacidad de diseño : 40 lps
- Capacidad de operación 25 lps
- Proceso de tratamiento : lodos activados SBR
- Eficiencia DBO 80 %
- Utilización del agua : riego del campo de golf

Proceso: adecuado para el servicio que se da, esta planta es propiedad de los dueños del club campestre y se opera en forma particular también, llevando un control bueno de sus parámetros, la apariencia del agua es ligeramente amarillenta aunque no afecta al riego que se tiene, se operan los 3 turnos del día.

#### *Proyecto de nueva planta*

Esta misma compañía del club de golf esta construyendo una nueva planta de tratamiento de aguas residuales en el área “ las lomas “ con un proceso similar y una capacidad de 80 lps, lo cual vendrá a mejorar en un buen porcentaje el tratamiento de aguas de la cd.



## 5. Evaluación del sistema de tratamiento “tanque tenorio”

El tanque tenorio es una laguna de captación de aguas residuales proveniente de los Gómez Libertad, río Españita, Rivera y área industrial, su capacidad de captación original era de 2.6 millones de m<sup>3</sup>, pero actualmente dispone de solo el 50 o 60 % por el azolve que presenta, la recepción de aguas residuales actualmente es de 1050 lps y toda el agua que se recibe es utilizada para riego de 400 has. de alfalfa de la región aledaña, en un momento dado este efluente se puede derivar a otras áreas de acuerdo a las necesidades. Actualmente se esta construyendo una planta con tecnología Francesa de Degremont para efectuar dos pasos de proceso del efluente residual que serán:

- a).- Un proceso primario avanzado que maneje 600 lps los cuales serán regresados a los agricultores para el riego agrícola (básicamente alfalfa)
- b).- Un proceso secundario biológico y fisicoquímico para proporcionar 450 lps a la termoeléctrica de la CFE instalada en villa de reyes para su sistema de agua de enfriamiento, el agua tratada se enviara por una tubería de 1 m. de diámetro conduciéndola hasta su localidad.

La termoeléctrica Villa de Reyes actualmente consume agua del acuífero por alrededor de 12 millones de m<sup>3</sup> al año teniendo una descarga de 3.5 Mm<sup>3</sup>/año; actualmente consumen agua del acuífero vía una batería de 11 pozos misma que se evitara al suministrarle el agua de la planta de tratamiento

### 5.1 planta de tratamiento del tanque Tenorio

- Tecnología: Degremont
- capacidad de diseño :1800: lps
- capacidad de operación: 1050 lps
- agua exportada a la termoeléctrica: 450 lps
- agua para riego agrícola: 600 lps

Proceso: dos etapas simultaneas: la primera sección que tratara el agua de riego es un primario avanzado y la otra sección es un secundario avanzado fisicoquímico. Calidad de agua tratada esperada de diseño: DBO 20 mg/lt ,sílice 85 mg/lt conductividad 800 Mmhos/cm.

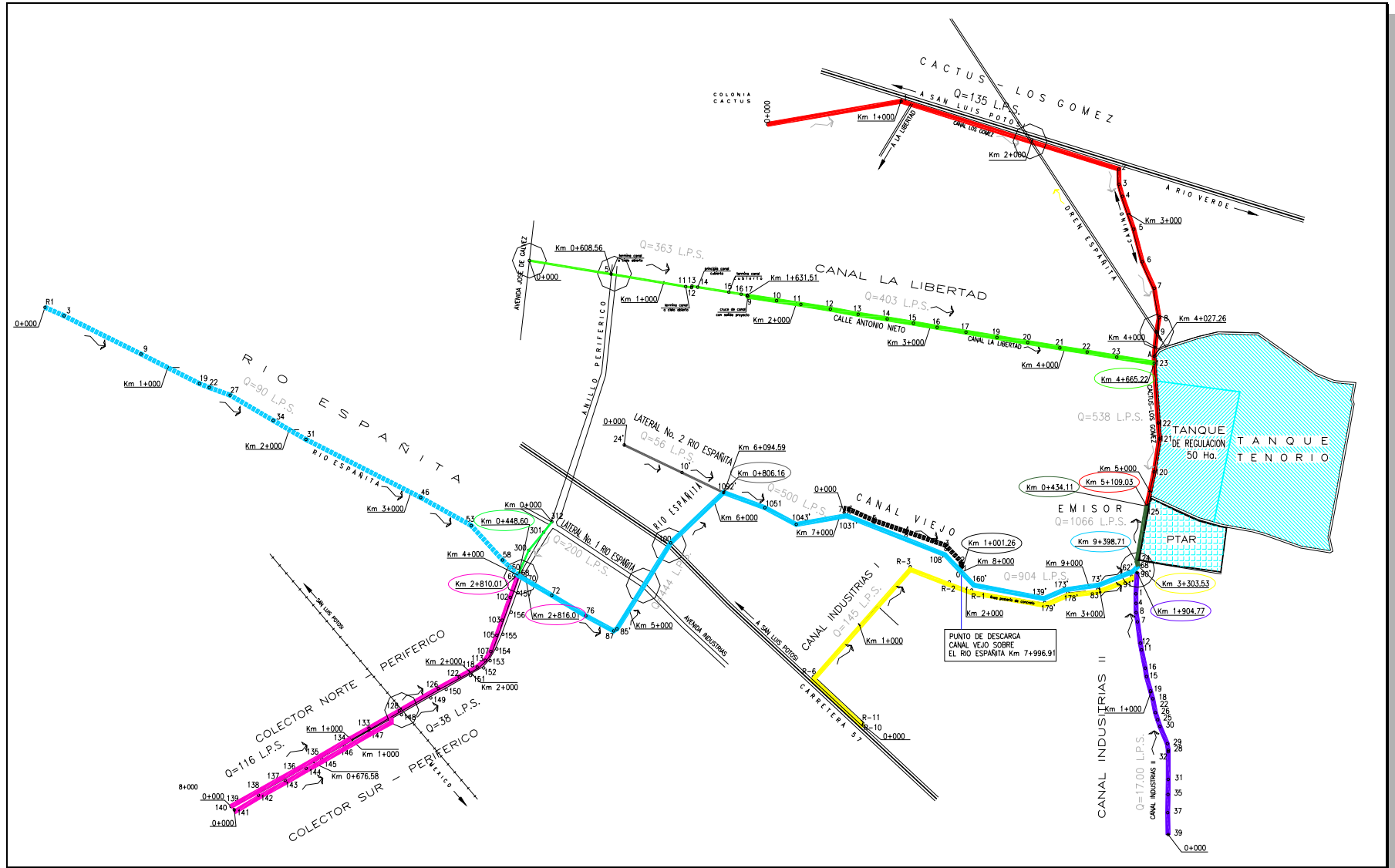
- Costo del agua tratada 9.0 \$/m<sup>3</sup>
- Costo que pagara CFE 7.80 \$/m<sup>3</sup>
- Distancia de la conducción de tubería a Villa de Reyes 38 kms.

#### *Observaciones*

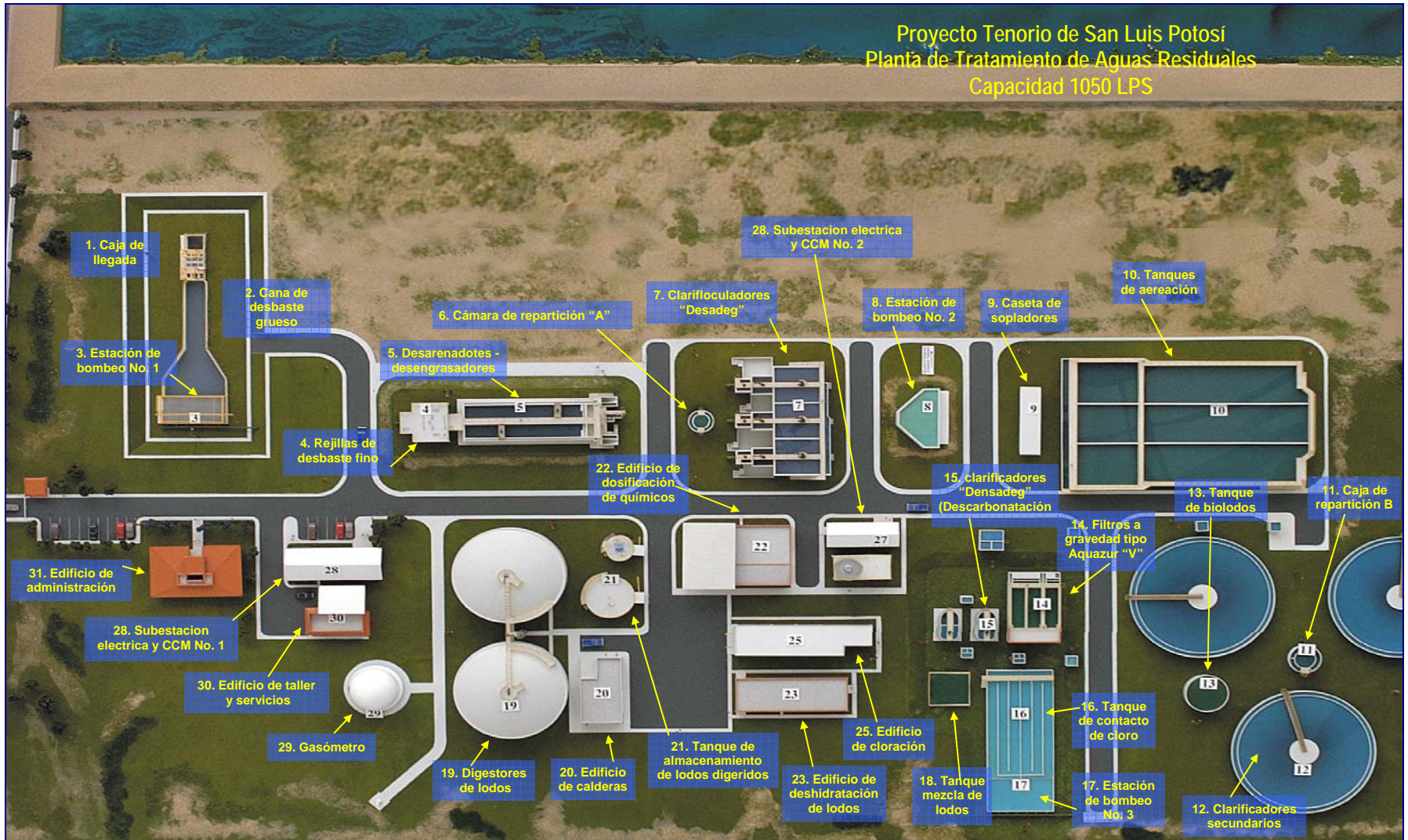
El proceso es el adecuado a las necesidades de CFE el cual requiere un agua estable que no produzca depósitos con bajo contenido de sílice y conductividad con el fin de evitar depósitos en su equipo de enfriamiento, la planta degremont es susceptible de operarse a una capacidad de 60 % mas que la de operación establecida lo cual la hace con una amplia cobertura de manejo. Con la puesta en marcha de esta planta se tendrá un alcance de tratamiento en la cd. de casi el 90 % lo cual es excelente y superara con creces la expectativa sobre todo si se compara con otras ciudades del país.



Figura J.3 Colectores del tanque tenorio



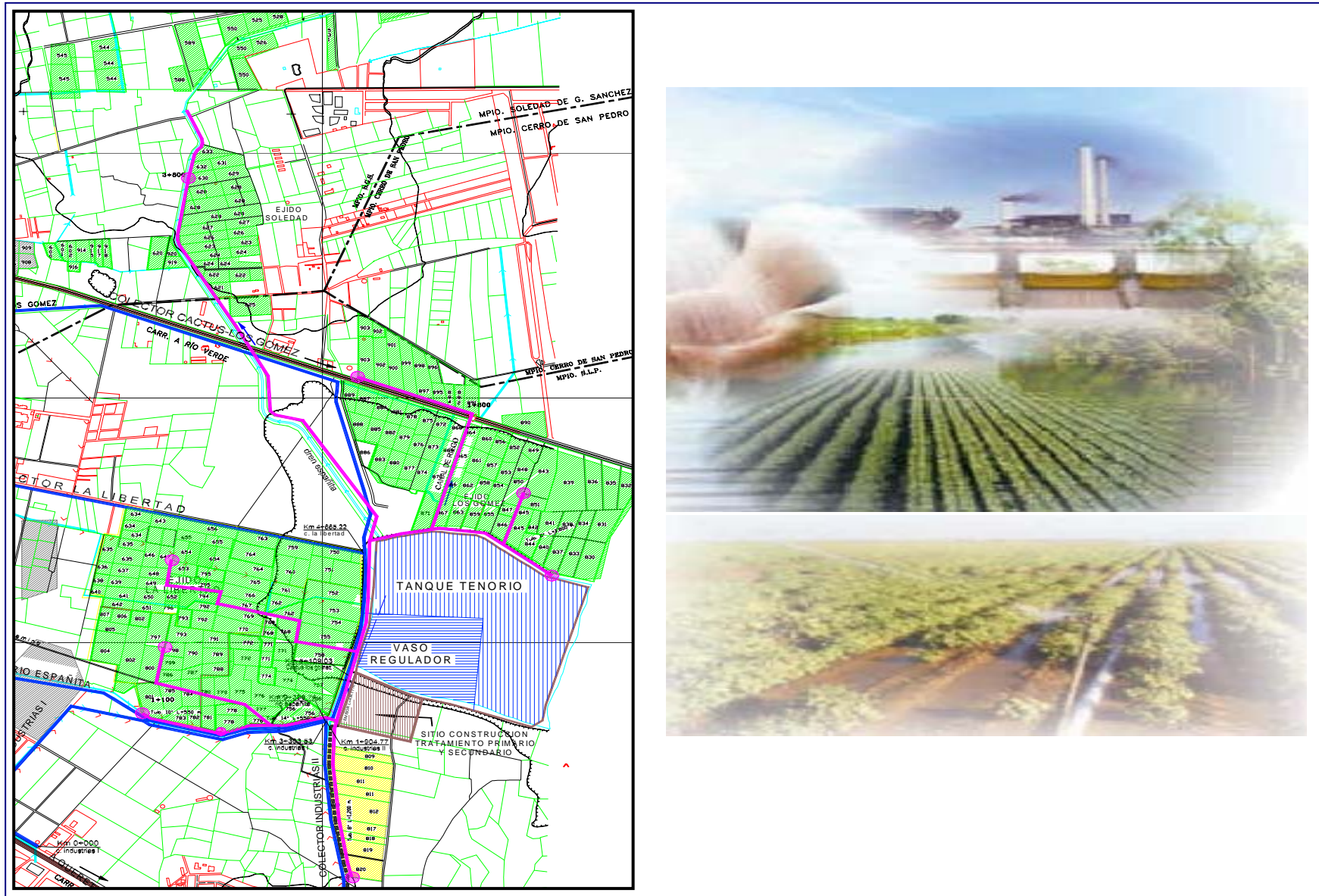
**Figura J.4 Proyecto Planta Tenorio – San Luis Potosí**



**Figura J.5 Vista panorámica proyecto Planta Tenorio – San Luis Potosí**



Figura J.6 Sistema de Riego Tanque Tenorio



**Tabla J.6 Calidad del agua residual de alimentación al proceso del tanque tenorio**  
**Características fisicoquímicas de agua residual**

PLANTA	Fecha de inicio de operación	Caudal L.P.S.	% Acumulado de Cobertura	Situación
CLUB DE GOLF	1998	25	2.79	En Operación
INDUSTRIAS I	1998	25	4.06	En Operación
TANGAMANGA I	1997	130	11.68	En Operación
NORTE	2002	400	31.98	En Operación
TENORIO – VILLA DE REYES		1,050	85.28	Arranque estimado: enero 2005
EL MORRO		250	97.46	Proyecto a futuro
IMMSA		40	100.00	En planeación

**Tabla J.7 Calidad del agua del efluente de la planta de aguas residuales del tanque tenorio**

PARÁMETRO	UNIDAD	CONCENTRACIÓN PROMEDIO	
		MENSUAL	DIARIO
Grasas y Aceites	mg/l	15.00	25.00
Materia flotante	-	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	mg/l	1.00	2.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	150.00	200.00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	150.00	200.00
Nitrógeno Total (N)	mg/l	40.00	60.00
Fósforo Total (P)	mg/l	20.00	30.00
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000.00	2000.00
Huevos de Helminto	Org/l	5.00	5.00
Arsénico (As)	mg/l	0.20	0.40
Cadmio (Cd)	mg/l	0.20	0.40
Cianuros (Cn)	mg/l	1.00	3.00
Cobre (Cu)	mg/l	4.00	6.00
Cromo (Cr)	mg/l	1.00	1.50
Mercurio (Hg)	mg/l	0.01	0.02
Níquel (Ni)	mg/l	2.00	4.00
Plomo (Pb)	mg/l	0.50	1.00
Zinc (Zn)	mg/l	10.00	20.00

## 6. Evaluación de las plantas zona industrial

La descarga de aguas provenientes de las industrias no se ha evaluado de una manera técnicamente confiable pero se tiene el dato de que el área industrial consume entre el 10 y el 12 % del agua del acuífero esto hace suponer una descarga de aprox. 250 a 280 lps. Esto representa que la capacidad disponible instalada en la planta industrial no será suficiente para manejar todo el gasto de descargas de aguas industriales requiriéndose el proyecto de plantas nuevas y con el proceso adecuado para sustentar y manejar el desecho industrial.

Entre las empresas que disponen de tratamiento primario o secundario en el área industrial de San Luis Potosí se tienen las siguientes: (i) Mexinox con 7.5 lps; (ii) Derivados acrílicos con 17.2 lps; (iii) Herdez S.A. con 6.75 lps; (iv) Leiser con 3.4 lps; (v) Cummins con 3.6 lps.

La meta a seguir será que se pueda separar el drenaje industrial del sanitario con el fin de disminuir la contaminación del acuífero

#### SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE SAN LUIS POTOSÍ

- Tres zonas de descarga de aguas residuales:
  1. Norte
  2. Tanque tenorio; y
  3. El- morro
- Tres colectores principales:
  1. Emisor norte
  2. Río española
  3. Colector general
- Producción estimada de aguas residuales: 2170 lps
- Cinco plantas de tratamiento de aguas residuales existentes:
  1. Tangamanga 1
  2. Tangamanga 2
  3. Planta norte
  4. Club de golf
  5. Zona industrial
- 62 Plantas privadas de diferente capacidad
- Capacidad actual de tratamiento de aguas residuales: municipales 470 lps

## 7. Control de la descarga industrial

Como se vio anteriormente la descarga de aguas industriales para fines prácticos aun esta sin un control estricto en sus contaminantes, descargándose al drenaje municipal en su mayor parte lo que requiere un posterior tratamiento y costo por parte del gobierno, en este punto la solución es la de independizar los canales de aguas residuales e industriales con la instalación por parte de los mismos de su planta de tratamiento que deberán operar de acuerdo a la calidad del agua que requieran.

**Figura J.8**





En México, sólo 25% de las aguas que desechan centros urbanos y 8% de las que vierten las industrias recibe algún tratamiento. A pesar de la urgencia de atender este rezago, de programas y decretos, de estímulos e innovaciones tecnológicas, los cambios son lentos y escasos.

Ahora bien, la existencia de las plantas de tratamiento no garantiza el saneamiento adecuado de las aguas residuales. Según datos de la CNA, entre los organismos operadores de agua y saneamiento autorizados en municipios con más de 50,000 habitantes, al menos 125 de ellos rebasan los límites máximos permisibles de contaminantes en sus descargas. Asimismo, 902 de las 1,405 plantas de tratamiento de aguas industriales no cumplen con la normatividad

### **7.1 Vertidos industriales**

La industria emplea sólo 24% de la dotación nacional de agua, sin embargo, genera una contaminación orgánica equivalente a tres veces la que producen todos los centros de población. Del volumen de líquido que recibe, 15% lo consume y el resto lo convierte en descargas tóxicas.

Los sectores que incorporan las mayores cantidades de contaminantes en sus aguas residuales son las industrias azucarera, de bebidas y alimentos, de celulosa y papel, siderúrgica, del petróleo y petroquímica, minero-metalúrgica, química y textil. Prácticamente todos generan aguas de desecho con demanda bioquímica de oxígeno (DBO, el parámetro representativo de la contaminación orgánica), demanda química de oxígeno y sólidos suspendidos y disueltos.

A esos contaminantes, la producción de azúcar añade fenoles; la de bebidas, coliformes y compuestos nitrogenados; la de alimentos, coliformes totales y fecales, grasas y aceites; la de celulosa y papel, colorantes, coliformes, lignina disuelta y haluros orgánicos absorbibles; la de petróleo, petróleo crudo, sulfuros, amoníaco y alteración del pH; la industria minero-metalúrgica, soluciones de cianuro de sodio, modificación del pH y metales pesados, y la textil, colorantes, cambios en el pH y la temperatura, metales pesados y sulfatantes.

En las regiones Golfo Centro, Lerma-Santiago-Pacífico y Valle de México se concentran las empresas que consumen 72% de toda el agua destinada a la industria, y que a su vez desechan 70% de toda la carga contaminante procedente de las industrias.

Hasta diciembre del 2001, el inventario de plantas de tratamiento de aguas residuales industriales reportó 1,405 instalaciones. De ellas, 479 realizan tratamiento primario, es decir, remoción de materia flotante y sedimentos en un total de 11,191 L/s. Estas plantas se encuentran sobre todo en Veracruz y, en mucha menor medida, en Baja California y Michoacán. Otras 865 plantas efectúan tratamiento secundario (sedimentación de materia orgánica) sobre un volumen de 13,879 L/s, sobre todo en Veracruz, Nuevo León e Hidalgo. Finalmente, 61 plantas dan procesamiento terciario a 282 L/s para volverlos potables. Esto ocurre en especial en el Estado de México.

Las empresas grandes sí tratan sus aguas residuales, debido al esquema de costos del agua, a muchas industrias les resulta más barato pagar multas en vez de sanear sus vertidos. Es necesario buscar soluciones sectoriales y crear no sólo redes de agua potable sino también de agua tratada, así como dar ventajas económicas a los industriales que promuevan el uso de esta última.

## 7.2 Aspectos tarifarios

A escala nacional, los municipios generan 202 m<sup>3</sup> de aguas residuales cada segundo, y sólo 25% de ese caudal recibe algún tratamiento. Cifras oficiales estiman que, en su conjunto, las industrias reciben 65 m<sup>3</sup>/s y sólo tratan 8% de las aguas que desechan.

Hay un campo enorme donde se puede actuar, siempre y cuando se eliminen los subsidios. Para contar con un sistema eficiente y rentable de tratamiento de aguas residuales es necesario que el líquido depurado encuentre consumidores dispuestos a pagar su precio. Esto no ocurrirá mientras los ciudadanos reciban el agua a un mínimo costo y a muchas empresas les resulte más barato tomar el líquido de la llave, aunque no la requieran potable para sus procesos productivos.

Uno de los mayores impedimentos para el desarrollo de un mercado del agua es el esquema de precios imperante. Las tarifas están muy castigadas en muchos lugares, ni siquiera proporcionan los ingresos para operar el sistema de agua potable. Por otro lado, las plantas de tratamiento representan de 35% a 70% de los costos de operación. O sea que, al incorporar este servicio, independientemente de la inversión realizada, se deben aumentar en ese porcentaje las tarifas de agua para poder operar las plantas”, Entregar 1 m<sup>3</sup> de agua potable a la población de zonas urbanas cuesta en promedio seis pesos, pero vía tarifa se cobra a tres pesos y sólo paga la mitad de los usuarios.

Durante 2001, la recaudación por servicios de dotación de agua ascendió a 13,726 mdp. Las entidades con mayor ingreso fueron el Distrito Federal, con 2,233.7 mdp; Nuevo León, con 1,767.9 mdp; Baja California, con 1,442.8 mdp; Estado de México, con 1,247 mdp, y Jalisco, con 993.8 mdp. A escala nacional, la cobertura del servicio alcanzó a 69,826,221 personas. La CNA calcula que cada habitante pagó ese año 196.58 pesos y que por cada m<sup>3</sup> de líquido se recaudaron 1.73 pesos.

La media nacional revela el desorden tarifario, sobre todo al comparar las variaciones. Mérida, por ejemplo, cobra 0.28 pesos/m<sup>3</sup> de agua y recibe 92 pesos al año por cada beneficiario. Similares son los casos de Puebla, con 0.92 pesos/m<sup>3</sup> y 88.58 pesos por habitante; Morelia, con 0.96 pesos/m<sup>3</sup> y 156.33 pesos por persona, y Cuernavaca, con 0.96 pesos/m<sup>3</sup> y 206.31 pesos por individuo.

En general, las autoridades locales se oponen al incremento de tarifas, pero tampoco existe algún esquema municipal, estatal o federal que apoye o subsidie al organismo operador de agua y saneamiento para que éste pueda efectuar un trabajo eficiente.

En contraposición está el caso de Monterrey, municipio que da tratamiento a la totalidad de sus aguas residuales. La clave está en el esquema de precios y en una rigurosa observancia de las normas oficiales. Tan sólo esta ciudad recolectó 1,718 mdp por agua durante 2001, 12.5% de la recaudación nacional. Su población atendida por la dotación de agua es de 3,040,204 personas, 4.3% de la población nacional. Ese año, el municipio cobró 6.23 pesos/m<sup>3</sup> de agua y un promedio de 565 pesos por habitante.

Son pocas las ciudades donde se da este equilibrio entre costo por m<sup>3</sup> y pago anual por habitante. Algunas de ellas son Cancún (5.19 y 733, respectivamente), Playa del Carmen (5.96 y 2,847), Toluca (5.99 y 683), Tijuana (8.22 y 618) y Ensenada (7.20 y 541). Les sigue de cerca Querétaro (3.33 y 328).

Cuando no existe semejante correspondencia es difícil establecer y mantener un sistema eficaz de tratamiento de aguas residuales. Es el caso de las ciudades de Guanajuato, donde la recaudación por líquido es elevada pero no así la concerniente a cada habitante, que permanece por debajo de la media nacional. En la ciudad de Guanajuato, por ejemplo, es de 14.61 pesos/m<sup>3</sup> y 193 pesos por persona. En Silao, de 17.31 y 125 pesos, respectivamente; en San Miguel Allende, de 8.21 y 104; en Salamanca, de 8.43 y 69.81. Un desajuste inverso es el del Distrito Federal, donde se ha incrementado la recaudación por habitante a un promedio anual de 421 pesos, pero el cobro por m<sup>3</sup> se mantiene bajo, en 2.07 pesos.

El establecimiento de un mercado de aguas tratadas, requiere la suma de varios factores. Por un lado, contar con los recursos de inversión necesarios; por otro, enfrentar políticamente el costo del agua. Como complemento, debe haber una política de mayor eficiencia y costo real de aguas para uso agrícola, pues “a esa actividad se destina 77% de los caudales nacionales, mismos que se desperdician hasta en 70%, mientras otros países como Estados Unidos o Israel poseen una elevada eficiencia, lo cual hace sus productos más competitivos”.

## 8. Conclusiones y recomendaciones

-Se sugiere que el organismo operador mejore los procedimientos técnicos de medición de flujos en general, con el fin de contar con un soporte adecuado para establecer las mejoras a las mediciones actuales tienen una incertidumbre de +/- 20 %

-salvo la futura planta de tratamiento del tanque tenorio, las demás no cuentan con un control actualizado de operación del proceso y de control químico presentado deficiencias que son susceptibles de mejora, aquí valdría la pena efectuar un análisis más detallado por planta para efectuar las mejoras correspondientes.

-Se recomienda solicitar a los organismos operadores, efectuar una corrida de prueba de al menos una semana para evaluar la capacidad máxima de las plantas y así poder definir cual es la expectativa de incremento en el tratamiento de aguas.

-El proyecto en un futuro cercano deberá ser completar el tratamiento del 100 % de aguas residuales para evitar más contaminación del acuífero

Con la puesta en marcha de la planta tenorio y la nueva planta actualmente en construcción de las lomas se podrá llegar a un 85-90 % de capacidad instalada en el área de la cd, de San Luis Potosí, lo cual representa un muy buen porcentaje comparado al de otras ciudades

**Tabla J.8 Índice de calidad del agua, 1998**

Calidad del agua en estaciones de medición de agua superficial <sup>1</sup> por región			
Región <sup>2</sup>	Condición más común	Porcentaje <sup>3</sup>	Índice promedio <sup>4</sup>
Península de Baja California	Contaminada	62.50	55.70
Noroeste	Contaminada	67.48	61.03
Pacífico norte	Contaminada	75.00	60.03
Balsas	Contaminada	48.78	60.95
Pacífico sur	Contaminada	77.78	60.89
Río Bravo	Contaminada	62.12	61.12

Calidad del agua en estaciones de medición de agua superficial <sup>1</sup> por región			
Región <sup>2</sup>	Condición más común	Porcentaje <sup>3</sup>	Índice promedio <sup>4</sup>
Cuencas centrales del norte	Contaminada	75.00	64.48
Lerma-Santiago Pacífico	Contaminada	52.56	60.34
Golfo norte	Contaminada	44.89	59.02
Golfo centro	Contaminada	77.77	61.66
Frontera sur	Contaminada	71.42	61.74
Península de Yucatán	Contaminada	90.00	56.58
Valle de México	Excesivamente contaminada	54.54	32.49
<b>Nacional</b>	<b>Contaminada</b>	<b>58.44</b>	<b>60.75</b>
Calidad del agua en estaciones de medición de agua subterránea <sup>5</sup> por entidad federativa			
Entidad federativa	Condición más común	Porcentaje <sup>3</sup>	Índice promedio <sup>4</sup>
Baja California	Levemente contaminada	100	73.01
Baja California Sur	Excesivamente contaminada	100	31.64
Campeche	Fuertemente contaminada	100	44.08
Colima	Contaminada	100	58.26
Comarca Lagunera	Fuertemente contaminada	94.7	49.7
Durango	Levemente contaminada	33.33	75.66
	Fuertemente contaminada	33.33	46.74
Guanajuato	Contaminada	85.71	60.34
Morelos	Levemente contaminada	75	74.5
Nayarit	Contaminada	100	65.82
Quintana Roo	Excesivamente contaminada	100	25.58
San Luis Potosí	Fuertemente contaminada	57.2	45.88
Yucatán	Contaminada	50	59.29
	Fuertemente contaminada	50	49.69
Zacatecas	Contaminada	85.71	46.3

NOTAS

<sup>1</sup> La red de medición de calidad del agua en cuerpos de agua superficiales incluye, entre otros, 393 estaciones en 225 ríos y 81 estaciones en 62 lagos y presas.

<sup>2</sup> Región administrativa de la Comisión Nacional del Agua.

<sup>3</sup> Porcentaje de las estaciones de medición por región que presentan la condición más común de calidad del agua aquí reportada. El 100 % de las estaciones se distribuye en las siguientes categorías de calidad del agua: Excelente, Aceptable, Levemente contaminada, Contaminada, Fuertemente contaminada, Excesivamente contaminada.

<sup>4</sup> Promedio del índice de calidad del agua correspondiente a las estaciones de medición de cada región.

<sup>5</sup> La red de medición de calidad del agua en cuerpos de agua subterráneos consta de 228 estaciones en 24 acuíferos. Tales estaciones se distribuyen en 12 entidades federativas y en la Comarca Lagunera.

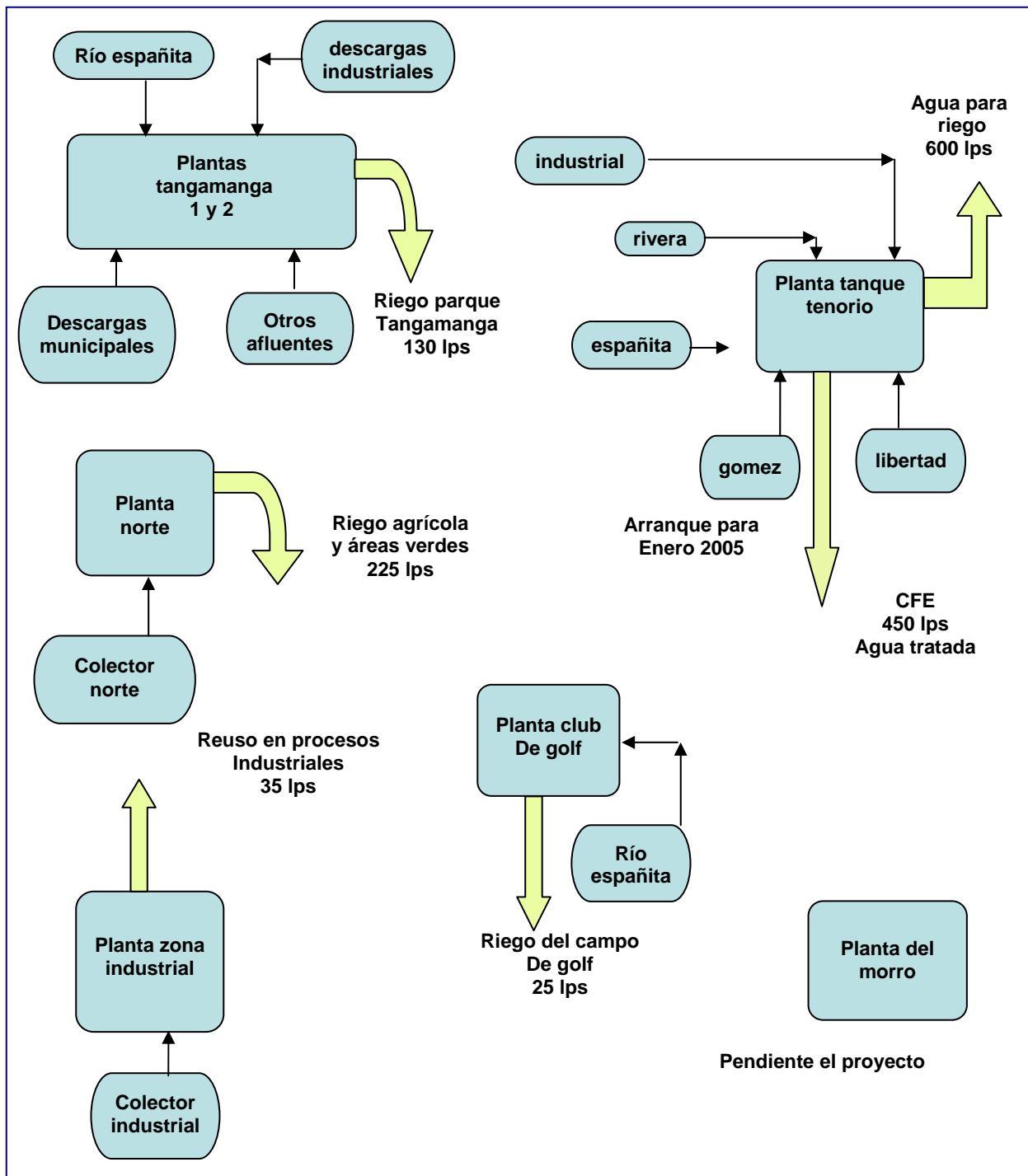
Nota: El índice de calidad del agua toma valores entre 0 y 100, representando este último la mejor calidad del agua.

Fuente: Semarnap, Comisión Nacional del Agua, 1999.

En el sector industrial se tienen los siguientes puntos de mejora:

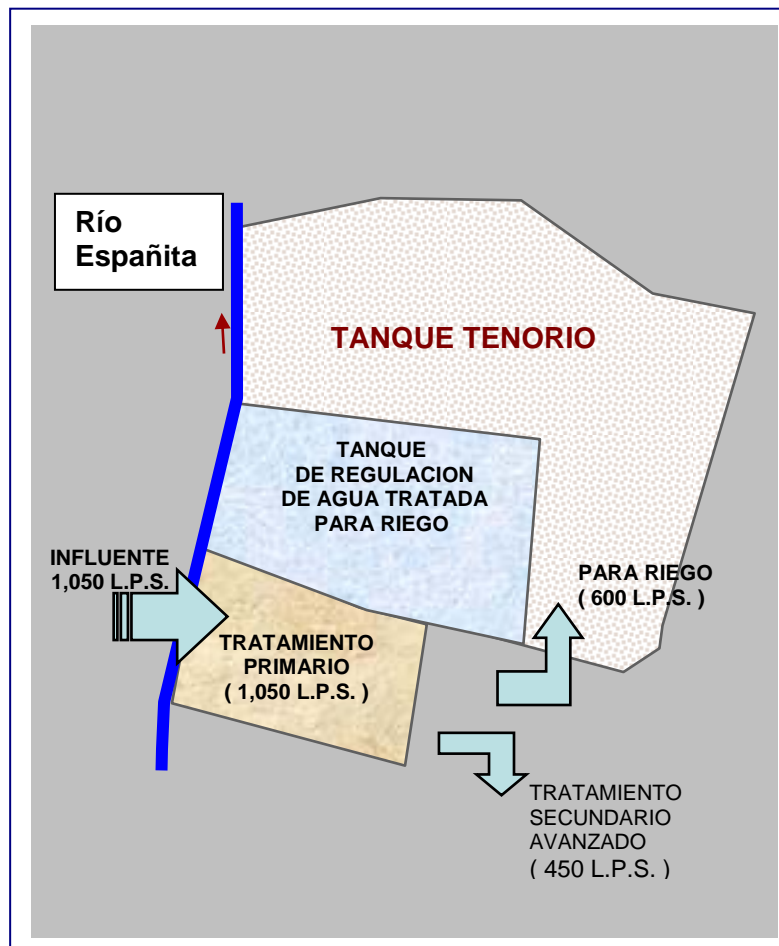
- escasez de recursos
- hay incertidumbre en los proyectos a largo plazo
- cobros arbitrarios
- inadecuado desalojo de aguas residuales
- mezcla de drenajes de salida de aguas con la descarga municipal

## Apéndice J.1 Balance de plantas de tratamiento de aguas residuales en San Luis Potosí





## Apéndice J.2 Proyecto de aguas residuales Tanque Tenorio



- capacidad de diseño 1,800 l.p.s.
- Tratamiento Primario Avanzado= 600 L.p.s.
- Tratamiento Secundario Avanzado= 450 L.p.s. Proceso Biológico, Físico-Químico

### REUSO DE AGUA TRATADA

- 450 L.p.s., para uso industrial En las torres de agua de enfriamiento de la CFE
- 600 L.p.s. para Riego Agrícola de la región





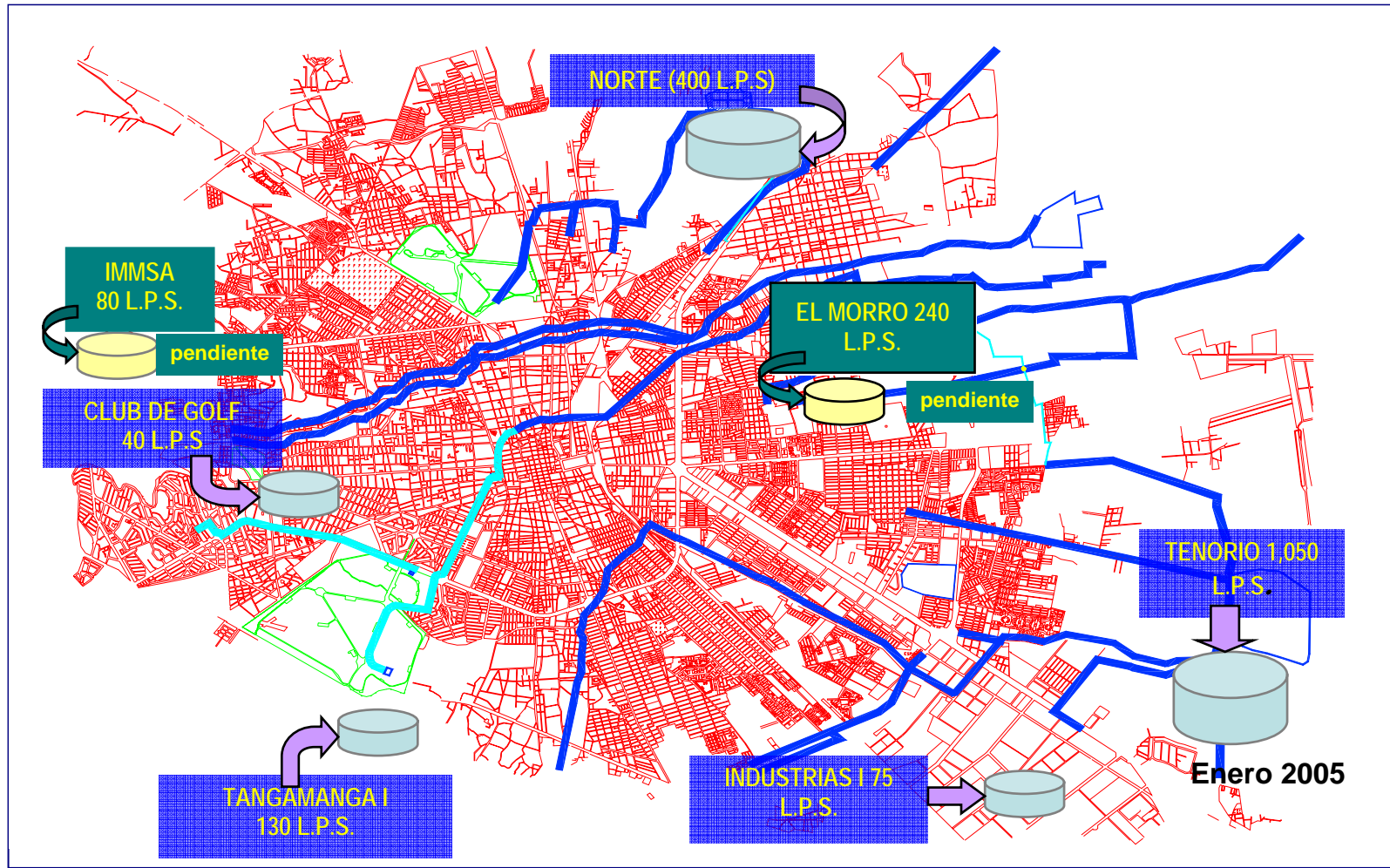
### Apéndice J.3

#### Plantas de tratamiento de aguas residuales en San Luis Potosí

PLANTA	Fecha de inicio de operación	Caudal L.P.S.	% Acumulado de Cobertura	Situación
CLUB DE GOLF	1998	25	1.2	En Operación
INDUSTRIAS I	1998	35	1.6	En Operación
TANGAMANGA I	1997	130	6.2	En Operación
NORTE	2002	280	13.3	En Operación
TENORIO – VILLA DE REYES	2005	1,050	50.0	Arranque estimado para enero 2005
EL MORRO	PEND	250	4.7	Proyecto a futuro
IMMSA	PEND	40	1.9	En planeación

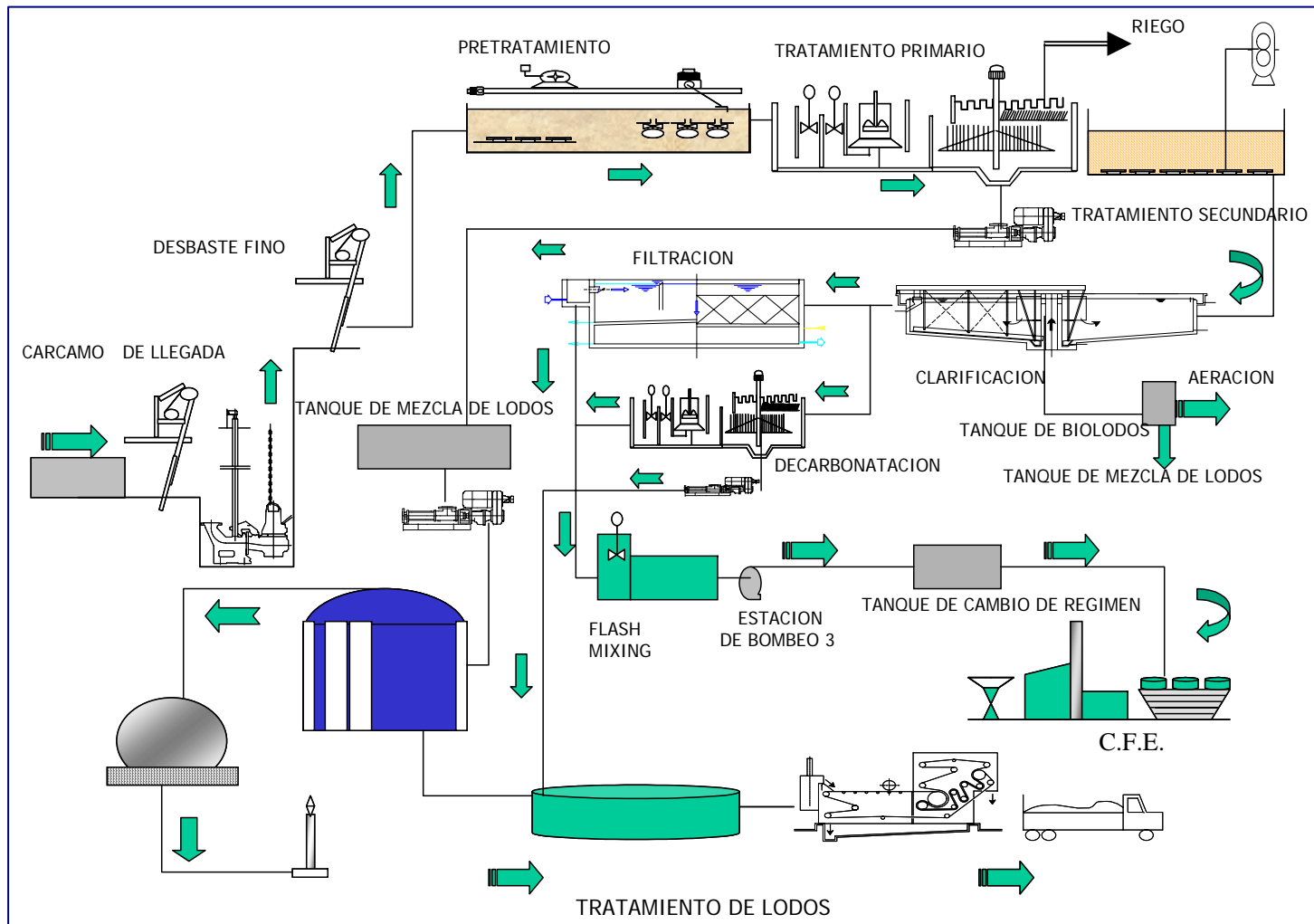


### Apéndice J.4 Plantas de tratamiento de aguas residuales en San Luis Potosí





## Apéndice J.5 Planta de tratamiento de aguas residuales del Tanque Tenorio



**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo K – El Potencial de la Recarga Artificial de los Acuíferos**

## **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

### **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGION CENTRO DE SAN LUIS POTOSI**

#### **Anexo K – El Potencial de la Recarga Artificial de los Acuíferos**

##### **1 Introduction**

Water problems in San Luis Potosi State are well known from the local public authorities and by the CNA (Comision Nacional del Agua). Several solutions have been identified and evaluated. They consist mainly in importing water, recycling water and improving the efficiency of water use by existing users. The challenge for the next 15 years, is to have a staged approach for developing these solutions, with appropriate timing and funding by the users and by available subsidies.

The Situation of San Luis Potosi Aquifer is the most serious. Water from the aquifer is the main source of supply, and both water quality and quantity are in danger at a rather short term timescale (15 years). The need is to import or recycle around 80 Mm<sup>3</sup>/year of water, and to build secondary treatment level for wastewater.

The main objectives for groundwater recharge evaluation were:

- To understand the water cycle
- To propose technical solutions for the groundwater recharge with treated wastewater and more generally for the groundwater problems.
- To give an opinion on the main options in the project.

In the short term, the most feasible projects are:

- Increase capacity and improve the management and of San Jose surface water reservoir and treatment plant.
- Continue wastewater recycling for industrial and landscaping purposes (CFE project, Tangamanga II)
- Improve efficiency and quality of water service for urban users (metering, improve network efficiency).

Using excess runoff water from San Jose dam for aquifer recharge is probably not a good approach (cost and feasibility). Surface water storage is probably more efficient.

As it will be very expensive and politically difficult to import large quantities of freshwater and export wastewater to other basins, indirect potable reuse has to be planned in San Luis Potosi Valley. The most cost effective solution appears to be a soil aquifer treatment (SAT) approach, with infiltration of effluent with good secondary treatment in agricultural areas, to maintain water levels for irrigation wells and progressively develop drinking water treatment plants next to these areas. Pilot scale experiments have to be conducted to prepare controlled recycling of wastewater.

## 2 Groundwater issues in San Luis Potosi and Villa de Reyes / Jarral de Berrios aquifers

### 2.1 Description of present situation (2003)

#### *San Luis Potosi Valley*

San Luis Potosi Valley, which includes a large urban area of about 1 million inhabitants (Cities of San Luis Potosi and Soledad de Graciano Sanchez), and irrigation activity on a surface of 2100 ha, is surrounded by volcanic mountains. The catchment (total area around 2000 km<sup>2</sup>) is almost closed, as no streams get out of this valley. The aquifers (500 km<sup>2</sup>) do not communicate with other groundwater systems. (See **Map K-5.3**).

Surface water is captured with several dams of small capacity (total storage around 11 Mm<sup>3</sup>) and yield around 7 Mm<sup>3</sup>/year, which are converted in drinking water by two treatment plants of total design capacity of 270 lps.

Groundwater is present in 3 aquifer layers: (i) An upper aquifer, which is now highly affected by pollution from wastewater (nitrogen, coliforms), and with low capacity traditional wells (norias) yields 5 Mm<sup>3</sup>/year; (ii) Two lower aquifers, yield more than 140 Mm<sup>3</sup>, with deep wells between 150 and 400 m in general. These two aquifers are in good hydraulic communication, and the lower one, formed by volcanic rocks contains fluoride-rich thermal water (between 30 and 40°C).

See **Appendix K.4** for a general scheme of aquifers.

The uses of water in 1998 were:

- 67 % for urban use
- 19% for agriculture
- 8% for Industry
- 6 % for other uses (services mainly), which can be assimilated to urban use.

For a total of 124 Mm<sup>3</sup>/year (1998).

Agriculture uses groundwater and raw or treated wastewater for irrigation. It is estimated that around 50% of the water extracted from the aquifer and dams ends in irrigation, where it is mainly evaporated and for a smaller part infiltrated in the superficial aquifer. A significant part (35% to 45%) of the distributed water is supposed to be lost in leaks, and infiltrates in the superficial aquifer.

Wastewater collection is properly done for 88% of the population. At the limit of the city, wastewater is conveyed in open channels to lower topographic areas. In the southern part of the city, the Rio Españolito stream is transformed in a large open channel wastewater collector of more than 1000 lps. In the Northern part of San Luis Potosi, wastewater mains join in Rio Santiago stream.



This situation induces high pollution of the superficial aquifer, where freshwater infiltrated in leaks mixes with wastewater. Nitrate concentration in the upper aquifer is in the range of 15 to 30 mg/l in N-NO<sub>3</sub>, which means that water is no longer potable, with around 100 mg/l of nitrate. Coliforms are also present in all the superficial aquifer at high concentrations.

A more precise evaluation of flows is discussed in *Appendix K.1*. It shows that freshwater extracted from the aquifer can be separated in three quantitative categories:

- 1) renewable freshwater, which represents 46 Mm<sup>3</sup>/year,
- 2) uncontrolled wastewater/leakage recharge which represents 44 Mm<sup>3</sup>/year. This water has completely polluted the superficial aquifer, and is mixing progressively with the good quality deep aquifer.
- 3) mining of the aquifer, which is estimated to be equal to 53 Mm<sup>3</sup>/year.

**Figure K.1**



The water stored in the intermediate deep aquifer is probably around 3000 Mm<sup>3</sup>, (500 km<sup>2</sup>, average thickness of 100m, and storage coefficient of 6%). However, only a part of this water can be technically extracted with a network of wells. This means that the extractable reserve is probably around 1 000 Mm<sup>3</sup>.

This water is a strategic, slowly renewable reserve, and it is clear that with the present level of mining and pollution, the situation can not last more than 15 years. After this time, the water level in the central urban, area will be very depleted and contamination by nitrogen will begin to exceed drinking water standards in many deep wells. Fluoride will also be an issue.

#### *Villa de Reyes / Jaral de Berrios*

This aquifer has the same geological pattern as San Luis Potosi Valley. The uses are mainly agriculture:

In 1998 Net uses are estimated to be of 145 Mm<sup>3</sup>. (Total abstraction is in the range of 200 Mm<sup>3</sup>). Net uses are of:

- 84 % in agriculture
- 13% in industry
- 3% for other uses

The surface of the aquifer is approximately 650 km<sup>2</sup>. Assuming a storage coefficient of 6%, this means that every meter of water level represents a storage of 39 Mm<sup>3</sup>. In average, the overabstraction is 40 Mm<sup>3</sup>, which is coherent with the decline of water levels observed (1m/year since 25 years). At present rate, water levels will continue to decline of 1m/year in average, which is a long term problem (20 to 40 years).

Water quality data from the aquifer of Villa de Reyes are scarce. However, several wells are above 1,5 mg/l of fluor (drinking water standard). The geological pattern is similar to San Luis Potosi Valley. This means that water from this aquifer will not be a solution to dilute fluor in San Luis Potosi drinking water system.

It is likely that in the long term, the aquifer will be polluted with nitrates and pesticides. Polluted effluents from the paper industry are also an issue. This will more likely affect soils than the aquifer.

## 2.2 Prospective problems and solutions for San Luis Potosi Aquifers

In an attempt to predict future situation, several questions are raised.

- What is the future of water quantity, water levels.
- What is the future of water quality (concerning fluoride, Nitrogen and organic compounds)

### *Water quantity*

For water quantity, the most reliable results are decrease in static water levels measurements. CNA data shows that present rate of decline in the central part of San Luis Potosi System is 3 m/year. This implies that in 15 years the decline will increase of 45m if water abstraction is stabilized at the present level. This will lead to water depth of 200 m or more in the wells, a reduced yield, and probably an increase in fluoride because only deep wells will be able to operate properly.

It is also easy to estimate that in 15 years, a mining of around 800 Mm<sup>3</sup> will occur at present rate, which will reach probably a technical limit of abstraction in the aquifer.

The only solution to stabilize water level is to **import or recycle** the actual deficit of water (53 Mm<sup>3</sup>) plus any increase (estimated of 30 Mm<sup>3</sup> between 2003 and 2020).

**In total, the need for additional water is around 80 Mm<sup>3</sup>/year, that has to be imported or recycled.**

Importation of water will probably cost more than recycling but a high amount of recycling can lead to increase in salinity and additional treatment needs. Therefore a reasonable partition between Importation and recycling could be:

- 30 Mm<sup>3</sup> recycling (5Mm<sup>3</sup> industrial, 25 Mm<sup>3</sup> of aquifer recharge)
- 50 Mm<sup>3</sup> of importation or trading with agriculture.

### Water quality

The emphasis has to be put on two key parameters that could require costly treatment for obtaining drinking water quality : Fluoride and Nitrogen.

However other local concerns, like industrial pollution may also affect water quality.

### Fluoride

An extensive knowledge of fluoride is presented in a publication from A. Cardona (Journal of Hydrology, 261, p24-47).

Fluoride is present in the deep volcanic aquifer. The characteristics of the aquifers are listed in the table below:

**Table K.1 Characteristics of the aquifers**

Aquifer	Temperature	Fluoride
Intermediate	25°C	0,4 mg/l
Deep Volcanic	36°C	3,2 mg/l

Many wells have an intermediate Fluoride content and temperature due to mixing in the aquifer. An empiric rule show that the risk to exceed the 1,5 mg/l standard is high for waters with more than 30°C.

The publication clearly shows that wells that do not abstract water from the deep aquifer have significantly less fluoride. ***A simple rule for potable water supply is to avoid using wells that abstract water from the deep volcanic aquifer.***

Because fluoride treatment is not a conventional (it is mainly done with resins, that are difficult to build at a large scale), ***Fluoride has to be managed directly in the water resource.***

The content of fluoride has increased with time between 1960 and present time. Because Fluoride is a very stable and soluble element. The presence of Fluor in wastewater is also a source of concern for the future. Because the water cycle tends to partly evaporate water and recycle it, the concentration of Fluoride will tend to increase with time.

It is also important to find an external source of low fluoride water to dilute the fluoride content on SLP water cycle (Realito ?). Water from the local San Jose dam has a low fluoride content (0,5mg/l) which increases the value of this water.

Dilution will also have to be seeked in the distribution system, which will be only possible if a distribution network structure with main lines is put in place.

### Nitrogen

Nitrogen is in general the most visible contaminant issuing from wastewater in large cities (like in Buenos Aires, or Amman for example). The upper aquifer has reached a stable high content of nitrate (100 to 150 mg/l) in all the urbanized and irrigated portion. Agriculture can also be a

significant source of pollution, especially in San Luis Potosi with unefficient irrigation with wastewater.

A clear trend is visible on deep wells where nitrate content is increasing. So far, dilution with the large volume of the aquifer is sufficient to keep concentrations below drinking water standards. Superficial water content is around 5% in the deep aquifer (according to scientific work presented by A. Cardona). However, the amount of highly polluted water entering the groundwater system is of the same order of magnitude as the natural recharge. This implies that in many parts of the deep aquifer, the situation will slowly move to a contamination exceeding drinking water standards (between 50 and 100 mg/l) with a proportion of contaminated water of ~50%, unless secondary wastewater treatment is properly developed and wastewater network is completed. The reserve of good quality groundwater will last around 25 years before serious problems arise (3000 Mm<sup>3</sup> of reserve, polluted by 40 Mm<sup>3</sup> every year). This should leave time for proper wastewater management. However, a system without secondary wastewater treatment and proper management of irrigation is not sustainable on the point of view of quality. (Water quantity issue is even more difficult with a 15 year limit).

The cost of drinking water treatment for nitrogen is in general 4 times higher than nitrogen removal at the source. **Nitrogen removal has to be an objective for all wastewater treatment plants.**

### 3 Feasibility of artificial groundwater recharge

#### 3.1 Groundwater recharge technology.

The first technical challenge of groundwater recharge is the design of the infiltration system.

The most robust infiltration systems are done with superficial infiltration (or « spreading ») basins. These systems need large areas and have infiltration rates of 0,1 to 2,0 m/day, which means 12 to 240 l/s/ha. The large area allows an easy management of clogging by low cost superficial scarring and/or intermittent spreading. Water quality has to be with less than 5 ppm TSS for optimal operation. The infiltration in the vadose zone (unsaturated) allows various water quality benefits (reduction of BOD, TSS, disinfection and sometimes Nitrogen removal). The cost of the surface recharge system will be in the range of 0,5 peso/m<sup>3</sup>.

By contrast, injection wells require much cleaner water, with controlled chemical composition to avoid degasing and clogging in the aquifer. In general, a high level of treatment (GAC filtration and membranes) is required.

The upcoming Mexican standard on aquifer recharge with wastewater requires a high level of organic carbon removal for direct injection (TOC < 1 mg/l). and drinking water quality.

The situation in San Luis Potosi may allow surface infiltration basins, where the upper aquifer is not present (no clay separation) or where the static level of the upper aquifer is relatively deep (>20m). In such conditions, a vertical drainage to the intermediate aquifer is possible.

Because of a possible effects on drinking water quality it is also recommended to start with areas with agricultural wells.

The optimal areas have to be sought in

- 1) Santana / Palma de la Cruz area
- 2) Peñasco area.

In these areas artificial recharge will in the short term balance the abstraction for agriculture and demonstrate at the real scale the water quality change from aquifer recharge without affecting negatively agriculture or drinking water.

The low permeability soil (known as « Tepetate ») has to be removed or avoided for the design of an infiltration basin. For this reason, location of sand abstraction are of special interest for pilot scale tests.

### 3.2 San Luis Potosi aquifer

Two options of Aquifer recharge can be envisaged in San Luis Potosi:

- 1°) Recharging excess runoff water from San José dam.
- 2°) Recharging with treated wastewater

*Recharging Excess runoff water of San José / Rio Santiago system.*

Excess runoff water is the part of water that can not be stored in existing dams. This water flows through San Luis Potosi city (Rio Santiago) during 0 to 40 days/ year, This represents 0 to 15 Mm<sup>3</sup>/year of freshwater that is lost in evaporation in the north of San Luis Potosi.

Additional data on management of San José dam is needed to confirm the mean annual volume that could be used. According to several interviews, this volume should be in the 1,5 to 8 Mm<sup>3</sup>/year range. This is confirmed by rough estimations from dam operation data. This table indicates that the overflow is in average around 5 Mm<sup>3</sup>/year, during last 10 years, dam overflow occurred during 6 years.

**Table K.2 Operation data estimations of San José Dam**

Year	Days of San Jose dam overflow	Volume (Mm <sup>3</sup> )
1995	0	0
1996	4	3
1997	2	No data
1998	15	No data
1999	21	No data
2000	0	0
2001	0	0
2002	40	No data
2003	0	0
2004	25	12

(2004 data were stopped on 26<sup>th</sup> august)  
See **Appendix K.4** for 2004 data.

Even if there is little volume of water that can be obtained by using this excess stormwater, it would have also a political benefit, because it is difficult to educate people on the problem of water scarcity when they have in mind that a river flows in the city without being used.

Increasing the stored volume in San Jose dam, should also be accompanied with a solid « dam break study » because a large number of people live directly downstream.

The question of water rights on excess water flow is probably not a problem as no beneficial use is done from this water.

Excess water flow is commonly of 4,7 m<sup>3</sup>/s (gates of the dam open) and can exceed 10 m<sup>3</sup>/s (22<sup>nd</sup> of August 2004) by overflow. Recharging directly groundwater with this water would require more than 100 ha of land, used in average 10 days per year. Such space is clearly not available close to the San Jose dam. More downstream, rain water mixes with wastewater, because the treatment plant of el Morro is not yet constructed.

Recharge by absorption wells is not feasible. As a well would probably infiltrate around 50 l/s. More than 100 infiltration wells and a network would be needed (Cost > 200 M pesos). Wells would clog in a few days unless a treatment is applied to the water (Cost for a 4 700 l/s water clarification or filtration treatment would be huge).

The only feasible solution would be to store this water before it can be infiltrated slowly (0,5 m<sup>3</sup>/s) in infiltration basins (25ha).

If the storage is done directly in San Jose dam, there is no benefit from infiltrating the water in the aquifer, it should rather be treated and distributed directly. For regulation purposes it could be imagined to practise aquifer storage and recovery of ~200 l/s to (Wells would be used in production when the dam is empty, and part of the production would be used to recharge the aquifer when dam is full). The production could be stable at 400 l/s, with a 600 l/s treatment capacity.

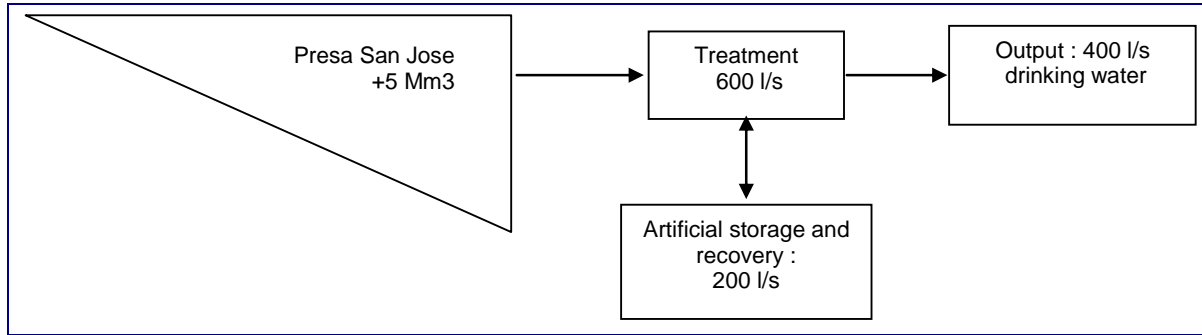
If a storage is possible downstream of Rio Santiago, an infiltration system can be investigated in the Santana/Palma de la Cruz area, with an adapted pumping system. However, from preliminary field observation, water flows freely until a small capacity storage located N22°22.101' W100°48.809' (See photo in *Appendix K.7*) close to Purisima village (25 km North-East of San Luis Potosi).

Capturing the water along Rio Santiago river would also require a very large infiltration surface (100 ha), and in the present situation, a significant contamination by wastewater cannot be avoided.

In conclusion : The most valuable option for San Jose Dam system would be a combination of storage increase and ASR like :

- Increase of San Jose Dam capacity of 5 to 10 Mm<sup>3</sup>.
- drinking water treatment plant of 400 l/s capacity + 200 for aquifer recharge (optional)
- 8 ASR wells for 200 l/s capacity.

Figure K.2



The 200 l/s ASR is equivalent to an additional storage of 2Mm<sup>3</sup> in the dam.

This would allow constant production of 400 l/s with additional storage in the aquifer of 2 Mm<sup>3</sup>/year. When surface water is abundant the production would be:

- 400 l/s of treated surface water
- 200 l/s of storage in the aquifer

When surface water is scarce, the production would be:

- 200 l/s of treated surface water
- 200 l/s of treated groundwater.

Such a project could be envisaged early in the future, because of easy political context (the project is 100% in San Luis Potosi state, almost no use of excess stormwater is done), important water quality benefit (low fluoride water content), and social and educational value (efficient management of local resources).

Private funding could be sought in public/private partnership project type.

#### *Recharge with wastewater*

From the analysis of the water cycle in San Luis Potosi, it is obvious, that aquifer recharge has to be designed in the long term for indirect potable reuse.

In the first stage, it can be imagined to recharge for agricultural needs. This step can be beneficial for agriculture and water quality of the aquifer compared to present situation.

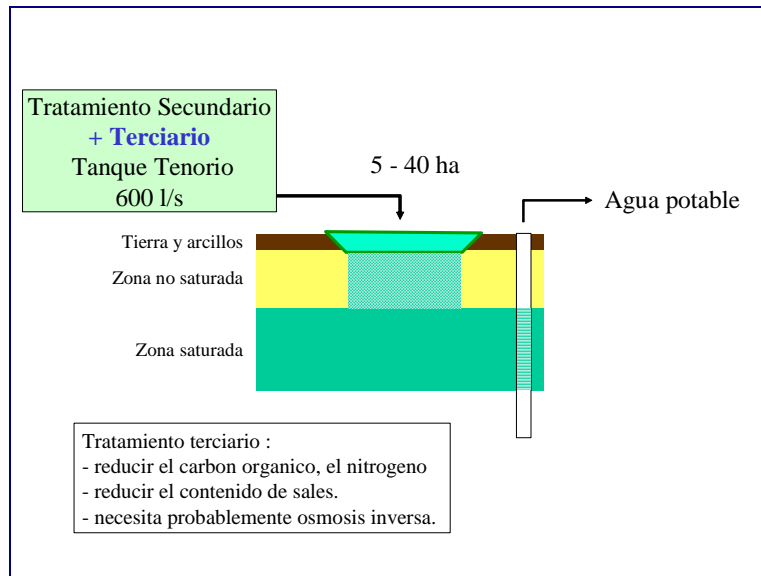
However, the long term trend is to trade agricultural water rights and reduce groundwater use in agriculture, because the value of water will be much higher for urban use.

Indirect potable reuse can take two different paths:

- 1) Avoid any adverse effect on groundwater quality. This option requires that injected water meets drinking water standards. Technical options exist (they have been implemented in California – Los Angeles in the West Basin project). They will require a high level of treatment

(including filtration, lime decarbonatation, reverse osmosis) and the treatment cost will be in the range of 8 to 15 pesos / m<sup>3</sup> depending on wastewater treatment.

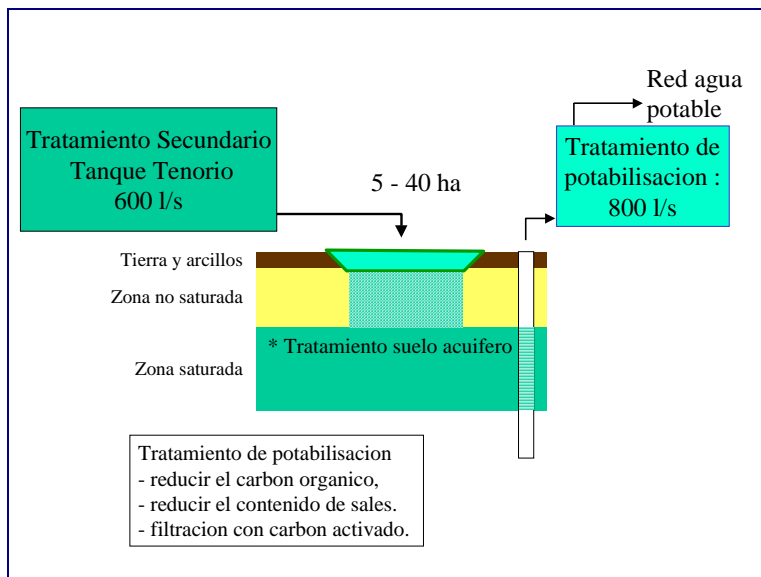
**Figure K.3**



2°) Use a soil aquifer treatment approach. In this case a portion of the aquifer is used to infiltrate wastewater with a secondary treatment level. A final treatment step, equivalent to a surface water treatment plant (Ozone and GAC filtration), with partial desalination or dilution can provide drinkingwater quality.

Apart from the secondary wastewater treatment that is required in all cases, the final treatment should be in the 5 pesos / m<sup>3</sup> range for drinking water.

**Figure K.4**





It should be noted that in the present situation, crude wastewater is infiltrated not only from the sanitation system but also from irrigation with crude wastewater. Because San Luis Potosi will continue to produce around 80 Mm<sup>3</sup>/year wastewater, it is highly recommended that a proper use of this water is planned. Because part of this water will be infiltrated (at least by local agriculture), it is imperative that 100% of wastewater is treated, and that infiltrations in the aquifer are controlled and planned.

In both options, the volumes of water infiltrates in the San Luis Potosi aquifer will be recycled, which means that it can compensate the water deficit, and replace an equivalent volume of imported water.

### 3.3 Ability of existing WWTP for indirect potable reuse

The three main Wastewater Treatment Plants have been visited.

- Parque Tangamanga 1 (150 l/s)
- Norte (400 l/s)
- Tanque Tenorio (1050 l/s in construction).

Treatment lines are as follows:

- Parque Tangamanga :
  - Activated sludge,
  - Disinfection with chlorine
- Norte :
  - Facultative aerated lagoons
- Tanque Tenorio :
  - Settling Tanks (Primary)
  - Activated sludge
  - Settling
  - Filtration and decarbonation
  - Disinfection (chlorine).

At present, **El Norte** WWTP is operated with low aeration capacity as the objective is only irrigation. The quantity of effluent is not sufficient to irrigate park Tangamanga II. Later, with additional aeration, the water treatment objectives will be

- COD : 40
- TKN : 10 (?)
- TSS : 30

The main treatment plant of **Tangamanga I** park (110 l/s) is operated at nominal capacity for tree irrigation in the park with unrestricted use for contact with the public.

The treatment allows an effluent with

- COD : 30-40 mg/l
- TKN : 10 mg/l
- TSS : 2-6 mg/l

The secondary effluent of **Tanque Tenorio** treatment plant (under construction) will have the following objectives:

- COD < 60 mg/l
- TKN < 15 mg/l
- TSS < 10 mg/l

All existing WWTP

### 3.4 Villa de Reyes / Jaral de Berrios Aquifer

In this catchment, some surface water flow exist during rain season. A complex system of dams is designed to store rainwater temporarily, to avoid its loss in Santa Maria River.

During field observation that were done on 23<sup>rd</sup> of August, infiltration of stormwater in natural fault zones was considered.

This idea has little potential of feasibility (clogging of faults is very likely, capital and operational expense was underestimated), and would not allow significant storage. It can also create potential conflicts between users.

## 4 Water market considerations

These notes are meant to be a reminder of some economical aspects. For more complete economic analysis, other members of the team have produced detailed reports.

The key to all water projects (including in SLP) is the coherence of the water market. In general it is a good principle that “water pays for water”, which means that the main water users (urban users of San Luis Potosi) should pay for the development of sustainable water projects.

However the situation is that water price for public supply (around 2 pesos/m<sup>3</sup>) is not even able to pay for the maintenance of the existing distribution system. Metering has to increase dramatically. Physical, economical and global efficiency of the distribution system is 58%, 62% and 36% respectively. Reparation of leaks, improved customer system, and installation of meters are required to recover a better situation.

It can be evaluated, that the embottled water market is approximatively 250 Mpesos/year, compared to 153 Mpesos/year for INTERAPAS costs (income is only 118 Mpesos).

The cost of operation of wastewater treatment plants (Norte, Tangamanga, Tanque tenorio) is evaluated to 1,9 M\$/month (250 Mpesos/year). This cost is not charged on users or INTERAPAS. It is paid partly by future contract with CFE company and by subsidies from the state of San Luis Potosi.

With a cost of new water projects of 9 pesos/m<sup>3</sup>, the cost of 80 Mm<sup>3</sup> of Imported or recycled water would be around 700 Mpesos/year, to be found before 2020. In addition, new wastewater treatment around 200 Mpesos/year has to be anticipated.

Recycling water for local industries is certainly one of the most feasible project. Unfortunately, it will concern a very small market (5Mm<sup>3</sup> maximum, or 50 Mpesos/year).

Metering is probably an affordable step with a quick return on investment.

A program of public information and education is probably needed to prepare an increase of price. At present, the awareness of the population on aquifer mining problems is almost non-existent. Most inhabitants believe that water in San Luis Potosi is captured from surface water dams, and that poor management leads to water spill with occasional dam overflow. For this reason, it is very important to educate the public on real water problems and to improve the capacity of San Jose dam. This project is of high political and social value and can be decided by local political authorities.

Increasing the level of service and water price for the population that can afford the real price of water is a key to increasing revenue from water service. This level of service should include drinking water standard for tap water, and 24h/day 7days/week supply to guarantee bacteriological quality of water. This puts a high priority on building a main distribution network with interconnection capacity.

Market of new housing is also a potential source of revenue for water. New housing has to include the cost of new water source development. Considering that 1 l/s of new supply will cost 1 M pesos of investment (average ratio for San Luis Potosi projects with drinking water and wastewater), It should be planned to pay 3000 pesos per new inhabitant. (250 litres/day/inh) or around 10 000 pesos per new house. At present, the expense is probably only to drill a new well which costs 1 M pesos for 10l/s, which is 10% of the above price.

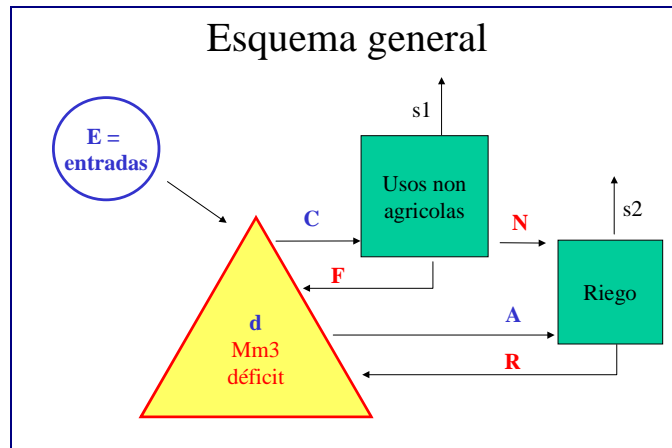


## Appendix K.1

### Estimation of water cycle in San Luis Potosi Valley

Several Sources give information about Water flow in the San Luis Potosi System. The general Scheme is given Below:

**Figure K-1.1**



In this scheme, the flow that need to be determined are :

- E = natural recharge of the system
- C = Withdrawal for non agricultural use
- F = Leaks from the distribution and sanitation networks, returning to the aquifer
- N = Production of wastewater
- A = Withdrawal of Aquifer water for irrigation
- R = Infiltration of irrigation water to the aquifer

Other flows can be calculated :

- s1 : Losses in the non agricultural use ( $C - N - F$ )
- s2 : Losses by evaporation in irrigation
- d : deficit in the aquifer

Note that the superficial aquifer is not separately represented as it does not produce more than 5% of the water and it is in hydraulic connection with the lower aquifer.

#### Estimation of parameters:

**E** is estimated in the CNA Report (See bibliography in **Appendix K.2**) to be equal to 30 for the lower aquifer and 9 for the upper aquifer. In addition to the groundwater recharge, the volume extracted from surface water reservoirs, is estimated around  $6 \text{ Mm}^3$ . The maximum capacity of treatment plants is around 305 l/s (275,5), which gives a maximum capacity of  $9,6 \text{ Mm}^3$ . However, the average capacity should be estimated around  $7 \text{ Mm}^3$  (300 days of operation at design capacity (240+30) of treatment plants Filtros I et Lomas IV.

This means that E equals to  $30 + 9 + 7 = 46 \text{ Mm}^3/\text{year}$ .

**C** is precisely metered because of regulation and metering of Wells. In 1998 it was estimated to be  $101 \text{ Mm}^3$ . In 2003, **C** was estimated to be equal to  $113 \text{ Mm}^3$  (3 580 lps). The same data have been used in the Banobras Report, and Interapas Documents.

**F** is estimated roughly to be equal to  $24 \text{ Mm}^3$  in the CNA Report from an Hypothesis of 65% of efficiency of the water distribution network, and 80% returning to the aquifer. However in the Banobras document, the efficiency of the network is estimated of 55%. Interapas presents a graph with a 58% of physical efficiency in 2003. Due to a large part of non metered consumption, it is impossible to obtain a real physical estimation.

The hypothesis of real 35 % of physical leaks is likely, an additional 7% being lost in unauthorized connections, to be consistent with Interapas figures.

In this case, around  $31 \text{ Mm}^3$  are lost in leaks, and a significant fraction reaches the aquifer. For 2003, an estimation of  $28 \text{ Mm}^3$  can be done.

**N** : Production of wastewater is estimated to 2170 lps by Interapas (2003 ?), and around 1970 lps in the Tanque Tenorio presentation. Banobras gives an estimation of 1880 lps (probably around 1998),

**N** will be taken equal to  $68 \text{ Mm}^3$ .

**s1** : These estimations show that 1410 lps (or  $44 \text{ Mm}^3$ ) are lost between abstraction and wastewater. Net use of water of  $16 \text{ Mm}^3$  ( $44-28$ ), can be explained by :

- Industrial use (cooling towers)
- Domestic use in gardens
- Other domestic use that lead to evaporation
- Evaporation in wastewater open channels, and areas without sewage network.

and

- Infiltration of Wastewater. This infiltration will not be estimated, but it creates pollution that contaminate the upper aquifer. It will be estimated that the  $28 \text{ Mm}^3$  figure is a total infiltration from networks.

**A** : estimated of 24 million  $\text{m}^3$  in 1998 data (from CNA). Banobras and Interapas documents add  $5 \text{ Mm}^3$  from the upper aquifer, and COTAS presented a  $36 \text{ Mm}^3$  data from REPDA 2003.

Because agriculture use is difficult to estimate, it is not possible go to further. **A** will be estimated to be equal to  $30 \text{ Mm}^3$ .

**R** : The drainage from irrigated land is estimated to be around  $5 \text{ Mm}^3$  by CNA with a 7% infiltration coefficient that is probably not representative of the situation.

An other approach can be made with irrigated surface. Irrigated surface is estimated to be 2150 ha. The evaporation coefficient is 2000 mm/year, however the real evaporation can be estimated

around 1500 mm because of rain (400 mm), and the difference between potential and real evaporation.

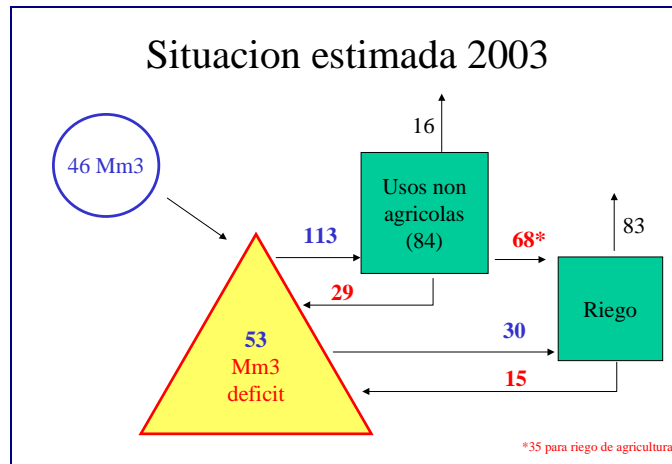
Evaporation from irrigated agriculture can then be evaluated to 32 Mm<sup>3</sup>. Irrigated land may be underestimated, and irrigation systems like tanque Tenorio (209ha) are also an important source of evaporation. A total of 40 Mm<sup>3</sup> will be estimated as a first guess.

From 65 Mm<sup>3</sup> used in irrigation (30 Mm<sup>3</sup> from groundwater, and 35 from wastewater), 25 Mm<sup>3</sup> can infiltrate to aquifers. However, soils can also be impermeable, and a value of 15 Mm<sup>3</sup> is probably a reasonable order of magnitude.

R will be taken equal to 15 Mm<sup>3</sup> and s2 will be taken equal to 80 Mm<sup>3</sup>.

The destination of the 30 Mm<sup>3</sup> not used in irrigation is difficult to estimate but will be taken as evaporation. Tangamanga landscaping irrigation is an example of non agricultural use with evaporation (around 5 Mm<sup>3</sup>).

**Figure K-1.2**



This situation can be even more synthetized in the following scheme:

**Figure K-1.3**







## Appendix K.2 Bibliografy

- **(1)** : CNA report on San Luis Potosi Aquifer balance : Determinacion de la disponibilidad de agua en el acuífero san luis potosi – Estado de San Luis Potosi. (April 30<sup>th</sup> of 2002)
- **(2)** ANTEPROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-014-CNA-2003 “REQUISITOS PARA LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS”
- **(3)** Nota tecnica relativa a las grietas y depresiones en la zona del hundido y exhacienda lequeito, Municipio de Villa de Reyes (S.L.P) y San Felipe (GTO).
- **(4)** Diffuse contaminaton assessment in shallow groundwater of San Luis Potosi City (A.Cardona), 2003
- **(5)** Use of abstraction regime and knowledge of hydrogeological conditions to control high fluoride concentrations in abstracted groundwater (San Luis Potosi) JJ Carillo Riveira, A.Cardona (Journal of Hydrology, 261, p24-47)
- **(6)** General study of San Luis Potosi water situation and artificial recharge potential by Banobras : “Conservacion de recursos naturales, identification de mecanismos de recarga natural y viabilidad de la recarga artificial en la cuenca de San Luis Potosi.”



### Appendix K.3 Agenda of the mission in San Luis Potosí

**16<sup>th</sup> of August** : Travel Paris – Mexico City – San Luis Potosi.

**17<sup>th</sup> of August** : Meeting with Professor Victor Julian (Geology of groundwater systems).  
Meeting with Professor A. Cardona on water quality studies on San Luis Potosi aquifers.

**18<sup>th</sup> of August** : Meeting with COTAS San Luis Potosi.

**19<sup>th</sup> of August** : Visit of Tanque Tenorio WWTP (under construction)

**20<sup>th</sup> of August** : Working session in CNA.

**21<sup>st</sup> of August** : Internal (WMO) debriefing meeting.

**23<sup>rd</sup> of August** : Meeting with Director General of Comision Estatal del Agua – Urbano Diaz de Leon Barios. Afternoon : Field visit to Villa de Reyes / Jaral de Berrios catchment, to evaluate feasibility of stormwater infiltration.

**24<sup>th</sup> of August** : Visit of wastewater treatment plants (Tangamanga I, and El Norte).

**25<sup>th</sup> of August** : Meeting with industrial members of COTAS in San Luis Potosi.

**26<sup>th</sup> of August** : Field visit with Professor Victor Julian (Rio Santiago stream, Palma de la Cruz) to evaluate soil ability to receive artificial recharge basins.

**27<sup>th</sup> of August** : Debriefing Meeting with Director General of Comision Estatal del Agua (CEA),  
Debriefing Meeting with Eng. Ricardo Garza Blanc (CNA).

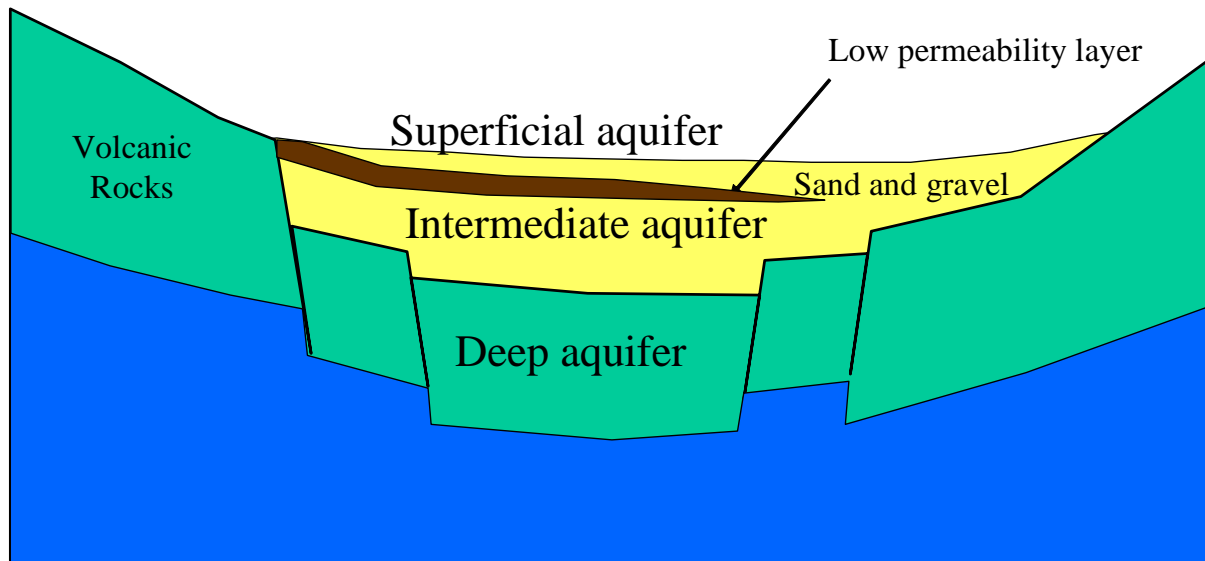
**28<sup>th</sup> of August** : Travel San Luis Potosi – Mexico City

**29<sup>th</sup> of August** : Travel Mexico City – Paris.



**Appendix K.4**  
**General Scheme of San Luis Potosí Aquifer**

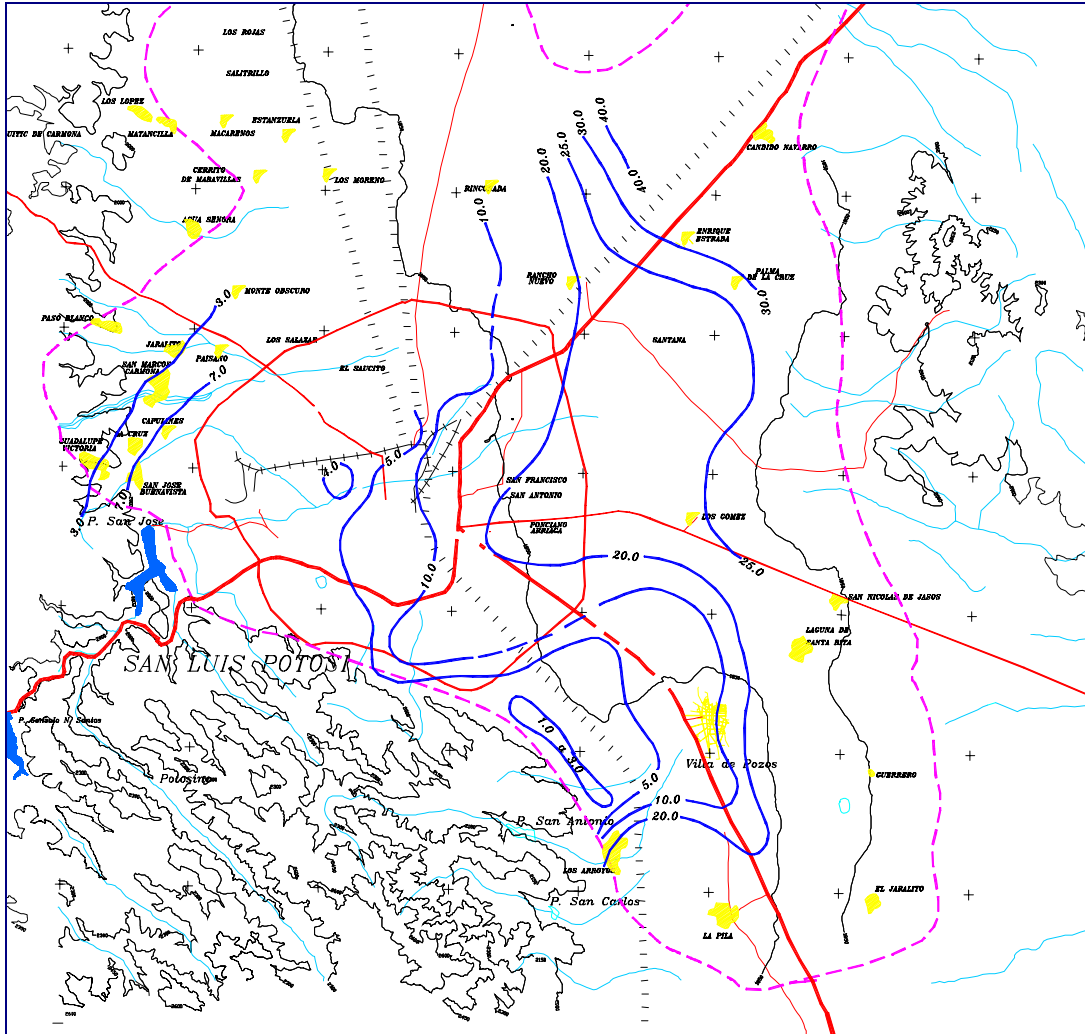
# Geological scheme of San Luis Potosi Aquifers







**Map K-5.2 San Luis Potosi superficial aquifer  
Depth of water level. (Data : CNA San Luis Potosi)**

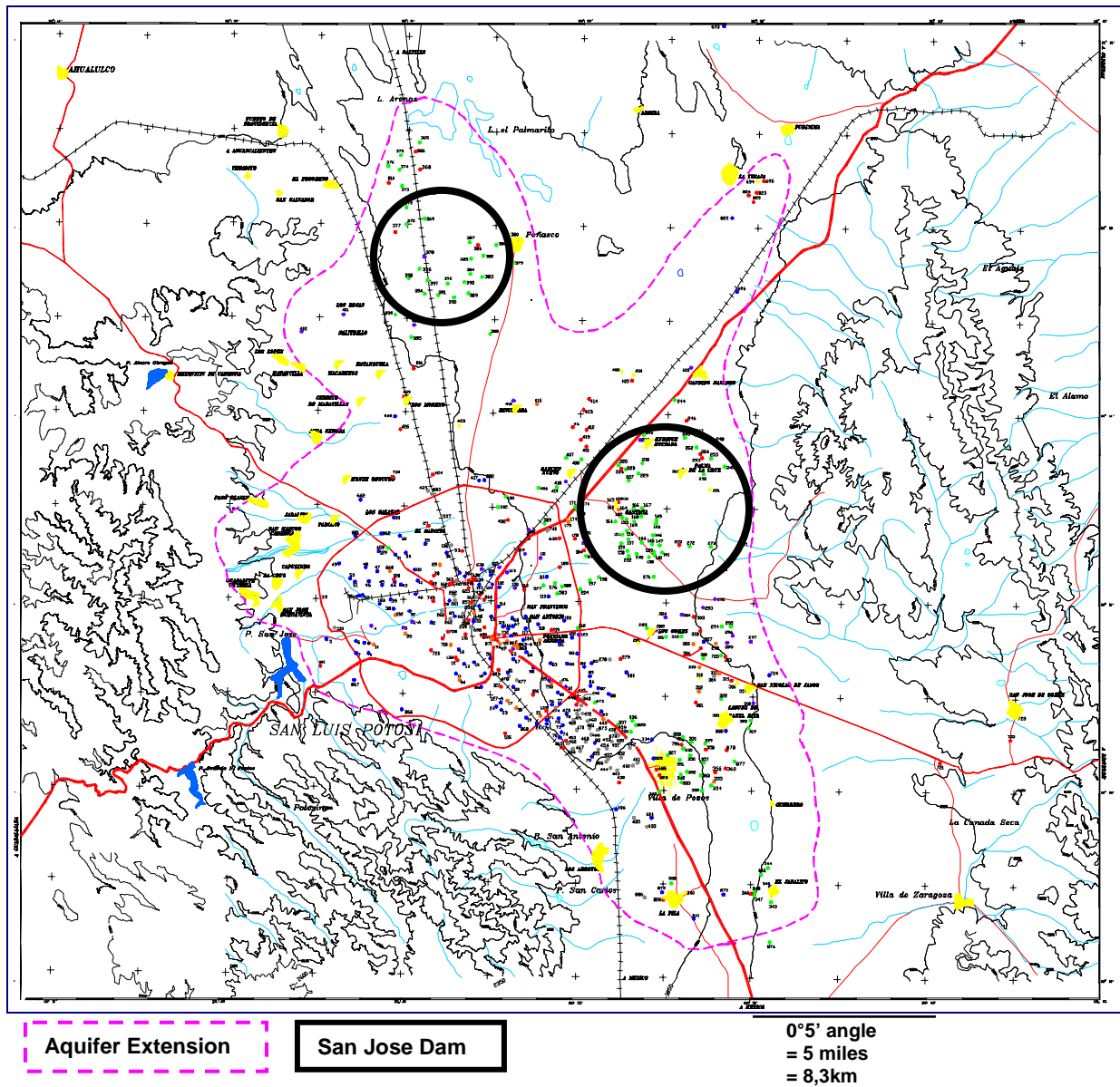


Water is shallow in the Western part.

There are deeper water level conditions east of San Luis Potosi, suitable for Artificial Recharge from the surface.



**Map K-5.3 San Luis Potosi – Deep Aquifer. Map of existing wells. (Data : CNA San Luis Potosi).**

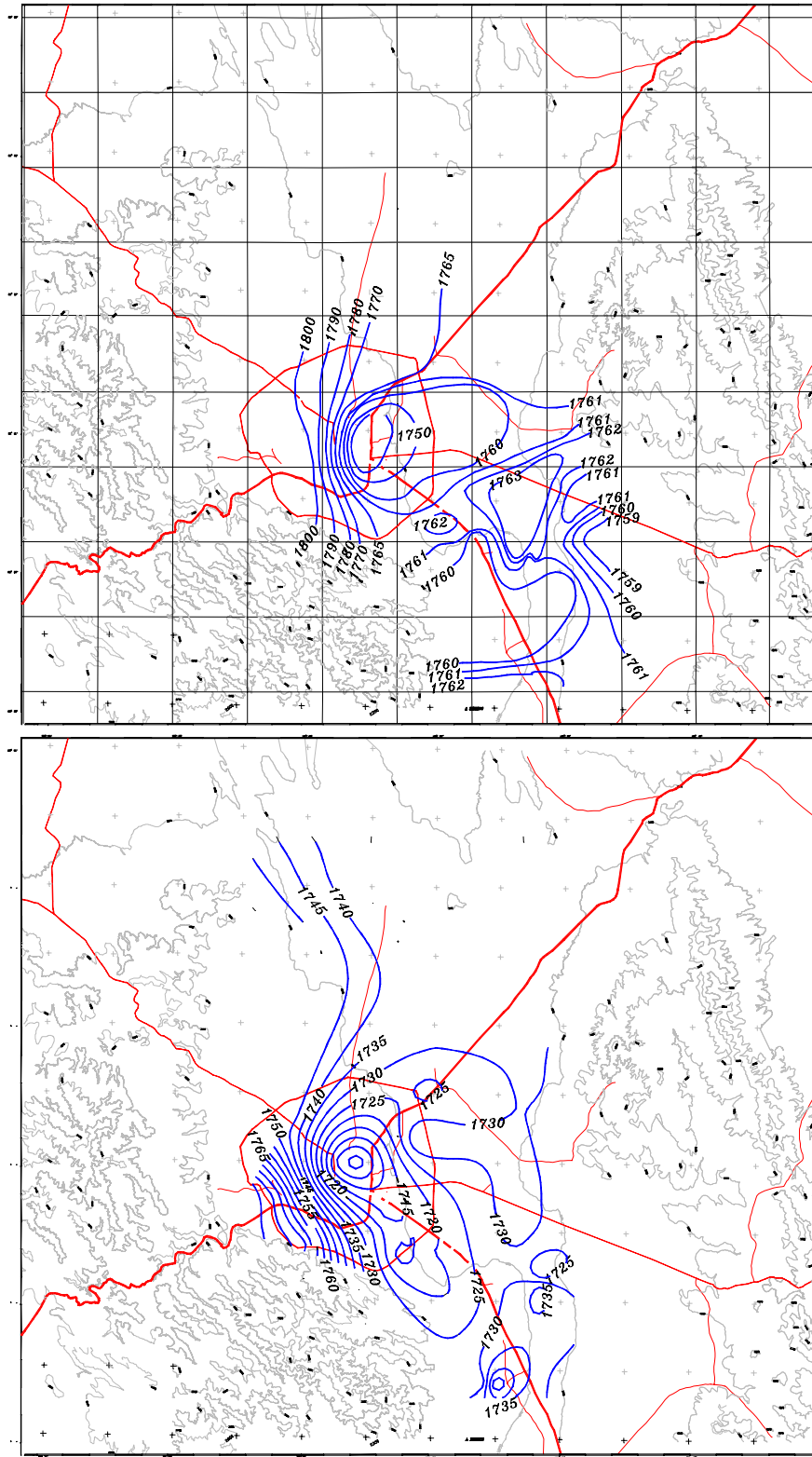


Aquifer extension is the pink dashed line (500 km<sup>2</sup>)

Some areas have almost exclusively agricultural wells (Green dots) like Santana/ Palma de la Cruz or Peñasco (black circles).

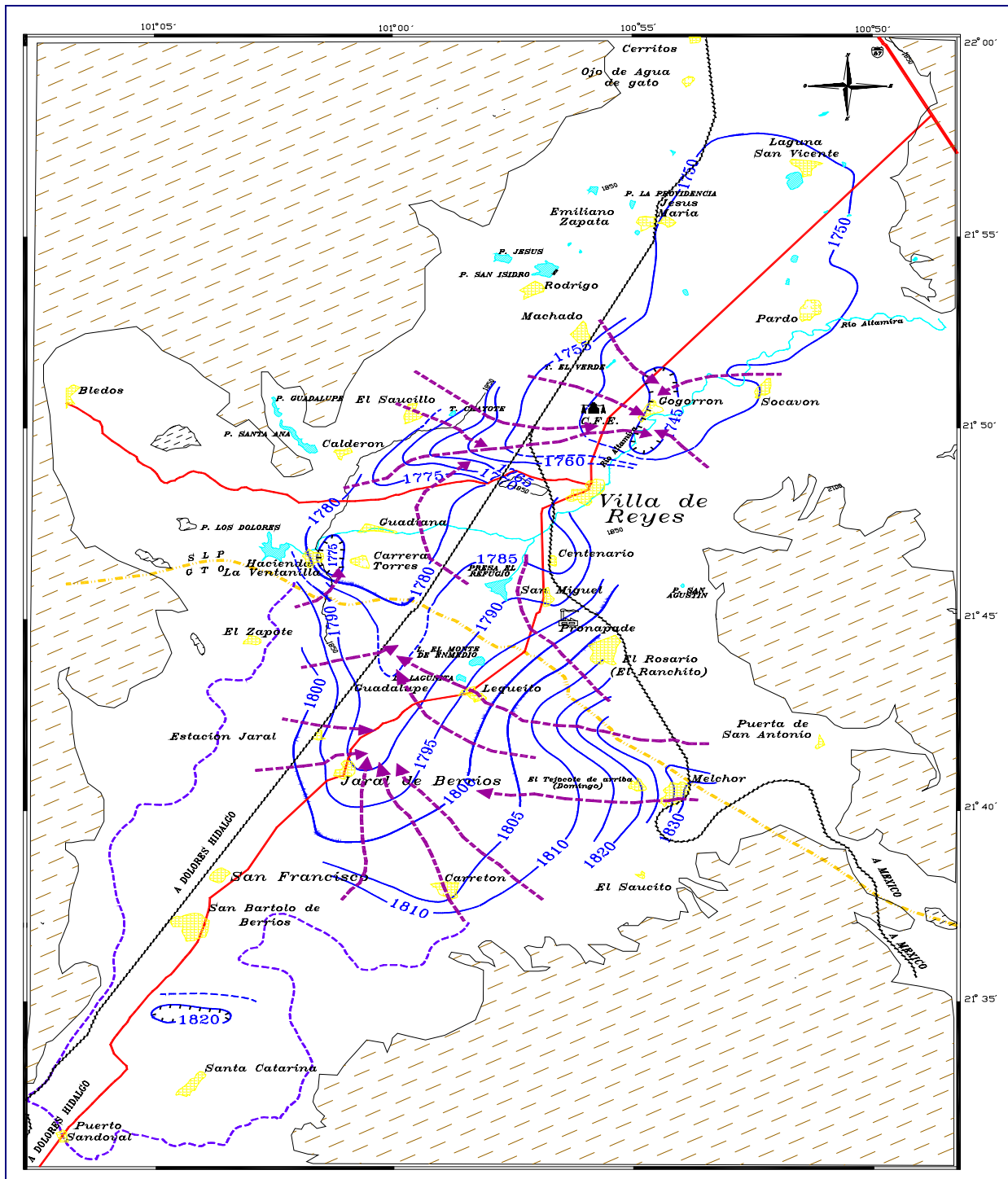
Other wells are drinking water wells (Blue dots) , industrial (Grey dots), Unused (red dots)

**Map K-5.4 Piezometry of San Luis Potosi valley deep aquifer**  
**Interpolated data from 1972 (up) and 2001 (bottom).** (Data CNA San Luis Potosi)



A decline of 40 to 50 m is observed over this 29 year period. Present decline is over 2m/year in the central part of the aquifer (1998/2001 data)

Map K-5.5 Piezometry of Villa de Reyes / Jaral de Berrios Aquifer.





## Appendix K.6

### 2004 Data of San José Dam Overflow



DIA	JUNIO 2004				JULIO 2004				AGOSTO 2004			
	ESCALA	VOLUMEN	DESFOGUE	VERTIDO	ESCALA	VOLUMEN	DESFOGUE	VERTIDO	ESCALA	VOLUMEN	DESFOGUE	VERTIDO
1	1948.20	1.818			1953.21	4.870			1953.68	5.095		
2	1948.38	1.897			1953.26	4.894			1953.55	5.033		
3	1948.56	1.981			1953.27	4.899			1953.60	5.057		
4	1948.58	1.991			1953.25	4.890			1953.59	5.052		
5	1948.61	2.005			1953.58	5.047	0.175		1953.69	5.100	0.306	
6	1948.60	2.000			1953.55	5.033	0.174		1953.62	5.066	0.403	
7	1948.69	2.042			1953.25	4.890	0.170		1954.13	5.356	0.393	0.222
8	1950.12	2.810			1952.91	4.704	0.148		1954.18	5.397	0.394	0.333
9	1952.64	4.507			1952.70	4.551	0.163		1954.02	5.265	0.391	0.039
10	1953.83	5.167	0.177	0.078	1952.70	4.551			1953.80	5.152	0.406	
11	1953.77	5.138	0.177		1952.68	4.536			1953.50	5.009	0.380	
12	1953.37	4.947	0.172		1952.69	4.543			1953.25	4.890	0.375	
13	1952.88	4.682	0.165		1953.16	4.847			1952.86	4.668	0.366	
14	1952.62	4.492			1953.30	4.913			1952.53	4.426	0.359	
15	1952.63	4.499			1953.21	4.870			1952.50	4.404		
16	1952.70	4.551			1953.21	4.870			1952.52	4.419		
17	1952.67	4.529			1953.20	4.866			1952.51	4.412		
18	1952.72	4.565			1953.18	4.856			1952.51	4.412		
19	1952.72	4.565			1953.17	4.851			1952.49	4.397		
20	1952.70	4.551			1953.16	4.847			1952.47	4.382		
21	1952.70	4.551			1953.14	4.837			1952.47	4.382		
22	1952.69	4.543			1953.23	4.880			1954.50	5.662	0.421	1.337
23	1952.68	4.536			1953.30	4.913			1954.50	5.662	0.421	1.337
24	1952.66	4.521			1953.92	5.210			1954.30	5.497	0.417	0.657
25	1952.65	4.514			1953.54	5.026			1953.98	5.238	0.411	
26	1952.63	4.499			1953.08	4.808			1953.83	5.167	0.407	
27	1952.62	4.492			1952.61	4.485			1953.68	5.065	0.404	
28	1952.61	4.485			1952.57	4.455						
29	1952.59	4.470			1952.54	4.433						
30	1952.95	4.733			1952.92	4.712						
31					1953.33	4.928						
<b>TOTAL</b>			<b>0.691</b>	<b>0.078</b>			<b>0.830</b>				<b>6.252</b>	<b>3.925</b>

**GRAN TOTAL** 11.776

Nota: volúmen, desfogue y vertido en millones de M3



## Appendix K.7 Photos

**Figure K-7.1**



Rio Santiago : 20 m<sup>3</sup>/s overflow of San Jose dam upstream of San Luis potosi City, 23rd of August 2004 (The road is normally dry)

**Figure K-7.2**

Water from Rio Santiago N22°22.101' W100°48.809' close to Purisima village (25 km North-East of San Luis Potosi) No proper use of the water can be done at present. Water quality seems poor compared to initial water quality at the outlet of the dam, because of mixing with wastewater.



**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo L – Análisis Económico del Proyecto**

# Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)

## MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ

### Anexo L – Análisis Económico del Proyecto

#### 1. Objetivo del Análisis económico

El objetivo principal del Análisis económico del Proyecto es de evaluar los resultados de los dos programas de acciones, la viabilidad económica y/o financiera de las acciones y su impacto en el objetivo global de reducción de las extracciones de agua subterránea con el fin de conseguir el manejo sostenible del agua en la Región centro de San Luis Potosí. Las acciones de reducción de las extracciones deberían ser socialmente aceptables, económicamente viables y ambientalmente sustentables.

Los objetivos específicos del análisis son los siguientes:

- Determinar si los beneficios económicos incrementales son iguales o superiores a los respectivos costos y mostrar si el proyecto en general es beneficioso.
- Proveer de la información relativa al orden de magnitud y el tipo de beneficios potenciales, para que sirva como guía de otros proyectos relacionados con la reducción de las extracciones de agua subterránea, en los acuíferos sobreexplotados, con el fin de conseguir el manejo sostenible del agua.
- Servir de referencia para comparar los resultados del proyecto durante su implantación y para una eventual evaluación ex post.

#### 2. Enfoque y Resultados del Análisis

Por la naturaleza de los diferentes componentes de los programas de acciones, el enfoque del análisis económico varía en función de la misma. Son de dos tipos:

- La implantación de la plasticultura implican un análisis corriente de proyecto de riego (*Anexo F*).
- La viabilidad del sistema de la presa del Realito, en uso conjuntivo con los recursos de agua subterránea de Villa de Reyes, para el abastecimiento en agua potable de la zona conurbada de San Luis Potosí se analiza por el costo marginal a largo plazo. En adición al criterio financiero, se efectúa el análisis económico para tener en cuenta el beneficio ambiental derivado de esta diversificación en fuente de abastecimiento. Específicamente, el sistema permitiría cancelar los pozos de bombeo localizados en el interior del casco urbano que presentan problemas de calidad por la concentración de su agua en fluoruro (ver *Anexos J y M*).

## 2.1 Implantación de Plasticultura

### *En Villa de Reyes*

Como se analiza en el Anexo F, la producción agrícola en el municipio de Villa de Reyes (que depende de los recursos del acuífero Jaral de Berrios - Villa de Reyes) se puede dividir en dos grupos claramente diferenciados. Uno es el de los productores agrícolas de carácter empresarial, que siembran grandes extensiones de alfalfa de baja productividad socio-económica. El otro grupo está representado por medianos y pequeños productores particulares y ejidatarios, orientados a otro tipo de cultivos como maíz, frijol, alfalfa y otros. Los niveles de tecnología aplicada son diferentes en estos dos grupos, ya que los productores de tipo carácter empresarial suelen utilizar riego a presión en sus cultivos mientras que los medianos y pequeños propietarios y ejidatarios presentan una situación socioeconómica, caracterizada por la dificultad de acceder a créditos y por el desconocimiento de la plasticultura. Lo que lleva a proponer un plan de tecnificación con bajos costos de inversión y en el que se plantea una utilización máxima de mano de obra propia. Ello va a contribuir a la reducción en los costos de producción, que en el caso del acolchado representa alrededor del 25% de los costos totales de cultivo, hasta llegar al invernadero y casas sombra, donde la contribución de estos costos por concepto de mano de obra puede ser mayor del 50%.

La plasticultura que se propone para Villa de Reyes consiste en la implantación de Unidades de producción de 80 ha agrupando 20 productores. Cada productor tendría un módulo de producción constituido por 4 ha de acolchado en rotación anual (dos cultivos anuales de 2 ha en diferentes campos para prevenir problemas de contaminación de origen biológico en el suelo) y de 0,2 ha de invernadero; la superficie restante se reservaría para servicios, caminos, etc. Este planteamiento llevaría una necesidad de mano de obra por unidad de cultivo de 2 personas permanentemente ocupadas por módulo.

El sistema de rebombeo y filtros alimentaría a las 80 ha (acolchado más invernadero) y se dispondría del sistema de ferti-riego en cabeza de cada unidad de cultivo. Los invernaderos tendrían el suelo con acolchado plástico, para evitar la competencia con malas hierbas, y un sistema de goteo con tubos, mientras que en el acolchado se utilizaría cinta de goteo que se cambiaría junto con el plástico cada año, realizándose dos ciclos de cultivo. Cuando el trasplante se realice en épocas con riesgo de heladas, una opción sería colocar una cubierta flotante (agribón o EVA) con un fuerte efecto termoaislante. El costo de la reposición de la cinta, el del acolchado y el la cubierta flotante se ha agregado a los costos de producción de los dos cultivos en el año, mientras que el sistema de rebombeo, filtros, ferti-riego y líneas principales se consideran como inversión. En el invernadero se sembraría tomate o pimiento corto de carne gruesa con ciclo largo para cultivo durante todo el año. Para el caso de la superficie de acolchado, se probarán varias combinaciones de hortalizas en los dos ciclos anuales. Los cultivos propuestos para el análisis son chile-calabacita en el acolchado y tomate en el invernadero.

A continuación se ofrecen datos de inversión, costes de cultivo, producción e ingresos; con estos datos se calcularon beneficios netos con precios y rendimientos mínimos y medios. El costo promedio del jornal para 2003 se supuso de 95 pesos, de acuerdo a información de SAGARPA. En la **Tabla L.1** se presenta un resumen de las características de producción de las 80 ha, que corresponden a 3,8 ha de jitomate bajo sistema de protección y 38 ha de acolchado en combinación de chile y calabacita.

**Tabla L.1. Resumen de las características de la Unidad de producción en plasticultura**

Concepto	Cantidad	Unidad	Observación
Unidad de producción			
Invernadero	3.8	ha	
Acolchado	38.0	ha	
Reposo	38.0	ha	
Caminos, servicios	0.2	ha	
<i>Total</i>	80.0	ha	
Costo Invernadero	9,720,000	\$	Estructura
Costo Cabeza sistema riego	920,000	\$	Cabeza y líneas principales
Costo producción de la Unidad	10,127,000	\$	
Valor producción de la Unidad	15,650,000	\$	
Requerimiento riego de Unidad	347,700	m3	6,500 invernadero y 8,500 acolchado (m3/ha)
<i>Desglose</i>			
<i>Invernadero</i>			Tomate bola o pimiento verde
Invernadero	2,558,000	\$/ha	
Cabeza de sistema	22,000	\$/ha	
Costo Producción	1,530,000	\$/ha	
Valor Producción	2,320,000	\$/ha	
Rendimiento	80,000	kg/ha	
<i>Acolchado</i>			
<i>Chile</i>			1° febrero a 15 de junio
Costo Producción	61,500	\$/ha	se carga total costo cintilla, acolchado y agríbon
Valor Producción	90,000	\$/ha	
Rendimiento	45,000	kg/ha	
<i>Calabacita</i>			15 de julio a 15 de noviembre
Costo Producción	52,100	\$/ha	
Valor Producción	90,000	\$/ha	
Rendimiento	30,000	kg/ha	

N.B. Se puede utilizar las combinaciones de hortalizas que mas convenga, en función del precio de mercado (chiles de diferentes tipos, pepino, brócoli, calabacita...)

Según el calendario de implantación, con la meta de desarrollar 10 Unidades de producción (800 ha), las inversiones y el valor de la producción al final de cada año se presentan en la **Tabla L.2**.

**Tabla L.2. Programa de implantación, Inversión y Valor de la producción**

	Unidad (N°)	Superficie (ha)
<b>1° Año - Implantación</b>	1	80
Inversión ('000\$)		10,640
Producción acumulada	0	80
Costos producción ('000\$)	0	0
Valor de la producción ('000\$)	0	0
<b>2° Año - Implantación</b>	1	80
Inversión ('000\$)		10,640
Producción acumulada	1	80
Costos producción ('000\$)		10,127
Valor de la producción ('000\$)		15,650
<b>3° Año - Implantación</b>	2	160
Inversión ('000\$)		21,280
Producción acumulada	2	160
Costos producción ('000\$)		20,254
Valor de la producción ('000\$)		31,300
<b>4° Año - Implantación</b>	3	240
Inversión ('000\$)		31,920
Producción acumulada	4	320
Costos producción ('000\$)		40,508
Valor de la producción ('000\$)		62,600
<b>5° Año - Implantación</b>	3	240
Inversión ('000\$)		31,920
Producción acumulada	7	560
Costos producción ('000\$)		70,889
Valor de la producción ('000\$)		109,550
<b>6° Año - Implantación</b>		
Inversión ('000\$)		
Producción acumulada	10	800
Costos producción ('000\$)		101,270
Valor de la producción ('000\$)		156,500
<b>Total</b>		
Implantación	10	800
Inversión ('000\$)		106,400

La evaluación económica de la inversión propuesta para la implantación de la plasticultura se puede sintetizar con los siguientes indicadores:

a) la *T.I.R. financiera*, según las hipótesis de costos y valor de la producción anteriores, incluyendo el beneficio del subsidio a la tarifa 09 (situación actual), se elevaría a 51% (ver **Tabla L-1.1** en **Apéndice L-1**). La tasa puede parecer sorprendente para un proyecto de riego. No lo es porque se trata de hecho de un proyecto de plasticultura.

b) Con un incremento del 20% en los costos de la producción, la T.I.R. se reduciría a 31% (**Tabla L-1.2** en **Apéndice L-1**). Y con una reducción del valor bruto de la producción de 20%, la T.I.R. todavía se quedaría a 18% (**Tabla L-1.3** en **Apéndice L-1**).

c) Suponiendo que el proyecto no beneficie del subsidio a la tarifa 09, lo que incrementaría el costo de producción por el encarecimiento del bombeo para riego, equivalente a unos 2,600 \$/ha/año, la *T.I.R. económica* se situaría en 49% (**Tabla L-1.4** en **Apéndice L-1**).

## 2.2 El sistema El Realito-Villa de Reyes para abastecimiento de agua a la zona metropolitana de San Luis Potosí.

Derivado de las evaluaciones parciales que se elaboraron para jerarquizar las alternativas de abastecimiento a la zona metropolitana de San Luis Potosí, y considerando que la solución de largo plazo que permitiría el desarrollo urbano y agrícola de la zona resultó en la definición como piedra angular del futuro la participación de las acciones de manejo conjunto de recursos subterráneos de Villa de Reyes y de recursos superficiales con la presa del Realito que en conjunto podrían asegurar un volumen de 63 millones de metros cúbicos al año ( $2 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Con esta información, se procedió a obtener el costo por metro cúbico del proyecto integrado, procediendo de la siguiente forma:

**Costos de inversión.** Se consideraron las obras asociadas a un tanque de almacenamiento para traer el agua de Villa de Reyes y una línea de conducción de este sitio a la ciudad de San Luis Potosí, así como la estación de bombeo requerida, ascendiendo esta inversión a 235.32 millones de pesos. En el caso del Proyecto El Realito, se consideraron las inversiones que le corresponden al Estado de San Luis Potosí sobre la presa y la línea de conducción, así como la estación de bombeo requerida para traer el agua a la ciudad, esta inversión asciende a la cifra de 700 millones de pesos.

**Costos de Operación y Mantenimiento.** En esta componente se contemplaron los costos de energía eléctrica, personal, conservación, reposición de equipos, y para el caso del proyecto de Villa de Reyes, se incluyó el costo del agua que se le pagaría a los agricultores derivado del intercambio.

**Volúmenes aprovechados.** Se definieron los volúmenes aprovechables de las dos opciones, sumando los  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  de manera constante. En este sentido, se ha considerado que las deficiencias que pudieran presentarse en alguna de las fuentes se pueden complementar con una mayor explotación de la otra para cumplir con los requerimientos de la ciudad.

**Resultado financiero.** Con la tasa de descuento de 12% anual, el Costo Marginal a Largo Plazo (financiero) del agua del sistema será lo siguiente (ver **Tabla L-1.5** en **Apéndice L-1**):

**Tabla L.3. Costo marginal del agua a largo plazo**

	Costo (\$/m <sup>3</sup> )
El Realito	2.66
Villa de Reyes	6.56
Sistema El Realito-Villa de Reyes	3.95

**Resultado económico.** Como se ha mencionado anteriormente, la realización del sistema El Realito-Villa de Reyes para el abastecimiento en agua potable de la zona conurbada de San Luis Potosí permitiría cancelar los pozos de bombeo localizados en el interior del casco urbano que

presentan problemas de calidad por la concentración de su agua en fluoruro. Se ha estimado que la opción de remoción del fluoruro (en caso de no disponer de recursos externos de sustitución como los del sistema del Realito-Villa de Reyes) necesitaría una inversión de 150 millones de pesos y un costo operacional anual de 70 millones de pesos (para los 59 correspondientes pozos y un caudal total de 1,490 l/s). El sistema del Realito-Villa de Reyes permitiría ahorrar la opción de remoción significa un beneficio (económico y ambiental) adicional, en términos de inversión y operación de la correspondiente opción. Teniendo en cuenta este beneficio, el Costo Marginal a Largo Plazo (económico) del sistema se elevaría a 2.54 pesos/m<sup>3</sup> (ver **Tabla L-1.6** en **Apéndice L-1**)

**Tabla L-1.1. Platicultura  
Análisis Económico**

Año	Superficie Implantada (ha)	Superficie productiva (ha)	Inversión (‘000 pesos)	Renovación (‘000 pesos)	Costos producción (‘000 pesos)	Ingresos brutos (‘000 pesos)	Flujo neto (‘000 pesos)
0	80		10640				-10640
1	80	80	10640		10127	15650	-5117
2	160	160	21280		20254	31300	-10234
3	240	320	31920		40508	62600	-9828
4	240	560	31920		70889	109550	6741
5		800			101270	156500	55230
6		800			101270	156500	55230
7		800			101270	156500	55230
8		800			101270	156500	55230
9		800			101270	156500	55230
10		800		10640	101270	156500	44590
11		800		10640	101270	156500	44590
12		800		21280	101270	156500	33950
13		800		31920	101270	156500	23310
14		800		31920	101270	156500	23310
15		800			101270	156500	55230
16		800			101270	156500	55230
17		800			101270	156500	55230
18		800			101270	156500	55230
19		800			101270	156500	55230
20		800			101270	156500	55230
21		720			91143	140850	49707
22		640			81016	125200	44184
23		480			60762	93900	33138
24		240			30381	46950	16569
25		0			0	0	0

**T.I.R. financiera = 51%**



**Tabla L-1.2. Platicultura**  
**Análisis Económico**  
(hipótesis del incremento del 20% en los costos de producción)

Año	Superficie Implantada (ha)	Superficie productiva (ha)	Inversión (‘000 pesos)	Renovación (‘000 pesos)	Costos producción (‘000 pesos)	Ingresos brutos (‘000 pesos)	Flujo neto (‘000 pesos)
0	80		10640				-10640
1	80	80	10640		12152.4	15650	-7142.4
2	160	160	21280		24304.8	31300	-14284.8
3	240	320	31920		48609.6	62600	-17929.6
4	240	560	31920		85066.8	109550	-7436.8
5		800			121524	156500	34976
6		800			121524	156500	34976
7		800			121524	156500	34976
8		800			121524	156500	34976
9		800			121524	156500	34976
10		800		10640	121524	156500	24336
11		800		10640	121524	156500	24336
12		800		21280	121524	156500	13696
13		800		31920	121524	156500	3056
14		800		31920	121524	156500	3056
15		800			121524	156500	34976
16		800			121524	156500	34976
17		800			121524	156500	34976
18		800			121524	156500	34976
19		800			121524	156500	34976
20		800			121524	156500	34976
21		720			109371.6	140850	31478.4
22		640			97219.2	125200	27980.8
23		480			72914.4	93900	20985.6
24		240			36457.2	46950	10492.8
25		0			0	0	0

**T.I.R. financiera = 31%**

**Tabla L-1.3. Platicultura**  
**Análisis Económico**  
 (hipótesis de la reducción en el 20% del Valor de la producción)

Año	Superficie Implantada (ha)	Superficie productiva (ha)	Inversión (‘000 pesos)	Renovación (‘000 pesos)	Costos producción (‘000 pesos)	Ingresos brutos (‘000 pesos)	Flujo neto (‘000 pesos)
0	80		10640				-10640
1	80	80	10640		10127	12520	-8247
2	160	160	21280		20254	25040	-16494
3	240	320	31920		40508	50080	-22348
4	240	560	31920		70889	87640	-15169
5		800			101270	125200	23930
6		800			101270	125200	23930
7		800			101270	125200	23930
8		800			101270	125200	23930
9		800			101270	125200	23930
10		800		10640	101270	125200	13290
11		800		10640	101270	125200	13290
12		800		21280	101270	125200	2650
13		800		31920	101270	125200	-7990
14		800		31920	101270	125200	-7990
15		800			101270	125200	23930
16		800			101270	125200	23930
17		800			101270	125200	23930
18		800			101270	125200	23930
19		800			101270	125200	23930
20		800			101270	125200	23930
21		720			91143	112680	21537
22		640			81016	100160	19144
23		480			60762	75120	14358
24		240			30381	37560	7179
25		0			0	0	0

**T.I.R. financiera = 18%**

**Tabla L-1.4. Platicultura**  
**Análisis Económico**  
 (sin el subsidio de la tarifa eléctrica 09)

Año	Superficie Implantada (ha)	Superficie productiva (ha)	Inversión (‘000 pesos)	Renovación (‘000 pesos)	Costos producción (‘000 pesos)	Ingresos brutos (‘000 pesos)	Flujo neto (‘000 pesos)
0	80		10640				-10640
1	80	80	10640		10335	15650	-5325
2	160	160	21280		20670	31300	-10650
3	240	320	31920		41340	62600	-10660
4	240	560	31920		72345	109550	5285
5		800			103350	156500	53150
6		800			103350	156500	53150
7		800			103350	156500	53150
8		800			103350	156500	53150
9		800			103350	156500	53150
10		800		10640	103350	156500	42510
11		800		10640	103350	156500	42510
12		800		21280	103350	156500	31870
13		800		31920	103350	156500	21230
14		800		31920	103350	156500	21230
15		800			103350	156500	53150
16		800			103350	156500	53150
17		800			103350	156500	53150
18		800			103350	156500	53150
19		800			103350	156500	53150
20		800			103350	156500	53150
21		720			93015	140850	47835
22		640			82680	125200	42520
23		480			62010	93900	31890
24		240			31005	46950	15945
25		0			0	0	0

**T.I.R. económico = 49%**

Tabla L-1.5. Sistema El Realito – Villa de Reyes

Año	Inversión			Costos Operac. y Mantenim.			Factor de Actualizac.	Costos Actualizados			Volúmenes			Volúmenes actualizados			
	(millones de pesos)			(millones de pesos)				(millones de pesos)			(millones m <sup>3</sup> )			(millones m <sup>3</sup> )			
	Villa Reyes	Realito	Total	Villa Reyes	Realito	Total		Villa Reyes	Realito	Total	Villa Reyes	Realito	Total	Villa Reyes	Realito	Total	
1	58,83	175	233,83				1,000	58,83	175,00	233,83							
2	58,83	175	233,83				0,893	52,53	156,25	208,78							
3	58,83	175	233,83				0,797	46,90	139,51	186,41							
4	58,83	175	233,83				0,712	41,88	124,56	166,44							
5				47,87	97,87	145,73	0,636	30,42	62,20	92,62	3154	3154	63,07	20,04	20,04	40,08	
6				47,87	97,87	145,73	0,567	27,16	55,53	82,69	3154	3154	63,07	17,89	17,89	35,79	
7				47,87	97,87	145,73	0,507	24,25	49,58	73,83	3154	3154	63,07	15,98	15,98	31,95	
8				47,87	97,87	145,73	0,452	21,65	44,27	65,92	3154	3154	63,07	14,27	14,27	28,53	
9				47,87	97,87	145,73	0,404	19,33	39,53	58,86	3154	3154	63,07	12,74	12,74	25,47	
10				47,87	97,87	145,73	0,361	17,26	35,29	52,55	3154	3154	63,07	11,37	11,37	22,74	
11				47,87	97,87	145,73	0,322	15,41	31,51	46,92	3154	3154	63,07	10,15	10,15	20,31	
12				47,87	97,87	145,73	0,287	13,76	28,13	41,90	3154	3154	63,07	9,07	9,07	18,13	
13				47,87	97,87	145,73	0,257	12,29	25,12	37,41	3154	3154	63,07	8,09	8,09	16,19	
14				53,20	157,87	211,07	0,229	12,19	36,18	48,37	3154	3154	63,07	7,23	7,23	14,45	
15				47,87	97,87	145,73	0,205	9,79	20,03	29,82	3154	3154	63,07	6,45	6,45	12,91	
16				47,87	97,87	145,73	0,183	8,74	17,88	26,63	3154	3154	63,07	5,76	5,76	11,52	
17				47,87	97,87	145,73	0,163	7,81	15,96	23,77	3154	3154	63,07	5,14	5,14	10,29	
18				47,87	97,87	145,73	0,146	6,97	14,25	21,23	3154	3154	63,07	4,59	4,59	9,19	
19				47,87	97,87	145,73	0,130	6,22	12,73	18,95	3154	3154	63,07	4,10	4,10	8,20	
20				47,87	97,87	145,73	0,116	5,56	11,36	16,92	3154	3154	63,07	3,66	3,66	7,32	
21				47,87	97,87	145,73	0,104	4,96	10,15	15,11	3154	3154	63,07	3,27	3,27	6,54	
22				47,87	97,87	145,73	0,093	4,43	9,06	13,49	3154	3154	63,07	2,92	2,92	5,84	
23				47,87	97,87	145,73	0,083	3,96	8,09	12,04	3154	3154	63,07	2,61	2,61	5,21	
24				53,20	157,87	211,07	0,074	3,93	11,65	15,57	3154	3154	63,07	2,33	2,33	4,65	
25				47,87	97,87	145,73	0,066	3,15	6,45	9,60	3154	3154	63,07	2,08	2,08	4,16	
26				47,87	97,87	145,73	0,059	2,82	5,76	8,57	3154	3154	63,07	1,86	1,86	3,71	
27				47,87	97,87	145,73	0,053	2,51	5,14	7,65	3154	3154	63,07	1,66	1,66	3,31	
28				47,87	97,87	145,73	0,047	2,24	4,59	6,83	3154	3154	63,07	1,48	1,48	2,96	
29				47,87	97,87	145,73	0,042	2,00	4,10	6,10	3154	3154	63,07	1,32	1,32	2,64	
30				47,87	97,87	145,73	0,037	1,79	3,66	5,45	3154	3154	63,07	1,18	1,18	2,36	
								<b>470,76</b>	<b>1 163,52</b>	<b>1 400,44</b>	<b>819,94</b>	<b>819,94</b>	<b>1639,87</b>	<b>177,23</b>	<b>177,23</b>	<b>354,46</b>	
								<b>Costo Marginal a largo Plazo (financiero)</b>					<b>COSTO (peso/m<sup>3</sup>)</b>				
														<b>VdeReyes</b>		<b>2,66</b>	
														<b>Realito</b>		<b>6,56</b>	
														<b>V. de Reyes+Realito</b>		<b>3,95</b>	

Tabla L-1.6. Sistema El Realito – Villa de Reyes

Año	Inversión				Costos de Operación y Mantenimiento				Factor de Actualización	Costos Actualizados				Volúmenes			Volúmenes actualizados		
	(millones de pesos)				(millones de pesos)					(millones de pesos)				(millones de m <sup>3</sup> )			(millones de m <sup>3</sup> )		
	Villa Reyes	Realito	Rem. Fluor	Total	Villa Reyes	Realito	Rem Fluor	Total		Villa Reyes	Realito	Rem. Fluor	Total	Villa Reyes	Realito	Total	Villa Reyes	Realito	Total
1	58,83	175		233,83					1,000	58,83	175,00		233,83						
2	58,83	175		233,83					0,893	52,53	156,25		208,78						
3	58,83	175		233,83					0,797	46,90	139,5		186,4						
4	58,83	175	100	83,83					0,712	41,87	124,56	106,77	59,67						
5					47,87	97,87	70,00	75,73	0,636	30,42	62,20	44,49	48,13	3154	3154	63,07	20,04	20,04	40,08
6					47,87	97,87	70,00	75,73	0,567	27,16	55,53	39,72	42,97	3154	3154	63,07	17,89	17,89	35,79
7					47,87	97,87	70,00	75,73	0,507	24,25	49,58	35,46	38,37	3154	3154	63,07	15,98	15,98	31,96
8					47,87	97,87	70,00	75,73	0,452	21,66	44,27	31,66	34,26	3154	3154	63,07	14,27	14,27	28,53
9					47,87	97,87	70,00	75,73	0,404	19,33	39,53	28,27	30,59	3154	3154	63,07	12,74	12,74	25,47
10					47,87	97,87	70,00	75,73	0,361	17,26	35,29	25,24	27,31	3154	3154	63,07	11,37	11,37	22,74
11					47,87	97,87	70,00	75,73	0,322	15,41	31,5	22,54	24,38	3154	3154	63,07	10,15	10,15	20,3
12					47,87	97,87	70,00	75,73	0,287	13,76	28,13	20,12	21,77	3154	3154	63,07	9,07	9,07	18,13
13					47,87	97,87	70,00	75,73	0,257	12,29	25,12	17,97	19,44	3154	3154	63,07	8,09	8,09	16,18
14					53,20	157,87	70,00	141,07	0,229	12,19	36,13	16,04	32,33	3154	3154	63,07	7,23	7,23	14,46
15					47,87	97,87	70,00	75,73	0,205	9,79	20,03	14,32	15,50	3154	3154	63,07	6,45	6,45	12,9
16					47,87	97,87	70,00	75,73	0,183	8,74	17,88	12,79	13,84	3154	3154	63,07	5,76	5,76	11,52
17					47,87	97,87	70,00	75,73	0,163	7,81	15,96	11,42	12,35	3154	3154	63,07	5,14	5,14	10,28
18					47,87	97,87	70,00	75,73	0,146	6,97	14,25	10,20	11,03	3154	3154	63,07	4,59	4,59	9,18
19					47,87	97,87	70,00	75,73	0,130	6,22	12,73	9,10	9,85	3154	3154	63,07	4,10	4,10	8,20
20					47,87	97,87	70,00	75,73	0,116	5,56	11,36	8,13	8,79	3154	3154	63,07	3,66	3,66	7,32
21					47,87	97,87	70,00	75,73	0,104	4,96	10,15	7,26	7,85	3154	3154	63,07	3,27	3,27	6,54
22					47,87	97,87	70,00	75,73	0,093	4,43	9,06	6,48	7,01	3154	3154	63,07	2,92	2,92	5,84
23					47,87	97,87	70,00	75,73	0,083	3,96	8,03	5,78	6,26	3154	3154	63,07	2,61	2,61	5,2
24					53,20	157,87	70,00	141,07	0,074	3,93	11,65	5,17	10,41	3154	3154	63,07	2,33	2,33	4,66
25					47,87	97,87	70,00	75,73	0,066	3,15	6,45	4,61	4,99	3154	3154	63,07	2,08	2,08	4,16
26					47,87	97,87	70,00	75,73	0,059	2,82	5,76	4,12	4,45	3154	3154	63,07	1,86	1,86	3,7
27					47,87	97,87	70,00	75,73	0,053	2,51	5,14	3,68	3,98	3154	3154	63,07	1,66	1,66	3,31
28					47,87	97,87	70,00	75,73	0,047	2,24	4,59	3,28	3,55	3154	3154	63,07	1,48	1,48	2,96
29					47,87	97,87	70,00	75,73	0,042	2,00	4,10	2,93	3,17	3154	3154	63,07	1,32	1,32	2,64
30					47,87	97,87	70,00	75,73	0,037	1,79	3,66	2,62	2,83	3154	3154	63,07	1,18	1,18	2,36
										470,76	1.163,52	500,17	900,28	819,94	819,94	1639,87	177,23	177,23	354,46
										<b>Costo Marginal Largo Plazo (económico)</b>						<b>COSTO (peso/m<sup>3</sup>)</b>			
																	VdeReyes		2,66
																	Realito		6,56
																	Remoción Fluor		-1,41
																	V. de Reyes+Realito		2,54

**Programa de Modernización del Manejo del Agua  
(PROMMA)**

**MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA  
EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

**Anexo M – El Agrietamiento y la Subsistencia Regional  
del Subsuelo**

## **Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA)**

### **MANEJO INTEGRADO Y SOSTENIBLE DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO DE SAN LUIS POTOSÍ**

#### **Anexo M – El Agrietamiento y la Subsistencia Regional del Subsuelo**

##### **1. El fenómeno de la subsidencia regional del subsuelo: *un problema con causas y efectos bien conocidos***

El fenómeno de subsidencia regional del subsuelo que generalmente provoca asentamientos diferenciales y agrietamiento del terreno, por lo que causa muchos y costosos problemas, entre los cuales podemos observar los siguientes: (i) daños a la infraestructura (caminos y vialidades, puentes, ferrocarriles, redes de agua potable, redes de alcantarillado, ductos enterrados para comunicaciones o electricidad, etc.); (ii) daños a edificios públicos y privados, instalaciones industriales, edificios históricos, iglesias, viviendas, etc.; (iii) daños a los pozos para bombeo de agua subterránea por efectos de fuerzas de arrastre y empujes sobre los ademes; y (iv) cambios en la elevación y pendiente de cauces, canales y drenes. En zonas costeras, la subsidencia puede provocar inundación de playas por el mar en las partes que tienen marea alta.

Además, la subsidencia no se manifiesta como un hundimiento homogéneo, al contrario, la superficie del terreno se asienta de manera no uniforme, como consecuencia de la heterogeneidad del subsuelo que por lo general presenta variaciones de espesor y composición de sus estratos, y diferencias en sus propiedades físicas y mecánicas, tanto en sentido vertical como horizontal, así como por la heterogeneidad de los campos de fuerzas y desplazamientos actuando en el subsuelo, los que dependen de la manera como se realiza en el tiempo y espacio la sollicitación mecánica o física sobre el subsuelo. Lo anterior provoca que la subsidencia regional se presente acompañada de asentamientos diferenciales verticales y horizontales, los cuales pueden conducir a la falla del suelo por esfuerzo cortante y, entonces provocar la aparición de grietas al interior de la masa del suelo, que pueden también manifestarse en la superficie.

Desde los trabajos de Nabor Carrillo (1969) quien por primera vez en la historia de la Mecánica de Suelos, en 1947 explicó de manera brillante, con bases físicas y matemáticas, el fenómeno de la subsidencia regional, es bien conocido que una de las causas más frecuentes, es la modificación del estado de esfuerzos efectivos en la masa del suelo debida a la extracción del fluido que ocupa los poros del suelo. Así, Nabor Carrillo en 1947 lo explicó como el bombeo del agua del subsuelo es la causa de la subsidencia del valle de México, que hoy ya supera 8 m de asentamiento entre el Zócalo y el Lago de Texcoco; el mismo Carrillo en 1957, explicó porque la extracción de petróleo y gas era la causa de la subsidencia en Long Beach California; por otra parte, encaminado por Nabor Carrillo, Juárez Badillo (1962) explica de manera brillante el fenómeno de las grietas de tensión en el Lago de Texcoco. Siempre inspirados por Nabor Carrillo, Marsal y Mazari (1959) entre 1947 y 1952 se dieron a la tarea de recopilar, analizar y sintetizar la información sobre el fenómeno (antropogénico) de la subsidencia regional del valle de México y publicaron en 1959 sus

observaciones y análisis sobre los efectos sobre las construcciones de la Ciudad de México. Posteriormente, la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos SMMS (1978, 1985, 1991) ha retomado el tema de los problemas que causa la subsidencia regional, que además de la Ciudad de México, ya está presente en numerosas ciudades del centro y norte de México: la Ciudad de México D.F., las ciudades de Naucalpan, Satélite, Atizapán, Echegaray, Tlalnepantla y Toluca en el Edomex, Santiago de Querétaro, Qro., Morelia, Mich., Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao y León en el Estado de Guanajuato, Aguascalientes, Ags., San Luis Potosí, SLP, y Torreón – Gómez Palacio Coah.-Dgo., por citar sólo las más importantes.

El abatimiento acumulado y permanente de los niveles piezométricos en los acuíferos es la principal causa de subsidencia regional del subsuelo en el suroeste de los Estados Unidos de América. Conforme se continúan abatiendo los niveles piezométricos en los acuíferos, la subsidencia regional también aumenta. A partir de la publicación SMMS (1991) se pueden citar algunos casos reportados por Orozco y Figueroa (1991) en esa misma publicación. Leonard en 1929 reportó una grieta de 4.8 km de longitud que *apareció después de una severa tormenta* en Arizona. Por su parte, Schumann y Davis (1969) en relación con las observaciones en Arizona EE.UU. relatan lo siguiente: “*Los hundimientos y fisuras terrestres de la porción oeste de Pinal County, Arizona, USA, centro-sur, están relacionadas con los abatimientos del agua subterránea, ocasionados por la extracción de agua a gran escala para riego agrícola*”, y también describen los daños ocasionados a la infraestructura de riego y carreteras en Arizona, los daños a la presa Picacho y otros como los agrietamientos conocidos como Eloy-Picacho en Arizona.

Años más tarde, Holtzer (1976) describe un gran número de problemas por grietas del subsuelo en los estados de Arizona, California, Idaho, Nevada y Texas, en los EE.UU.; clasificando las grietas como “fisuras” según tengan o no escalón, describe el proceso de erosión al que quedan sujetas después de su primera apertura y se apoya en el mismo para estimar la profundidad original de la grieta, considerando una abertura entre paredes al origen de 2.5 cm, su sección transversal una vez erosionada y siguiendo un criterio de igualdad de volúmenes. En el mismo trabajo, Holtzer narra que *las grietas se presentan súbitamente y con frecuencia durante fuertes lluvias*; Holtzer reporta que hay evidencias de que algunas grietas se forman en profundidad y se propagan hacia la superficie, y que basta con la falla Eloy-Picacho en Arizona, que ha sido muy estudiada y bien documentada, se podría afirmar sin ninguna duda que la grieta se originó y evoluciona debido a la extracción del agua subterránea.

Durante el Simposio de Subsidencia Regional en Houston Texas en 1984, Holtzer (1984) presenta una actualización de la evolución del fenómeno en los EE.UU., y afirma lo siguiente: “*la falla del suelo tiene lugar en la mayor parte de las áreas de hundimientos causados por la extracción de agua subterránea en los Estados Unidos de América. Solamente pocas áreas con hundimientos no presentan también grietas*”. Holtzer indica que las grietas se presentan en puntos de máxima curvatura del perfil de hundimientos, también destaca la topografía del basamento rocoso, la posibilidad de emplear los conocimientos de la geohidrología, la mecánica de suelos y el flujo de agua en suelos, para predecir la evolución del abatimiento, el potencial de éste para producir grietas, y frenar su aparición o el movimiento de éstas revirtiendo el descenso de los niveles piezométricos en el acuífero, y señala a manera de ejemplos, los casos exitosos del área de Houston y Galveston en Texas, y del valle de Sacramento en California. En la **Tabla M.1** se reportan algunas de las grietas más estudiadas en los EE.UU. indicando su abertura.



**Tabla M.1. Algunas de las grietas más estudiadas en los EE.UU.**

Arizona		Nevada		California		Texas	
Eloy	460 cm	Las Vegas	200 cm	Lancaster	200 cm	El Paso	30 cm
West of Phoenix	550 cm	New Mexico		Southwest of Mendota	900 cm !	Houston	280 cm
Tucson	<30 cm	Albuquerque	< 30 cm	Davis	120 cm		
		Mimbres Basin	60 cm	Santa Clara valley	370 cm		
				Ventura	60 cm		

Al año siguiente, en 1985, la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos y la Asociación Geohidrológica Mexicana, realizaron una Reunión sobre el problema de la subsidencia regional y los agrietamientos en el país, tratando en particular las ciudades de Celaya (Trujillo), Guaymas (Flores) y Zona Metropolitana de la Ciudad de México (Botas y Téllez). Trujillo Candelaria (SMMS, 1985) presentó una descripción de las grietas en la ciudad de Celaya, que se piensa se empezaron a generar 25 años antes, en 1959, y su propagación y movimientos se aceleraron en 1981, fecha que coincide con el aumento sustantivo del bombeo en el D.R. 011 “Alto Lerma” y las URDERALES en los años setentas, con un abatimiento acumulado permanente de los niveles piezométricos de 30 m entre 1959 y 1985. Trujillo (1985) describe que para 1983 se detectaron en la ciudad de Celaya tres grietas, paralelas y orientadas SSE-NNW, y separadas entre ellas de unos 800 m; una de estas grietas de 7 km de longitud y escarpe de 1 m, otra de 10 km con escarpe de 1 m, una tercera con más de 500 m de largo y escarpe de 15 cm.

En ese mismo Simposio de la SMMS (1985), los hermanos Jorge y Manuel Aranda describen la problemática de la ciudad de Aguascalientes, en donde se hizo el levantamiento de diez grietas en la ciudad, orientadas sensiblemente paralelas al cauce del río San Pedro; con escarpe de 70 cm, y aberturas iniciales de 1 a 2 cm.

Recientemente, entre 2002 y 2004, el Instituto del Agua de Aguascalientes INAGUA (2004), con el apoyo de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, la Universidad Autónoma de Querétaro y la Universidad Nacional Autónoma de México, realizaron un amplio estudio que se encuentra magníficamente reportado en la publicación *Agrietamiento en Aguascalientes: causas y efectos*, en donde con abundantes recursos técnicos y científicos, destacando las exploraciones geofísicas del *graben* de Aguascalientes con radar, se investigaron y reportan los resultados que describen la fisiografía, geomorfología y la geología del marco de referencia regional del acuífero del valle de Aguascalientes; incluyendo una descripción de las condiciones geohidrológicas y con base en una serie de hipótesis fundamentadas en los trabajos de Sagasetta (1987), se efectúan modelos de elementos finitos que permiten explicar en parte los mecanismos del agrietamiento producido por la subsidencia regional del valle y sus movimientos diferenciales.

Como veremos más adelante, la zona conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí, y las tierras de los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, y de Villa de Arista, no han estado ajenas a los problemas que ocasiona el fenómeno antropogénico de la subsidencia regional por la sobreexplotación en que se encuentran inmersos los recursos hídricos almacenados en los acuíferos de los tres valles que nos ocupan. Entre los trabajos empleados para realizar el presente Anexo, y que deben destacarse, deben citarse: Labarthe, Mata Segura *et al.* (2005) y Mata Segura (2004); así como las entrevistas que tuvo el autor con varios de los autores de dicho trabajos, y otras personalidades en San Luis Potosí, así como los varios recorridos de inspecciones de campo

y en zonas urbanas por la hermosa y monumental Ciudad de San Luis Potosí, y las poblaciones de Villa de Arista, Villa de Reyes, Jaral de Berrios, San Felipe, y otras más.

## 2. Marco físico de referencia

Los acuíferos de los valles de San Luis Potosí, Villa de Arista y Jaral de Berrios - Villa de Reyes se localizan en las provincias fisiográficas de Mesa del Centro y Sierra Madre Oriental. La parte noroccidental del estado de San Luis Potosí pertenece a la provincia Mesa del Centro, y su fisiografía se caracteriza por las llanuras interserranas constituidas por rocas volcánicas, que en ocasiones se asocian con mesetas volcánicas de altitudes superiores a los 2 000 msnm, bordeadas por depósitos aluviales, característicos de la subprovincia de Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato en donde se encuentran los acuíferos de Jaral de Berrios - Villa de Reyes y San Luis Potosí.

Hacia el norte de la ciudad capital, el acuífero de Villa de Arista se ubica en su porción occidental en la subprovincia Llanos y Sierras Potosino – Zacatecano de la provincia Mesa del Centro, que ocupa la parte norte de la cuenca y que se encuentra representada por lomeríos, llanuras y otros volcánicos, y en su porción oriental, el acuífero se localiza dentro de la subprovincia de las Sierras Occidentales de la provincia Sierra Madre Oriental, en donde la fisiografía se presenta como un conjunto de sierras de rocas sedimentarias marinas calcáreas y clásticas con altitudes que varían entre los 2,000 y 3,000 msnm.

El acuífero del valle de Villa de Arista está en la provincia fisiográfica de Sierras Bajas de la Sierra Madre Oriental. La mayor elevación topográfica de 2600 msnm corresponde a la sierra de Coronado. Los valles en la porción norte tienen altitudes entre 1650 y 2100 msnm. El valle está limitado al poniente por las sierras del Escalón y Guanamé, al norte por la Laguna Seca, al oriente por las sierras de Coronado y Rincón de Leijas, y al sur por el alto La Melada.

Por su geomorfología, los valles de San Luis Potosí y de Jaral de Berrios – Villa de Reyes se ubican en una estructura vulcanotectónica, de tipo *graben*, conocido como *graben de Jaral-Villa de Reyes*, de aproximadamente 150 km de longitud por 15 km de anchura, con rumbo noreste-suroeste, que se continúa en el área de la ciudad y valle de San Luis Potosí, presentando una forma elipsoidal, y con una longitud aproximada de 35 km y un ancho de 24 km en su parte más amplia, orientándose sensiblemente norte-sur, donde el subsuelo en la planicie se constituye de sedimentos aluviales del Cuaternario.

En cuanto al valle de Jaral de Berrios - Villa de Reyes, éste se encuentra circundado al noroeste por las sierras de San Miguelito; la sierra de Santa María, al sureste, y la sierra de Álvarez al noreste. La planicie del valle manifiesta una elevación que va de los 1770 a 1850 msnm, estando la porción más alta situada en la porción de Jaral de Berrios, Guanajuato. Las sierras circundantes forman un relieve con una altura promedio de 2500 msnm, con algunos picos que alcanzan casi los 3000 msnm.

El valle de Villa de Arista presenta la geomorfología de un complejo de rocas sedimentarias, metamórficas e ígneas, en un ciclo geomorfológico que oscila entre juvenil avanzado a madurez temprana; el drenaje es variable de acuerdo con sus tipos de rocas. En Moctezuma se encuentra un conjunto de serranías formadas principalmente por rocas sedimentarias marinas de edad cretácica, muy plegadas, con una orientación NW-SE y una topografía de contornos suaves que da como resultado un ciclo de erosión avanzada. En el municipio de Aqualulco se encuentra un paquete de rocas félsicas terciarias formando parte de una provincia geológica, de espesores muy variables que van de 150 a 200 m.

En la parte SE de Villa de Arista se encuentra la sierra de Rincón de Leijas, que es la prolongación hacia el norte de la sierra El Coro, formando entre ambas el anticlinorio de La Luz, el cual se encuentra representado por una serie de anticlinales y sinclinales cuyos ejes están orientados NW-SE. Es precisamente en esta región, en el cerro El Borrado, donde se presenta la mayor expresión topográfica del área con alturas hasta de 2450 msnm. Al norte y sureste del valle se pueden observar algunos aparatos volcánicos y derrames de lavas de composición basáltica formando mesetas bien definidas, sobre todo al oriente del anticlinorio La Luz.

En cuanto a la hidrología, los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista se encuentran dentro del territorio administrativo de las Gerencias Regionales Cuencas Centrales del Norte y Golfo Norte de la Comisión Nacional del Agua (CNA). Los valles de San Luis Potosí y Villa de Arista forman subcuencas endorreicas de la cuenca del Salado que pertenece a la región hidrológica 37, en donde se ubica la ciudad de San Luis Potosí; en tanto que el valle de Jaral de Berrios - Villa de Reyes forma una subcuenca exorreica que pertenece a la cuenca del río Pánuco y la región hidrológica 26.

En cuanto a las subcuencas de San Luis Potosí y Villa de Arista, éstas se caracterizan como unidades hidrológicas cuyos escurrimientos son de carácter intermitente, que pueden provocar inundaciones cuando ocurren fuertes o abundantes tormentas, sobre todo en las zonas bajas. Entre las principales corrientes superficiales se encuentran el río Santiago que se forma con los escurrimientos de la sierra de San Miguelito y, al sur-suroeste de la ciudad de San Luis Potosí, sus aguas se relacionan con la presa El Peaje. Afluente del río Santiago, está el arroyo La Virgen que nace de la confluencia de los cauces Las Canteritas y Las Canteras, al este del poblado Guadalupe Victoria. El sistema de corrientes superficiales de los arroyos Las Calabacillas, El Paraíso – Clavellinas, y La Campana – Paisano, que descarga en la parte noroeste y norte de la ciudad de San Luis Potosí, en la planicie.

El río Mexquitic cuyos escurrimientos son captados por la presa Álvaro Obregón, y su descarga ocurre en la planicie localizada al norte de la ciudad de San Luis Potosí. El río Española es controlado por la presa Cañada del Lobo, y sus escurrimientos se conducen al Tanque Tenorio, ubicado al sureste de la ciudad de San Luis Potosí. Las descargas de Tanque Tenorio se conducen al norte de la subcuenca, hacia las lagunas Arenas y El Palmarito, localizadas en los alrededores del poblado Peñasco. El arroyo San Antonio que viene de la sierra de San Miguelito y sus escurrimientos se controlan en la presa San Antonio, de donde hacia aguas abajo, el cauce descarga en la planicie localizada al sur de la zona industrial de la ciudad de San Luis Potosí. El arroyo Los Palillos se localiza en el extremo sur de la subcuenca y es controlada por la presa San Carlos. Y, finalmente, los arroyos de la vertiente este, que constituyen un conjunto de corrientes efímeras e intermitentes de un orden de magnitud menor que las corrientes de la vertiente oeste, y su descarga ocurre en la planicie.

Cabe mencionar que anteriormente existían manantiales y ojos de agua en las partes bajas de las sierras y en la planicie, formando corrientes superficiales que descargaban en depresiones y pequeñas lagunas. A este tipo de corrientes pertenecía el río Española, que captaba tanto el escurrimiento generado en la Cañada del Lobo, como de una zona de resumidero (De la Rosa y Llanas, 2000).

La subcuenca de Jaral de Berrios - Villa de Reyes es una unidad hidrológica exorreica, que da origen al río Santa María, el cual escurre en dirección sureste y descarga en la presa San Luis; de donde el río sigue su cauce aguas abajo hasta que confluye con el río Verde para formar el río Tropaón, que escurre hasta su confluencia con el río Moctezuma, dando así origen al río Pánuco.

En esta zona se encuentran manantiales con características variadas, destacándose los termales que se ubican en la parte sur. Estas descargas, como las corrientes superficiales, son aprovechadas a través de una gran cantidad de obras hidráulicas como bordos, tanques, lagunas y canales. Lo anterior, aunado a la explotación del agua subterránea, ha cambiado las características de drenaje de la subcuenca.

En la subcuenca de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, las corrientes superficiales de mayor relevancia por el volumen escurrido, se encuentran en la vertiente oeste y nacen principalmente en la sierra de San Miguelito. Algunas de estas corrientes son el arroyo El Meco que se ubica al norte de la subcuenca y descarga a la laguna San Vicente; los arroyos La Laja y Grande que se originan en la sierra de San Miguelito y confluyen poco antes de descargar a la presa San Luis. El arroyo Guadalupe que nace en la sierra de San Miguelito y se desplaza de norte a sur hacia la planicie. Su escurrimiento es controlado por el bordo Santa Ana, descargando al norte del poblado Guadiana.

En la porción noroeste de la subcuenca está el arroyo San Miguel – Altamira que se origina en la confluencia de las corrientes El Tecolote (sierra de San Miguelito), Toriles, Calabacillas y San José (sierra de San Miguelito). Sus escurrimientos son controlados por los bordos Cabras, Tortugas, Providencia, del Guao y Dolores. Aguas abajo del borde Dolores, el cauce escurre del oeste al este, cambiando luego hacia el suroeste y al noreste. Atraviesa el poblado Villa de Reyes y finalmente descarga en la presa San Luis.

Existen diversas corrientes al suroeste, sur y sureste del valle, que descargan a la planicie a lo largo de una franja que abarca los poblados San Bartolo de Berrios, Jaral de Berrios y Villa de Reyes, y que son controladas por bordos como El Refugio, San Francisco, Guadalupe, La Chirimoya, Santa Catarina, La Ruma y El Cuervo, así como por canales diseminados entre las zonas utilizadas por los agricultores.

Como un dato de interés cuando se trata de pensar en recarga, históricamente se tienen registros de que la capacidad de drenaje de algunas partes de la vertiente oeste de la subcuenca de San Luis Potosí se ve excedida, provocando paradójicamente inundaciones en una región semiárida y árida.

Por lo que respecta a la subcuenca de Villa de Arista, debido a que la evapotranspiración estimada en 1942 mm/a es notablemente superior a la precipitación media anual 391 mm/a, resulta en una ausencia total de escurrimientos superficiales de importancia, con excepción de pocos arroyos intermitentes, como el de Cañada Verde que desciende de la sierra de Guanamé en la porción noroccidental del valle, y cuyos cauces funcionan como zonas de recarga en los abanicos aluviales.

En cuanto al clima, la subcuenca de San Luis Potosí en su porción norte presenta un clima muy seco templado (BWk). En la sierra de San Miguelito (al oeste) y en la sierra de Álvarez (al este), el clima es semiseco templado (BS1k). En los alrededores de la ciudad de San Luis Potosí y en la parte oriental el clima es seco templado (BSk).

Por lo que respecta a la subcuenca de Jaral de Berrios - Villa de Reyes, en su porción norte el clima es seco templado (BSk) y, conforme uno se desplaza hacia el centro – sur, el clima cambia a seco semicálido (BSh). En las partes sur, oeste y este el clima predominante es semiseco

templado (BS1k). Es importante señalar que los climas BS son intermedios entre los muy áridos (BW), y los húmedos (A o C).

En cuanto a la subcuenca de Villa de Arista, el clima es árido con inviernos fríos (BSk<sub>wg</sub>), del tipo seco estepario y va de frío a templado.

### **El ciclo hidrológico y los eventos hidrometeorológicos extremos en los valles de San Luis Potosí y de Jaral de Berrios – Villa de Reyes**

**La precipitación pluvial** media anual para el período 1961-2000 es de 410 mm/año, con un valor máximo en 1988 con 677 mm/año, mientras que la lluvia anual mínima se presentó en 1962, con 203 mm/año. Como es característico de México, la distribución anual de la lluvia alcanza sus mayores valores entre mayo y septiembre, periodo donde llueve el 67% del total anual de lluvia.

**La temperatura** media anual alcanza un valor de 17.6°C, con una mínima de 13.1°C en enero y una máxima de 21.0°C para junio.

**La evaporación** media anual es de 1685.6 mm/año, con un valor mínimo de 1.264.4 mm/año y máximo de 2.010.4 mm / año.

Las sequías en la región de estos valles son fenómenos recurrentes por las oscilaciones que presenta la ocurrencia de la lluvia, y se sabe que esto incide de manera importante sobre todos los usos del agua, pero también es un serio factor de proliferación de incendios forestales, ocasionando grandes daños de deforestación y posterior erosión. Las granizadas no presentan un patrón de comportamiento bien definido, sin embargo, por lo general ocurren en la estación cálida del año como resultado del fenómeno de convergencia atmosférica. Afectan de manera más significativa a la agricultura del valle de Villa de Arista, en donde graniza de 1 a 5 días al año, en ocasiones con tal intensidad que causan el siniestro de prácticamente la totalidad de los cultivos en unas horas.

En cuanto a las heladas, éstas ocurren en las partes bajas de los valles, y las temperaturas bajo cero por la noche pueden presentarse hasta 5 días al año en la zona de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, mientras que en el valle de Villa de Arista pueden ocurrir heladas de 5 a 10 días al año. En sus partes bajas, la subcuenca de San Luis Potosí está expuesta a inundaciones recurrentes, debido a tormentas intensas que se presentan en las partes altas de la sierra de San Miguelito, ocurriendo casos de inundación con una frecuencia de aproximadamente de 4 años.

En cuanto a las características edafológicas de los estratos superficiales del subsuelo, y considerando la clasificación de suelo propuesta por la FAO – UNESCO (1968; en: INEGI, 1985), las unidades de suelo presentes en los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, de San Luis Potosí y de Villa de Arista son litosoles<sup>1</sup>, xerosoles<sup>2</sup>, phaeozems<sup>3</sup> y fluviosoles<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> *Litosoles* (Griego: lithos, piedra) son suelos predregosos con poco espesor de tierra suelta sobre la roca madre dura y a muy poca profundidad. Es un suelo de formación reciente y en vías de desarrollo.

<sup>2</sup> *Xerosoles* (Griego: xeros, seco) son suelos semidesérticos.

<sup>3</sup> *Phaeozems* (Griego: phaios, negruzco; Ruso: zemlja, tierra) son suelos ricos en materia orgánica y de color oscuro.

<sup>4</sup> *Fluviosoles* (Latín: fluvius, fluvial) son suelos de llanuras aluviales y depósitos aluviales localizados en las planicies de inundación de los cauces principales.

### 3. Marco geológico de referencia

Los valles de Jaral de Berrios - Villa de Reyes y San Luis Potosí por una parte, y el valle de Villa de Arista por la otra, forman estructuras vulcanotectónicas de tipo *graben*, con dimensiones aproximadas del *graben Jaral-Villa de Reyes* para la porción del valle de Jaral de Berrios – Villa de Reyes de 150 km de longitud por 15 km de anchura y rumbo noreste-suroeste, que se continúa en el área de la ciudad de San Luis Potosí, con rumbo norte-sur y una longitud aproximada de 35 km. Es decir, los citados valles se encuentran en cuenca de fractura, la que surge tanto en el interior de zonas plegadas, como a lo largo de fracturas que delimitan bloques del basamento activadas por movimientos tectónicos.

El valle sobre la estructura geológica del graben de Jaral-Villa de Reyes, se caracteriza por la presencia de grandes fallas que dan origen al graben y que presentan una orientación NNE-SSW, reflejándose en el campo como numerosos escarpes en la dirección mencionada. Se encuentran también fallas y fracturas de menores dimensiones que afectan a las rocas volcánicas que afloran en las sierras que circundan al valle. Existe otro graben que se extiende en dirección NW-SE, el cual corta al valle de Jaral a la altura de la presa El Refugio y el poblado de Jaral de Berrios. Las fallas de este graben se continúan en dirección NW rumbo al valle de Bledos, así como al SE del poblado de Melchor. Fallas paralelas a los dos sistemas mencionados se encuentran a dos km al norte de El Saucillo, y a cuatro km al sur de la Laguna San Vicente. Las rocas volcánicas que forman las elevaciones topográficas presentan un gran número de fracturas, encontrándose en mayor proporción en la zona ubicada al oeste de Jaral de Berrios. Este fracturamiento presenta relación con las zonas de relativa buena conductividad hidráulica en las rocas volcánicas.

El graben Jaral – Villa de Reyes se encuentra colmatado por materiales vulcanoclásticos depositados en un medio lacustre – aluvial. Asimismo, se encuentra limitado lateralmente por fallas normales escalonadas del Terciario Medio (CFE, 1987; en: Vázquez et al., 1990). Está limitado al norte-noroeste por la sierra de San Miguelito y al sur-sureste por la sierra de Santa María. Ambos sistemas montañosos están conformados por rocas volcánicas ácidas. Hacia el noreste está limitado por la sierra de Álvarez, que tiene un rumbo noroeste-sureste y está constituida por sedimentos marinos que forman estructuras anticlinales y sinclinales.

Aguirre-Hernández (1992), después de correlacionar la información litológica de pozos profundos y la geología superficial de los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes, evidenció las fallas originales del graben, en cuya depresión, se inició el depósito del material erosionado de las partes altas que lo circundaban, como la sierra de San Miguelito. En la zona del graben ya existía una depresión hace unos 27 millones de años, siendo en este periodo, cuando se lleva la actividad volcánica que originó el depósito de la toba arenosa, que colmata las partes bajas de la topografía existente y el depósito de la Riolita Panalillo. A partir de ahí se acelera el colapso del graben, cesando paulatinamente la actividad volcánica en la zona. Este colapso provoca fallas interiores y asentamientos posteriores en el bloque ya hundido.

Una investigación más reciente (Martínez-Ruiz, 1997), definió dos depresiones tectónicas en el subsuelo del valle de San Luis Potosí. Una de profundidad de hasta 550 m, denominada Zona de San Luis, de forma rectangular, con escalonamientos en sus márgenes, considerándose como piso rocoso a la Latita Portezuelo o a la Ignimbrita Cantera y como relleno al material aluvial del Cuaternario y a las cenizas volcánicas parcialmente consolidadas de la Formación Panalillo. La otra depresión se localiza en la zona denominada Peñasco, de forma alargada y escalonada de rumbo norte-sur, con una

profundidad máxima de 350 m. Estas dos depresiones se encuentran separadas por un alto estructural de la Latita Portezuelo, entre los poblados de Rinconada y Los Morenos (Martínez-Ruiz, 1997).

El valle de Villa de Arista es una fosa tectónica formada por el mismo tren estructural que dio origen a las fosas de los valles de San Luis y Villa de Reyes. Esta fosa se encuentra bordeada, excepto en su porción austral, por anticlinales conformados por rocas sedimentarias de origen continental y marino de edades Triásico Superior a Cretácico, que fueron depositados en el elemento paleogeográfico denominado cuenca mesozoica situada al occidente de la Plataforma valles-San Luis. Las estructuras siguen una orientación preferencial N-S, y se encuentra en una etapa erosiva juvenil-avanzada.

En el valle de Villa de Arista, hacia el sur, las rocas cretácicas marinas se hallan cubiertas discordantemente por paquetes de rocas ígneas extrusivas terciarias de composición ácida a intermedia, cuya fuente se localiza hacia el sur del área de estudio. Existen también derrames basálticos de poco espesor en las inmediaciones de Moctezuma y Villa de Arista, que conforman mesetas de baja altitud; así como materiales ígneos intrusivos de composición cuarzo-monzonítica que afectan al paquete sedimentario en la Sierra Coronado y son los responsables de la mineralización que ahí se explota.

La fosa tectónica del valle de Villa de Arista fue rellenada durante varios episodios de hundimiento por sedimentos de origen aluvial y fluvio-lacustre, de naturaleza muy heterogénea. De acuerdo con los cortes litológicos que se reportan en informes técnicos de la SRH y SARH de los pozos PSLB construidos por la Subdirección de Geohidrología y Zonas Áridas entre 1975 y 1980, se conoce que el espesor del paquete granular se incrementa de norte a sur, variando de alrededor de 100 m en las cercanías de Venado y Moctezuma, donde el piso rocoso lo constituyen calizas arcillosas y lutitas de la Formación Caracol, hasta más de 200 m en el centro del valle Villa de Arista, donde no se ha alcanzado el piso rocoso del acuífero. De acuerdo con lo reportado en el estudio realizado en 1981, el espesor del relleno en esta zona puede ser del orden de 250 a 300 m. Finalmente abanicos aluviales de edad cuaternaria se han estado formando en los bordes de las sierras que rodean toda la cuenca.

Para establecer las características más relevantes tanto del marco geológico regional, su secuencia estratigráfica y las condiciones tectónicas en los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes, se recomienda consultar la información geológica publicada en varios trabajos, entre los que destacan, por orden cronológico: López-Ramos (1979), Labarthe y Tristán (1983), Ortega *et al.* (1992), Consejo de Recursos Minerales (1992), Valencia-Islas (1996), y Martínez-Ruiz, 1997, así como en la excelente colección del Instituto de Geología de la UASLP, entre otras fuentes.

#### **4. Propiedades geotécnicas del subsuelo**

Los rellenos de las fosas tectónicas que conforman el *graben* de Jaral-Villa de Reyes y el *graben* donde se encuentra el valle de Villa de Arista, pueden clasificarse como Aluvión del Cuaternario (Qal). Estos rellenos se formaron por el transporte y depósito de los materiales producto de la erosión de las formaciones rocosas, hacia la planicie de los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes (Aguirre-Hernández, 1992). Los rellenos se presentan como conglomerados, con fragmentos y boleto de rocas ígneas y sedimentarias, subredondeados y empacados en una matriz de arenas limosas o limo arenosas, con cementación calcárea ( $\text{CaCO}_3$ ). Los rellenos se aprecian sobreyaciendo discordantemente a rocas de las laderas de las sierras de San Miguelito y Álvarez.

Hacia el centro de ambos valles, los depósitos de conglomerados tienden a un cambio lateral de litofacie a arenas, limos y arcillas que conforman el aluvión de la zona. Cabe señalar que, según Labarthe *et al.* (1982) la arcilla conforma un estrato intermedio que secciona a los depósitos aluviales. El subsuelo en la Zona Conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí pertenece a los rellenos de las fosas tectónicas que en su conjunto dan origen al *graben* de Jaral-Villa de Reyes. Rodríguez y Aranda (1978) distinguen cuatro zonas geotécnicas para la Ciudad. A continuación se resumen dichas características, las cuales han sido complementadas por el autor con base en información más amplia y reciente.

**Zona Geotécnica 1.-** Es el área donde se asienta la parte antigua de la Ciudad, y se asemeja a un polígono encerrado al sur y este por la carretera Ojuelos al oeste, Av. José María Venegas, Av. Lago Ladoga y el Camino Central México – Piedras Negras (salida a Matehuala, Tampico y Saltillo) al NE, y al norte el límite es el cauce del río Santiago. La columna estratigráfica se presenta en la **Tabla M.2**.

**Zona Geotécnica 2.-** Es el área norte de la zona conurbada, limitada al sur por el cauce del río Santiago. Se tiene afloramientos de suelos granulares depositados por el río que se presume sobreyacen al mismo estrato del *Manto cementado* descrito en la **Tabla M.2**. Hacia el oeste de la zona, donde la pendiente del cauce del río Santiago es mayor, aparecen boleos y gravas empacados en una matriz de arena, con espesores de 10 m o más en algunos sitios. Hacia el este de la zona, donde el río vierte sus aguas en la planicie, predominan los suelos compuestos por arenas finas y medias, en ocasiones limosas, de baja compacidad y con apariencia de colapsables.

**Tabla M.2 Columna estratigráfica de la Zona Geotécnica 1 de SLP**

Esesor	Descripción del estrato:
0.3 a 2 m	<i>Manto reciente o superior</i> compuesto por rellenos artificiales o suelos limosos (deleznables y colapsables) que van desde la superficie hasta 2 m de profundidad;
0.5 a 3 m	<i>Manto cementado</i> compuesto por limos arenosos (ML) o arenas limosas (SM), cementadas con $\text{CaCO}_3$ , con algunas inclusiones estratigráficas (lentes y bolsas) de arcilla de baja a mediana plasticidad (CL); a causa de su notable cementación la gente lo conoce como "tepetate". Sobre este estrato se desplantan las cimentaciones de la inmensa mayoría de las construcciones en la ciudad. Su conductividad hidráulica se considera de media a alta, con una transmisividad que va de $2 \times 10^{-3}$ a $2 \times 10^{-2}$ m <sup>2</sup> /s. La porosidad varían de 30 a 55 %
1 a 7 m	<i>Estratos o lentes arcillosos superiores</i> constituidos por arcillas de plasticidad baja a media (CL, CL-SC); estos estratos, que aparecen como una sucesión de lentes arcillosos, desde el punto de vista geohidrológico forman zonas o inclusiones arcillosas que retardan o impiden el flujo vertical del agua en lo que se considera como el <i>acuífero somero</i> . Este <i>estrato arcilloso superior</i> tiene un espesor que varía entre 1 y 7 m; su porosidad varía de 30 a 60%; su conductividad hidráulica varía de $1 \times 10^{-11}$ a $5 \times 10^{-9}$ m/s.
10 a 50 m ó más	<i>Acuífero somero o Manto granular superior</i> , constituido por arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC, SW-SC), de compacidad media a alta, con intercalaciones o inclusiones de lentes y bolsas de arcillas de plasticidad baja a media (CL, CL-SC), sobre todo en la parte del Centro Histórico de la Ciudad de SLP. Su frontera superior se localiza entre 1.9 y 4 m de profundidad, y su base descansa sobre las rocas fracturadas que cubren el basamento cristalino. Los espesores del estrato pueden ir desde 10 m hasta la centena de metros (Labarthe <i>et al.</i> , 1982).
30 a 50 m	<i>Acuitardo – estrato arcilloso intermedio</i> Debido a la frecuencia de inclusiones arcillosas, este estrato puede considerarse con el estrato de arcilla que forma el acuitardo que separa el <i>acuífero somero</i> del <i>acuífero profundo</i> . Su espesor en promedio es de 40 m, con porosidad variable entre 30 y 60%; y conductividad hidráulica variable entre $1 \times 10^{-11}$ y $5 \times 10^{-9}$ m/s.
100 a 300 m	<i>Acuífero profundo - depósitos aluviales del Cuaternario, así Riolita Panalillo y Latita Acuífero (Intermedio) Profundo.</i> - Al igual el <i>Manto granular</i> , los depósitos aluviales se constituyen por conglomerados empacados en una matriz de arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC, SW-SC), de compacidad media a alta, con intercalaciones o inclusiones de lentes y bolsas de arcillas de plasticidad baja a media (CL, CL-SC). Los conglomerados se encuentran sobre rocas fragmentadas y sanas de las formaciones de la Riolita Panalillo y la Latita Portezuelo, así como en amplias zonas en los valles de Jaral de Berrios y de San Luis Potosí se presentan rocas de las formaciones de la Traquita Ojo Caliente e Ignimbrita Santa María. Las rocas que subyacen el potente depósito granular presentan una importante permeabilidad secundaria debida al intenso fracturamiento.



Espesor	Descripción del estrato:
?	<i>Acuífero Profundo</i> . constituido por calizas arcillosas, lutitas y areniscas de las formaciones Indidura, Soyatal y Caracol del Cretácico Superior; por el aspecto arcilloso de sus depósitos se infiere que sus conductividades hidráulicas oscilan de $1 \times 10^{-9}$ a $6 \times 10^{-6}$ . La Comisión Nacional del Agua llama a este el <i>Acuífero profundo</i> para diferenciarlo del <i>Acuífero Intermedio Profundo</i> ya que las rocas cretácicas producen agua con alto contenido de Fluor, lo cual representa ya un serio problema en la Ciudad de San Luis Potosí.

**Zona Geotécnica 3.-** Corresponde al área que se extiende hacia el este y sur la vía que forman la Av. Venegas, la Av. Lago Ladoga y el Camino Central México – Piedras Negras, donde se ubican los desarrollos de la expansión urbana de los últimos 25 años, incluyendo la nueva Zona Industrial, donde también se ubica la Autopista a Querétaro, así como la zona urbana de Soledad al este y NE. Aquí el subsuelo es semejante al de la Zona 1, con la diferencia de que el *Manto granular* no apareció en los sondeos realizados donde el *Manto cementado* se extiende hasta 19 m de profundidad.

**Zona Geotécnica 4.-** Corresponde al área de afloramientos rocosos que se encuentran al oeste, NW y sur de la Ciudad, donde se ubica la Zona Industrial NW donde está la Minera México. El terreno se caracteriza por los afloramientos riolíticos que en ocasiones se encuentran cubiertos por una capa de aluviones cementados.

## 5. La sobreexplotación de los acuíferos en la Región Centro de San Luis Potosí

Por decreto presidencial del 30 de Junio de 1961, una buena parte del valle de San Luis Potosí se declaró Zona de Veda. Posteriormente, el 18 de Octubre de 1962, se vedó la porción complementaria de los valles de San Luis Potosí y Villa de Reyes, con este decreto se cubrió prácticamente toda el área de explotación de ambos valles. Finalmente, el 3 de diciembre de 1985, se vedaron por decreto las porciones faltantes de los municipios de San Luis Potosí y Villa de Reyes, con lo que quedó cubierta, incluso, la zona de recarga de estos acuíferos. Dichas vedas, restringieron el alumbramiento de aguas del subsuelo para cualquier uso, excepto para fines doméstico y abrevadero.

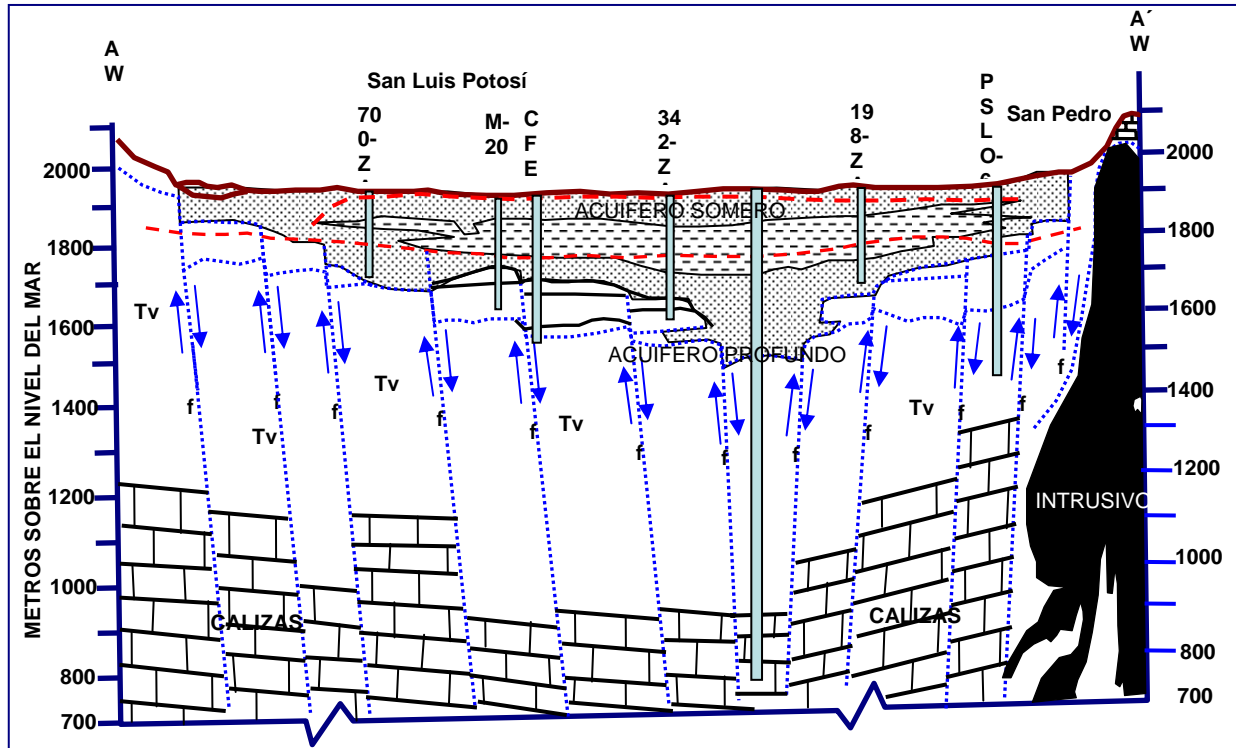
El gran problema, como en muchas otras partes, es que las extracciones de las aguas del subsuelo sobrepasan por mucho, digamos 30%, la recarga natural de los acuíferos, independientemente de que se aprecian cultivos usando volúmenes de agua de riego como la alfalfa, que con toda seguridad (pues han sido evaluados) superan, y por mucho, los volúmenes concesionados en los títulos correspondientes. Como veremos a continuación, la situación se podría adjetivar como inquietante, y cuanto más preocupa porque no son suficientes las acciones que se realizan para detener y luego remediar la problemática, hasta lograr la restauración de los acuíferos, que constituyen auténticas reservas estratégicas para el desarrollo ambientalmente sustentable de estos valles del Estado de San Luis Potosí.

### 5.1 El acuífero del valle de San Luis Potosí

El acuífero del valle de San Luis Potosí, desde siempre, presenta dos niveles piezométricos claramente diferenciados, infiriéndose la existencia de dos unidades geohidrológicas cuyas características ha sido posible conocer con el desarrollo de la explotación, y que se presentan en detalle en el capítulo de Recursos hídricos de este trabajo. Así, el sistema acuífero del valle de San Luis, como se puede apreciar en la **Figura M.1**, se compone de tres capas acuíferas en el subsuelo: en

su parte superior el sistema tiene un *acuífero somero* separado por un acuitardo (arcilloso) del *acuífero (intermedio) profundo*, que a su vez, descansa sobre el basamento rocoso cristalino donde se encuentra el *acuífero profundo rocoso*, el cual también es explotado aprovechando la conductividad hidráulica secundaria y se denomina también como *acuífero rocoso*.

**Figura M.1. Sección del acuífero del valle de San Luis Potosí**



La unidad acuífera superior, denominada como el *acuífero somero*, se extiende bajo una superficie de aproximadamente 230 km<sup>2</sup>, y se forma de rellenos constituidos por sedimentos de suelos granulares de origen aluvial, con estratos que en su conjunto tienen un espesor variable entre 4 y 60 m; los niveles piezométricos se encuentran a profundidades menores a los 40 m, localizándose los más superficiales (4 m) en la zona urbana y al suroeste de la Delegación de Pozos, incrementándose la profundidad del agua hacia el este, hasta alcanzar valores máximos de 40 m, en la porción noreste, la base del acuífero consiste de un estrato continuo de sedimentos de suelos con alto contenido de arcillas que conforman un acuitardo. En la **Tabla M.3** se resume la información sobre las unidades hidroestratigráficas de los acuíferos de los valles de San Luis Potosí y Jaral de Berrios – Villa de Reyes.

El acuífero somero recibe una recarga natural media anual evaluada en 48 hm<sup>3</sup>/año, y que ocurre por infiltración de los escurrimientos superficiales que descienden desde la sierra de San Miguelito, al oeste y suroeste, así como de la infiltración de la precipitación en toda su extensión, y por flujo lateral. En forma natural ocurre también un drenado del sistema superior hacia la parte profunda del sistema acuífero, por percolación continua del agua que contiene, a través del estrato arcilloso.

**Tabla M.3. Unidades hidroestratigráficas en los valles de San Luis y Jaral - Villa de Reyes**

Unidad	Clasificación hidroestratigráfica	Litología	Espesor promedio (m)
U1	Unidad permeable superior	Depósitos aluviales	10 - 20
U2	Unidad de baja permeabilidad superior	Estrato arcilloso (se infiere igual en V Reyes)	40
U3	Unidad permeable inferior	Depósitos aluviales, Riolita Panalillo y Latita Portezuelo	250
		Traquita Ojo Caliente e Ignimbrita Santa María.	300
U4	Unidad de baja permeabilidad inferior	Formaciones Ididura, Soyatal y Caracol del Cretácico Superior. La Peña y Cuesta del Cura del Cretácico Inferior.	>1200

Además de la recarga natural, se tiene un componente de recarga inducida media anual evaluada en  $65 \text{ hm}^3/\text{a}$ , que se compone de  $57 \text{ hm}^3/\text{a}$  pérdidas en las redes de agua potable y alcantarillado, más  $8 \text{ hm}^3/\text{a}$  por retornos de riego agrícola.

La unidad del *acuífero profundo* es un estrato de composición mixta, cuya parte superior es formada por material aluvial con un espesor medio de 200 m. El acuífero recibe aportaciones por percolación de agua del *acuífero somero* por los espacios filtrantes en las paredes de muchos pozos que bombean en el *acuífero profundo*, pero donde no se selló el tramo en contacto con el *acuífero somero*.

Formando parte del *acuífero profundo*, aunque varios geohidrólogos lo diferencian como el *acuífero rocoso*, se encuentran estratos rocosos más profundos, constituidos por rocas ígneas (tobas arenosas riolitas y latitas), con una topografía sepultada muy compleja, y que sobreyace al basamento rocoso cristalino formado por rocas ígneas impermeables.

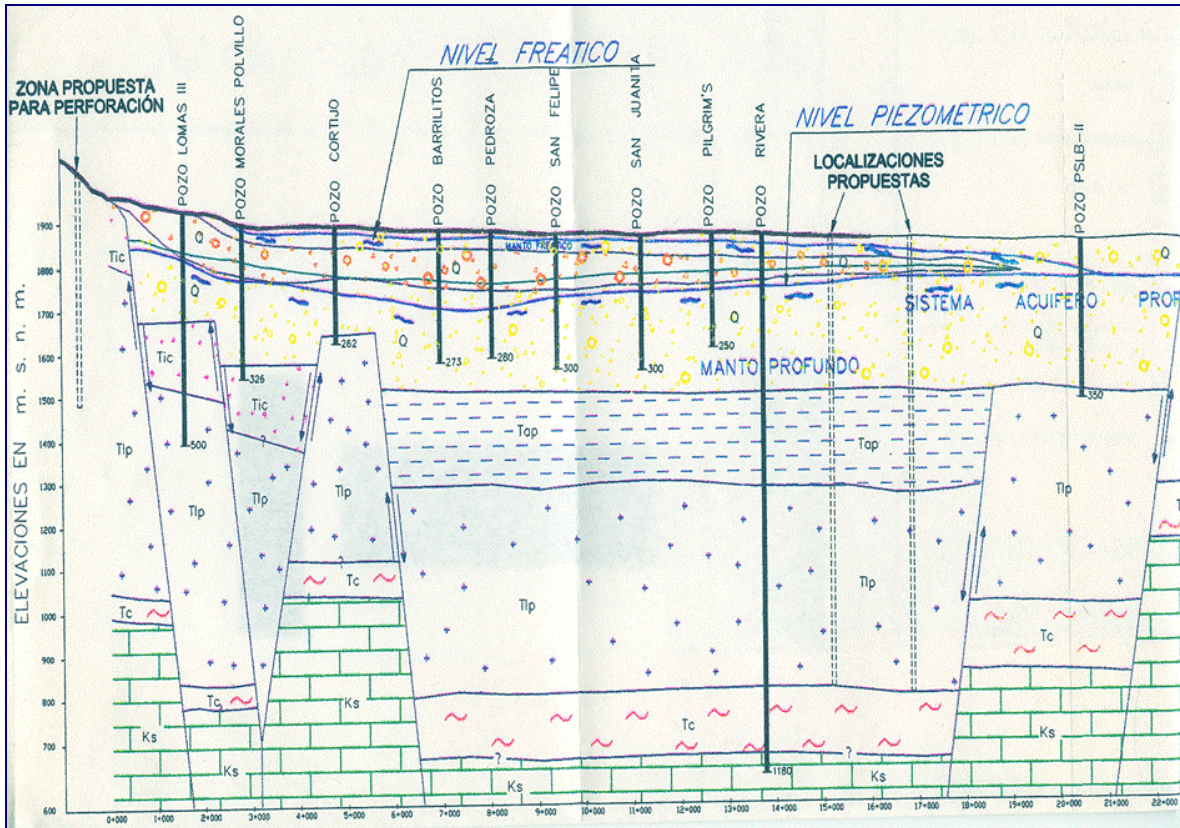
El espesor medio saturado del *acuífero profundo* se calcula, con base en cortes litológicos en pozos, en unos 300 a 350 m; funciona como acuífero libre y en algunas zonas como semiconfinado, como también puede apreciarse en la **Figura M.1**. La recarga de este acuífero ocurre por infiltración del agua de lluvia en las rocas ígneas que conforman su frontera occidental, así como la infiltración ya descrita del agua por percolación desde el *acuífero somero*. En la actualidad las salidas naturales se han invalidado, constituyendo el bombeo su única descarga.

Los niveles estáticos del *acuífero somero* del valle de San Luis Potosí, particularmente en donde se localiza la mancha urbana, no acusan movimientos de importancia, debido a que no se realizan operaciones de bombeo por parte de Interapas (el organismo operador) por estar el agua altamente contaminada por los efectos de las descargas contaminantes de las industrias y de la población urbana, ya que al emplearse durante décadas las aguas residuales no tratadas para riego agrícola, se ha producido una fuerte infiltración de esas aguas que han contaminado gravemente y por completo el *acuífero somero*.

En resumen puede decirse que en el valle de San Luis Potosí, se tiene el *acuífero somero* de tipo libre, constituido por material granular y espesor aproximado de 90 m. En tanto, el *acuífero profundo*, que varía de tipo libre a semiconfinado, presenta una litología diversa y espesor

máximo no bien conocido; pues mientras que los valores entre 180-280 m son comúnmente atravesados por pozos, algunas estimaciones indirectas realizadas con base en geotermómetros químicos cuantitativos, indican la posibilidad de valores mucho mayores, del orden de 1500 m. Exploraciones directas recientes realizadas por la CNA y el INTERAPAS corroboran en parte los espesores propuestos con base en la información indirecta, ya que pozos de profundidades del orden de 800 a 1000 m, con tubería de ademe ciego en los primeros 500 m, han resultado productores de agua termal. En la **Figura M.2** se aprecia otro corte del subsuelo en donde se alojan los acuíferos, indicando los nombres y las profundidades que alcanzan algunos pozos.

**Figura M.2. Geología de los Sistemas Acuíferos del valle de San Luis Potosí**



Para el *acuífero profundo* la historia es otra. En efecto, el abatimiento acumulado permanente registrado en el nivel estático del *acuífero profundo* para el período 1971-2001 varía en el rango de 20 a 50 m. En la zona urbana el abatimiento medio anual llega a los 1.67 m/a, mientras que en la periferia alcanza valores de 0.67 m/a.

El acuífero del valle de San Luis Potosí, en términos de valores medios anuales, tiene una extracción total bruta de  $162 \text{ hm}^3/\text{a}$ , con una recarga natural de  $48 \text{ hm}^3/\text{a}$  y una recarga inducida de  $65 \text{ hm}^3/\text{a}$ , lo que resulta en una extracción neta de  $97 \text{ hm}^3/\text{a}$  y, por lo tanto, en una extracción neta en exceso a la recarga natural, o *minado del acuífero* de  $49 \text{ hm}^3/\text{a}$ , que representan un sobreexplotación de 100% en términos netos o, que crece a 2.4 veces si se compara la extracción bruta con la recarga natural.

## 5.2. El acuífero del valle de Jaral de Berrios - Villa de Reyes

El acuífero del valle de Jaral de Berrios – Villa de Reyes está emplazado en dos secuencias litológicas diferenciadas por su porosidad, es decir, en un suelo granular donde rige su permeabilidad primaria y una roca fracturada donde rige su permeabilidad secundaria, característica estrechamente relacionada a la génesis de las rocas. En donde existe conductividad hidráulica entre los medios poroso y fracturado, el acuífero presenta un comportamiento generalizado del tipo libre heterogéneo; en tanto que el acuífero funciona como semiconfinado y confinado en donde predominan las diferencias por la heterogeneidad lateral y vertical de los suelos que configuran una serie de cuerpos de geometría lenticular con diferentes porcentajes de porosidad efectiva y conductividad hidráulica.

De acuerdo con su constitución, el acuífero puede ser descrito en dos partes definidas en sentido vertical. La parte superior se ubica en una superficie de unos 60 km<sup>2</sup>, localizada en la margen izquierda del río Altamira. Es un acuífero colgado, libre y alojado en el relleno aluvial del *graben*, con un espesor saturado entre 5 y 25 m. Dado que el nivel estático se encuentra entre 0.5 y 6 m de profundidad, la explotación se hace a través de norias y una galería filtrante, mediante tracción manual cuando se trata de usos domésticos y en una menor proporción en forma mecánica y electromecánica, para el riego de pequeñas parcelas destinadas al autoconsumo.

La parte inferior del acuífero se encuentra constituida por depósitos aluviales, lacustres, piroclásticos y rocas volcánicas fracturadas, dentro de una fosa tectónica. Los espesores varían entre 200 y 450 m, los niveles piezométricos se encuentran entre 40 y 120 m de profundidad y los caudales extraídos varían entre 15 y 90 l/s.

En el área de estudio se presentan niveles estáticos someros y profundos, los primeros se observan a través de obras subterráneas someras existentes en esta región como las norias, y estos niveles se asocian principalmente con materiales granulares, pertenecientes a los depósitos aluviales del valle de Jaral de Berrios, asimismo, las obras someras generalmente se ubican en áreas adyacentes a cuerpos de agua superficial como ríos y lagunas, los cuales probablemente lleguen a recargar la zona somera del acuífero cuyas niveles se observan desde valores cercanos a 1 m a 13 m; los más superficiales se manifiestan en las inmediaciones de Puerto Sandoval y áreas cercanas a la Laguna San Vicente, mientras que niveles del orden de 10 m se encuentran al noroeste del ejido El Zapote, en el poblado de Alberto Carrera, zonas adyacentes a Villa de Reyes, Emiliano Zapata y Pardo.

Los niveles estáticos profundos, se observan en pozos que explotan el acuífero a profundidades que llegan a ser mayores de 200 m, atravesando capas de rocas ígneas. En observaciones de la profundidad del nivel estático efectuadas en 1998, los niveles estáticos que presentan las menores profundidades corresponden a 20 a 40 m de profundidad y se localizan en la parte sur del acuífero en los alrededores del poblado de Santa Catalina; profundidades con valores de 50 m se manifiestan al sur de la Laguna de San Vicente, así como en los alrededores de la presa El Refugio; y profundidades del orden de 50 a 60 m se encuentran hacia las partes más bajas del valle. En general, la profundidad de los niveles estáticos en la parte central del valle se pueden considerar en promedio con un valor de 70 m, profundizándose hasta alcanzar valores de 100 m hacia las partes bajas de las sierras que circundan al valle.

En el período 1986-1995, el acuífero del valle de Jaral de Berrios – Villa de Reyes ha estado sujeto a abatimientos anuales de los niveles estáticos con un valor promedio de 1.4 m/a, con algunos máximos del orden de 2.7 m/a como los detectados en las cercanías de la central termoeléctrica existente en esa zona. Analizando la evolución del nivel estático en el período 1996-1998 el acuífero presentó abatimientos de hasta 6 m/a al suroeste de la Presa El Refugio, en tanto que los valores promedio en el acuífero oscilaron entre 3 y 4 m/a, para ese período, es decir, los abatimientos anuales son del orden de 1.5 a 2.0 m/a con máximos de 3.0 m/a, existiendo valores de 1.0 m/a y menores hacia las zonas altas que delimitan el valle.

El acuífero del valle de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, en términos de valores medios anuales, tiene una extracción total bruta de 212 hm<sup>3</sup>/a, con una recarga natural de 103 hm<sup>3</sup>/a y una recarga inducida de 62 hm<sup>3</sup>/a que se compone por 60 hm<sup>3</sup>/a de retorno de riego agrícola y 2 hm<sup>3</sup>/a por pérdidas de las redes de agua potable y alcantarillado; lo anterior resulta en una extracción neta de 150 hm<sup>3</sup>/a y, por lo tanto, en una extracción neta en exceso a la recarga natural, o *minado del acuífero* de 47 hm<sup>3</sup>/a, que representan un sobreexplotación de 45% en términos netos o, que crece a 2.1 veces si se compara la extracción bruta con la recarga natural. El riego agrícola con 190 hm<sup>3</sup>/a, representa el 90% de la extracción bruta total.

### **5.3. El acuífero del valle de Villa de Arista**

El acuífero del valle de Villa de Arista se encuentra en los poros de la estructura del subsuelo formada por los materiales aluviales y sedimentos lacustres que rellenan la fosa. Tanto las fronteras laterales como el piso rocoso se consideran impermeables, ya que corresponden a formaciones de naturaleza calcáreo-arcillosa. El espesor de este acuífero varía desde 100 m en su porción noroccidental a 250 m ó más en la zona de Villa de Arista.

Por medio de pruebas de bombeo se ha demostrado que el comportamiento de este acuífero es libre a semiconfinado. La recarga tiene lugar principalmente en el borde occidental del valle, a lo largo de una franja que se extiende desde Venado, hacia el sur, hasta Potrero el Mezquital, a través de los abanicos de la sierra de Guanamé; la extensión de esta zona de recarga es aproximadamente de 40 km<sup>2</sup>. Otras zonas de recarga las constituyen los bordes de la sierra Alto de Melada y borde de la sierra de Coronado. Actualmente existe una componente adicional de la recarga que es inducida por la infiltración de retornos de riego. La descarga tiene lugar por extracción a través del bombeo, la cual se concentra mayormente en los alrededores del poblado de Villa de Arista. La evapotranspiración es otro fenómeno de descarga que tiene importancia en las zonas de Venado y Moctezuma, donde el nivel estático se encuentra a profundidades someras. Se considera que en la actualidad no existen salidas subterráneas a través de la zona de El Tajo o Guardarraya, debido a la formación del cono piezométrico al norte de Villa de Arista.

El acuífero del valle de Villa de Arista presentó en diciembre de 1981 un rango de profundidades del nivel estático entre 40 y 85 m, y las mayores profundidades se alcanzaron en los alrededores de Villa de Arista. Los abatimientos permanentes acumulados en el periodo de 1971 a 1981 varían entre 2 y 13 m, en función de la intensidad del bombeo para los diferentes años, con algunos descensos puntuales de hasta 18 m. También se identificaron zonas sin cambio en el nivel estático en los flancos occidental, sur y centro-norte del valle.

El acuífero del valle de Villa de Arista, en términos de valores medios anuales, tiene una extracción total bruta de  $78 \text{ hm}^3/\text{a}$ , con una recarga natural de  $37 \text{ hm}^3/\text{a}$  y una recarga inducida de  $11 \text{ hm}^3/\text{a}$ , lo que resulta en una extracción neta de  $67 \text{ hm}^3/\text{a}$  y, por lo tanto, en una extracción neta en exceso a la recarga natural, o *minado del acuífero* de  $30 \text{ hm}^3/\text{a}$ , que representan un sobreexplotación de 81% en términos netos o, valor que crece a 2.1 veces si se compara la extracción bruta con la recarga natural. El riego agrícola con  $73 \text{ hm}^3/\text{a}$ , representa el 94% de la extracción bruta total.

## **6. El fenómeno de subsidencia regional del subsuelo en los valles de San Luis Potosí, Jaral de Berrios – Villa de Reyes y Villa de Arista.**

El autor de este Anexo realizó varios recorridos de campo en la ciudad de San Luis Potosí y en la zona de influencia de los acuíferos de los valles de San Luis Potosí, Villa de Arista, y Jaral de Berrios – Villa de Reyes, en donde pudo observar distintos problemas causados por el fenómeno de subsidencia: agrietamiento del terreno, resumideros o depresiones en el terreno, daños a viviendas y a edificios públicos y privados, daños a obras de infraestructura diversas, daños a parcelas agrícolas, etc. Los recorridos los realizó en compañía generalmente del Ing. Augusto Fernando Ruiz Méndez, Jefe de Aguas Subterráneas en la Gerencia Estatal de la CNA en San Luis Potosí, pero también del Ing. Arturo Jiménez, Líder del equipo de consultores, y del Ing. Francisco Acevedo, Jefe del Área Técnica en la Gerencia Estatal de la CNA en San Luis Potosí. Otros recorridos los realizó solo, y un recorrido especial que organizó y dirigió el Ing. Ricardo A. Gómez Alba Presidente del COTAS del Acuífero de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, A.C., al cual también asistieron de la CNA A. Fernando Ruiz, los consultores Arturo Jiménez, Huges Hoeffner y Venancio Trueba (el autor), y otras personas del COTAS. Este recorrido permitió apreciar en diferentes localidades, la recarga artificial del acuífero por infiltración del escurrimiento superficial en las grietas. En algún caso se estimó un gasto mayor de 200 lps de infiltración, en una grieta que cruza un cauce intermitente cuyo caudal en ese momento se estimó en  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . La consulta, mediante reuniones, con expertos del Instituto de Geología de la UASLP, del IPICYT y de la CNA, entre otros, permitió establecer lo que a continuación se informa y discute.

En el caso de la Ciudad de San Luis Potosí, Rodríguez y Aranda (1978) reportaban hace casi 30 años algunos casos de deformaciones o fallas en construcciones urbanas en la zona urbana de la ciudad, pero sin atribuir, ni siquiera mencionar problemas de subsidencia o de agrietamientos del subsuelo, clásicos de las áreas en donde se tienen acuíferos sobreexplotados. Inclusive, esos los autores señalan que debe verse la posibilidad de aprovechar el acuífero somero del subsuelo de la ciudad de San Luis, como fuente con potencial para el abastecimiento del uso público – urbano.

Nos comentó el Ing. Víctor Julián Martínez, investigador del IPICYT<sup>5</sup>, que él recuerda que en el año de 1984 se reportaron las primeras grietas en parcelas agrícolas en la zona de influencia del acuífero del valle de Villa de Arista, SLP. En 1994, volvió a ocurrir el fenómeno en la misma zona, abriéndose varias grietas, con longitudes mayores de 500 m, aberturas de 5 m (metros) y profundidades de 7 a 8 m (metros). Dichas grietas se abren en esta zona donde el subsuelo se caracteriza por ser un relleno de conglomerado empacado en una matriz de suelo granular con limo arcilloso, a veces predominando los suelos finos (limo arcilloso o arcilla limosa). También él recuerda las grietas de Los González, Derramaderos y Salsipuedes, que presentan un rumbo

<sup>5</sup> IPICYT: Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, A.C.

preferencial SSE-NNW. El Ing. Víctor Julián Martínez atribuye el fenómeno al drenado del agua de los poros de la matriz limo-arcillosa del suelo.

Antes de la década de los años de 1990 ya se habían identificado agrietamientos y hundimientos del terreno en los valles de Jaral de Berrios - Villa de Reyes y de Villa de Arista. Las grietas que cruzaban la carretera Villa Arista - Moctezuma y algunos caminos y la carretera Villa de Reyes –



San Felipe, habían sido reportadas a las autoridades, al igual que las primeras grietas, algunas de ellas espectaculares por sus dimensiones, que aparecieron en varias parcelas agrícolas. Después de algunos años en que los daños fueron atribuidos a defectos constructivos, no es sino hasta 1994, cuando dada la extensión y permanencia del problema de daños a las construcciones, cuando los vecinos del Fraccionamiento Industrial Aeropuerto de la Colonia Aeropuerto, al norte de la Ciudad de San Luis Potosí y en la vecindad del cauce del río Santiago, decidieron realizar un estudio de los problemas causados por agrietamiento del terreno que causó la destrucción de 5 viviendas y daños a 32 viviendas más. Años después, hacia 1996, la grieta se propagó hacia el norte, dañando seriamente la Iglesia de la Santa Cruz.

En la década de los años 90's comenzó a ser notable la noticia del abandono de pozos de bombeo para riego agrícola, así como el incremento de las solicitudes a la CNA para profundización, reparaciones de ademes o relocalización de pozos debido al abatimiento de los niveles del acuífero.

Los investigadores del Instituto de Geología de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí (UASLP): el Ing. José Luis Mata y los doctores Rafael Barbosa Gudino y Rubén López Docel, recuerdan y describen también los mismo hechos. Comentan que hace 20 años, en 1984, aparecieron las primeras grietas, con el problema de la Colonia Aeropuerto. Desde entonces, el Instituto de Geología de la UASLP, se ha dado a la tarea de investigar el fenómeno, logrando detectar 10 fallas geológicas. Sus investigaciones incluyen un estudio gravimétrico con apoyo de la UNAM Campus Juriquilla.

Para los investigadores del Instituto de Geología de la UASLP, entre las causas del agrietamiento se tienen la sobreexplotación de las aguas subterráneas en primerísimo lugar, y una correlación o, inclusive nuevos movimientos de fallas geológicas antiguas.

**La Jornada de San Luis**, del 6 de septiembre de 2003, presentó un reportaje encabezado como **“Causa la lluvia enormes grietas en San Luis Potosí”**. A la letra dice lo siguiente: “Las lluvias que durante varios días de la semana pasada cayeron en los municipios de Villa de Arista y Moctezuma formaron grietas que atravesaron las comunidades de San Rafael y San José del Arbolito y partieron en dos algunas casas. "Esta es una zona semidesértica y la gente grande dice que en más de 20 años no habían tenido lluvias tan fuertes -señaló Marina García, maestra de educación especial en el municipio de Villa de Reyes-. Nuestros niños conocieron lo que es una verdadera lluvia. Ocasiónó las grietas porque fue mucha el agua que circuló por los ríos subterráneos, que hace mucho tiempo se encontraban secos." La capilla de la comunidad de San Rafael se encuentra abandonada, así como las casas que la profunda grieta partió en dos. Este jueves acudieron camiones con tierra para rellenar parte de la grieta que atravesaba una de las calles de la localidad. Manuel Zavala Reyna, propietario de una de las casas ahora inhabitables,



manifestó que la ayuda prometida hasta el momento no ha llegado, pero que tienen esperanza de que cumplirán. Mi familia se tuvo que acomodar en varias casas, dijo. Estamos con familiares que nos han aceptado aquí y en otras localidades; todavía ayer en muchos lugares había agua encharcada, principalmente en los caminos y nos era muy difícil pasar, ya no vamos a poder regresar a nuestra casa y ni siquiera volver a construir. Aquí vivíamos 6, especificó, tres de ellos ahora andan por Real de Catorce y nosotros nos quedamos aquí, donde nos dieron posada "ya está más tranquila la cosa". Comentó que los soldados que aplicaron el plan DN-III en esa zona le ayudaron a sacar su carro de una grieta a la que cayó."

### **Estudios e investigaciones recientes del Instituto de Geología UASLP**

Con base en el importante y reciente trabajo de **Labarthe, Mata Segura *et al.* (2005)** y **Mata Segura (2004)**, presentamos a continuación la información más completa de que disponemos por el momento.

Esos autores indican que durante estos últimos años, en la zona urbana de la ciudad de San Luis Potosí, han estado apareciendo nuevas grietas, lo que está dañando el pavimento de calles, los sistemas de agua potable y drenaje, casas particulares y edificios públicos y privados. Este fenómeno ocurre principalmente a lo largo de la falla que se manifestó en 1984 en la Colonia Aeropuerto, y que los autores denominan como la **Falla Aeropuerto**, con rumbo N-S en su parte septentrional y SSE-NNW en su parte meridional. Los rasgos generales de los daños o perturbaciones debidas a la **Falla Aeropuerto** son: formación de grietas de tensión, depresiones y pliegues alargados de pisos de casas, pavimentos de calles (los ejes de los pliegues y planos de ruptura son oblicuos respecto a la traza de la falla), y asentamientos diferenciales entre los bloques que dividen la falla.

Describen los mismos autores los problemas ocasionados por agrietamiento del subsuelo en la ciudad de San Luis Potosí durante el período 1984-2001. Señalan que entre las principales afectaciones pueden citarse los daños en construcciones ubicadas en las colonias Aeropuerto, Industrial Aviación, los Reyitos y Huerta del Real, así como sobre el Boulevard Río Santiago. Es preocupante el reporte de daños en la zona del Centro Histórico de San Luis Potosí, así como de edificios públicos afectados entre los que pueden citarse: la Academia Estatal de Policía, el Mercado de La Luz, la Iglesia de la Santa Cruz, la Escuela Primaria Federal Ignacio Zaragoza e incipientemente la Escuela Normal del Estado.

En las siguientes fotografías se muestran algunas de las manifestaciones de los problemas de hundimientos o asentamientos totales o diferenciales y el agrietamiento del terreno que está causando la subsidencia regional del subsuelo originada por la sobreexplotación de las aguas subterráneas en los acuíferos objeto de este estudio.



Foto 1 vt



Foto 2 vt

Grieta a la entrada de Villa de Reyes, SLP, que afecta la carretera a Jaral.



Grietas tipo “resumidero” en El Hundido  
(fotos del Consultivo Técnico CNA, 2001)

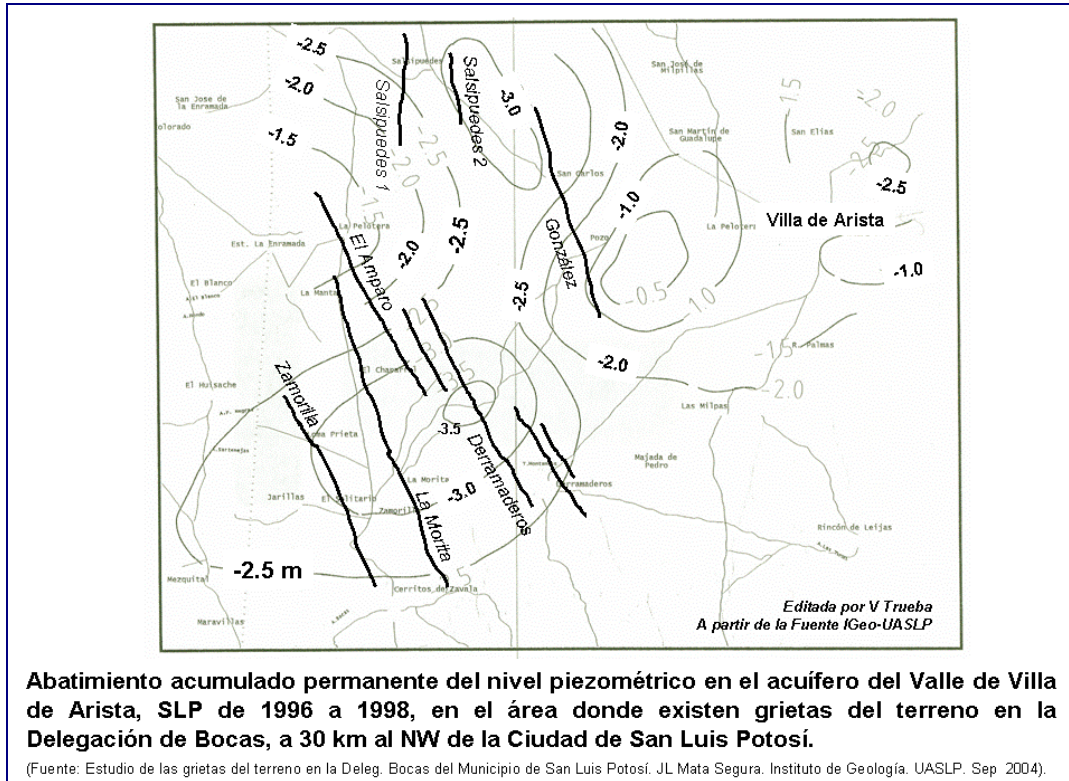


El autor pudo apreciar que en la Plaza del Carmen, en pleno centro Histórico de la Ciudad de San Luis Potosí ya se tienen problemas por asentamientos diferenciales en el suelo en banquetas, vialidades, guarniciones, y en varios edificios públicos y privados. Por ejemplo, el bello edificio colonial que aloja al Museo Nacional de la Máscara (foto 5) ya se encuentra visiblemente dañado por fisuras en los muros de mampostería, techumbre y pórticos recubiertos con cantera; o también y ostensiblemente, la estructura de la Iglesia del Espíritu Santo presenta fisuras transversales que la atraviesan en seis secciones a lo largo de su nave principal, fracturando incluso algunas piezas (gruesas) de mármol que se encuentran al interior recubriendo parte de los muros. Al correlacionar estas manifestaciones con otras señales de movimientos del subsuelo en la Plaza del Carmen, el autor de este Anexo y los investigadores del Instituto de Geología de la UASLP hemos apreciado estos efectos por separado y, al comentarlos y analizarlos conjuntamente, coincidimos en nuestras opiniones técnicas.

Lo observado es muestra inequívoca de los efectos de la subsidencia regional del subsuelo que está causando la sobreexplotación del *acuífero profundo* del valle de San Luis Potosí, que en correlación con las características de los rellenos del graben de Jaral-Villa de Reyes, es decir, de la topografía del basamento rocoso bajo la zona urbana, estarían generando o causando estados de esfuerzos y deformaciones en el subsuelo que producen hundimientos o asentamientos diferenciales del suelo, con la consecuente aparición de fuertes desplazamientos verticales y horizontales, y en algunos casos, las deformaciones son de tal magnitud que causan la falla al esfuerzo cortante del suelo, resultando entonces sí, en discontinuidades cinemáticas en el subsuelo o grietas que se propagan o podrían propagarse hasta llegar a abrir la superficie del

terreno. En la **Figura M.3** se muestra una correlación entre las fallas o grietas que han aparecido y evolucionan en el valle de Villa de Arista y la evolución del abatimiento acumulado permanente de los niveles piezométricos del acuífero.

**Figura M.3. Correlación entre grietas y contornos de abatimiento del agua subterránea**



Labarthe, Mata Segura *et al.* (2005), reportan que los daños en las casas habitación observados por ellos, consisten en la rotura de pisos y paredes, hundimientos y levantamientos en pisos de casas y en el pavimento de las calles. También hay daños y rotura de tuberías de agua y drenaje. En el Boulevard Río Santiago, el piso y los canales laterales por donde se encauzan las aguas residuales se rompen continuamente, haciendo necesario realizar reparaciones en forma periódica.

Labarthe, Mata Segura *et al.* (2005), afirman que la **Falla Aeropuerto** ocurre a lo largo de una línea de orientación N 18° W y se manifiesta desde el edificio de la Escuela Normal del Estado hasta el Río Paisanos. Las construcciones fuera de esta alineación en una franja de  $\pm 2$  m a ambos lados, no parecen ser afectadas. La línea de ruptura sigue un patrón burdamente paralelo a las fallas regionales que están relacionadas a la formación de fosas tectónicas que caracterizan al *graben*. Los primeros reconocimientos y reportes formales del inicio del fenómeno fueron realizados por Barboza<sup>6</sup> *et al.* (1998). En su trabajo, Labarthe, Mata Segura *et al.* (2005), presentan una descripción completa de cómo se van manifestando los daños por la **Falla Aeropuerto**, atravesando las diferentes colonias y su relación con el cauce del río Santiago por una parte, y con el *graben* sepultado, por la otra.

<sup>6</sup> El Dr. Rafael Barboza Gudino es Profesor - Investigador y Director del Instituto de Geología de la UASLP.

**Figura M.4. Zonificación de la Falla Aeropuerto en la Zona Conurbada de SLP**



Por su parte, la Comisión Nacional del Agua (CNA, 2001) realizó una serie de inspecciones de campo y análisis de gabinete para atender y apoyar a la población en el valle de Villa de Arista, debido a que durante las lluvias intensas del mes de agosto de 2001, precipitadas en forma concentrada en el valle de Villa de Arista, se presentaron hundimientos y grietas del terreno natural en la porción sur y este del mismo, afectando casas habitación de las poblaciones rurales cercanas. Se inspeccionaron ocho grietas en igual número de localidades: Rancho San Javier, El Pitayo, El Arbolito, San Rafael, Carretera Villa Arista - Moctezuma, 1ª y 2ª entradas de Salsipuedes, y en el centro de Salsipuedes. De manera general, el reporte CNA (2001) dice que el terreno del valle tiene una cubierta de suelo de espesor variable de “material suelto tipo limoso”,

que en las áreas fuera de las agrícolas sustentan una vegetación de arbustos y plantas xerófilas, sin presencia de pasto, en un ambiente tipo desértico. Las paredes expuestas de las grietas indican un depósito lacustre, predominantemente limo arenoso, con posibles intercalaciones de cuerpos arenosos y de gravilla con arena, en capas de pocos centímetros de espesor.

El reporte de CNA (2001) narra que durante el recorrido a las zonas afectadas se observaron grietas muy diversas: hundimientos del orden de 10m de una noria en San Rafael; alineamientos de fracturas en etapas iniciales, como las del poblado El Pitayo; fallas normales del tipo gravitacional con bloques caídos hacia la zona del centro de la depresión piezométrica, como es el caso de la carretera Villa Arista – Moctezuma; y daños en viviendas en los poblados de San Rafael, El Arbolito y Salsipuedes.

Con mayor detalle y con fines de que este Anexo permita salvaguardar información, se transcribe un resumen del reporte de la CNA (2001) que describe las observaciones realizadas. En el poblado de Rancho San Javier la grieta con dirección N25W, e identificada desde el inicio de los años 90's, cruza la carretera Arista – Moctezuma; en El Pitayo en parcelas agrícolas se presentan varias grietas, sin aparente falla y con ligero hundimiento; en el poblado El Arbolito la grieta con dirección N25W que apareció desde los años 90's, y también se observaron hundimientos del terreno en un campo de fútbol. En el poblado de San Rafael, al norte del Pitayo, la grieta principal en el extremo sur cruzó una vivienda con dirección N40W, pasó por un costado de una Iglesia y continuó hacia el norte, donde se encontraba una noria que se hundió cerca de 10 m con respecto al nivel del terreno.

Sobre la carretera Villa de Arista – Moctezuma, al oeste de Villa de Arista está una grieta antigua que cruza la carretera a Moctezuma, tiene dirección N40W. Esta grieta se presenta como una falla normal con bloque caído hacia el noroeste y un desplazamiento del orden de 1 m. Hacia el suroeste del valle se visitaron tres zonas de grietas en la población de Salsipuedes, las dos primeras con orientaciones N30W y NS, que cruzan el camino de acceso y ya están reparadas, y la tercera grieta en el centro del poblado, con orientación N5W, que afectó algunas viviendas.

Los especialistas de la CNA (2001) explican el mecanismo de grietas y hundimientos como sigue: “durante el abatimiento del nivel de agua del acuífero se generaron fracturas en zonas con debilidad estructural con separación de planos, al disminuir la presión de poro y aumentar la presión intergranular. Los planos de debilidad se mantuvieron estables por la fricción entre las superficies de contacto y el soporte inferior del mismo acuífero. Durante las actividades superficiales de riego y en algunas lluvias en ese período, se erosionó la parte superficial de la grieta y por la infiltración de agua en las mismas grietas, se empezó a lubricar el plano de contacto, por lo que al continuarse el proceso de abatimiento del acuífero, debió propiciar reacomodo de bloques caídos con hundimientos diferenciales lentos o rápidos, según fuera el caso. Al presentarse las lluvias concentradas debió propiciarse una mayor infiltración a través de las grietas, debilitando la resistencia por fricción y generando un corrimiento vertical con hundimiento del terreno. Estos hundimientos provocan reacomodo de partículas granulares, compactación de estratos, disminución de porosidad y consecuentemente de permeabilidad. Durante los hundimientos y dependiendo de la debilidad de las estructuras en el subsuelo, se generaron planos paralelos de fracturas, las que deben comportarse como se ha explicado y propiciar nuevos hundimientos”.

Entre sus conclusiones, los mismos especialistas afirman que “...el fenómeno de agrietamiento y hundimiento que se está presentando en el valle de Villa de Arista tiene su origen en el abatimiento excesivo de los niveles del acuífero, durante la sobreexplotación del mismo, en un medio granular de origen lacustre, compuesto por materiales limoarenosos”. Estas explicaciones, cualitativas y en términos geológicos, parecen bastante realistas, coherentes y convergen con los casos y análisis reportados en la literatura internacional.

Los especialistas de la CNA (2000) han mantenido en observación la presencia y evolución de las grietas en la zona del Hundido, en el municipio de Villa de Reyes. En donde las grietas aparecieron a principio de los 80's, diagnosticándose en su momento que su origen se asocia al arrastre de materiales finos del azolve depositado en el vaso de la Presa El Refugio y en el cauce del arroyo La Hilada, conocido como San Bartolo dentro del municipio de San Felipe, Gto., el cual ha quedado sepultado por azolves. La zona que sigue la trayectoria del arroyo La Hilada, presenta una planicie que se inunda con las excedencias de la Presa La Chirimoya.

En la inspección realizada en enero de 2000, dentro del vaso de la presa El Refugio (El Hundido), se observaron tres depresiones circulares, las cuales tienen dimensiones entre 20 y 30 m de diámetro, y profundidades que varían entre 4 y 5 m. También se observaron fracturas concéntricas a estas estructuras, así como otras grietas de longitud variable entre 10 y 50 m, sin orientación preferencial con aberturas de 10 a 50 cm y profundidades menores a 1 m; muchas de ellas se encontraban casi rellenas, llegando a constituir desniveles menores del terreno sobre los que ya se ha desarrollado la cubierta vegetal. Las paredes de las depresiones circulares se están derrumbando favoreciendo el proceso de asolvamiento de las mismas. Una de las depresiones contiene agua al estar su fondo totalmente impermeabilizado por suelos finos.

Con respecto a las grietas longitudinales, destaca por su extensión la que se ha desarrollado desde las vecindades de los Ranchos El Hundido o San Francisco hasta la cola del vaso de la Presa El Refugio, con una longitud de 800 m, el rumbo de esta estructura es casi N-S, coincidiendo con el cauce del arroyo La Hilada, el cual ha quedado sepultado por los azolves depositados desde los tiempos de las haciendas. Se midieron anchos de 1.5 a 4 m y profundidades entre 1 y 5 m. En las zonas más profundas de las grietas se observan dos horizontes de material limo-arcilloso, con un espesor de casi 2 m el que se encuentra próximo a la superficie. De acuerdo con los comentarios del Sr. Omar Alarcón del Rancho San Francisco, esta grieta apareció en 1998 después de la temporada de lluvias, al secarse el vaso de la presa antes mencionada.

En lo que respecta al municipio de San Felipe, Guanajuato, dentro de los terrenos pertenecientes a los ejidos y ranchos denominados Guadalupe, Exhacienda Lequeitio, El Xilantro, La Profecía y Potrero de Romerillo, se presentan otras grietas longitudinales de menor abertura, entre 5 y 40 cm por lo general, las cuales en algunos puntos llegan a abrirse hasta 1 m, y longitudinalmente alcanzan desarrollos desde 50 hasta 900 m, con rumbo general NNW - SSE, y solamente una grieta tiene rumbo NNE- SSW. La más antigua de ellas empezó a formarse desde hace 30 a 35 años según la información verbal de algunos lugareños entrevistados, en tanto que otras grietas más recientes han aparecido desde hace 10 años o menos.

Los especialistas de la CNA (2000) concluyen que “de acuerdo con lo anterior, el origen de estas grietas se atribuye a reacomodos de estructuras tectónicas regionales que dieron origen a la formación del valle, ya que el rumbo de las grietas es similar a éstas, y no se le puede asociar a un

impacto ocasionado por el bombeo, pues el desarrollo de la explotación acuífera se encontraba en su etapa inicial. Sin embargo, se considera que pudieran extenderse o acentuarse si se mantiene el régimen de sobreexplotación”. Para esas mismas fechas, enero de 2000, el proceso de agrietamiento había afectado algunos muros de adobe de las casas del poblado de Guadalupe, la carretera Villa de Reyes-Jaral de Berrios a la altura del mismo poblado, así como algunas canaletas de riego, una pila y una noria, en el municipio de San Felipe, Gto.

En los recorridos realizados por el autor con el Ing. Ricardo E. Gómez Alba, Presidente del COTAS, y con el Ing. Augusto Fernando Ruiz, experto en aguas subterráneas de la CNA en la Gerencia Estatal SLP, se observaron varias grietas en la vecindad del poblado de San Bartolo de Berrios, Gto., en la zona del Ejido de San Bartolo y de la Presa San Bartolo, con cortina de mampostería, tipo gravedad y 3.5 m de altura (aprox.), la presa se construyó en la época colonial pero fue inhabilitada recientemente haciéndole una gran apertura en la cortina para evitar el almacenamiento del agua, debido a problemas de seguridad por fallas en la mampostería de la cortina, en donde existen dos grietas de considerable dimensión, con 300 m de longitud aproximadamente, y aberturas de algunos centímetros hasta unos cinco metros, y ambas grietas se producen en material granular con algunos fragmentos de roca empacados en una matriz de arenas limo-arcillosas, arenas arcillosas y limos arcillosos, y sólo afectan parcelas agrícolas y caminos de terracería relacionados con la actividad agrícola.

En la zona norte del poblado de Emiliano Zapata también se vieron otras grietas de mismas características: unos 300 m de longitud, aberturas de unos centímetros hasta unos 4 ó 5 metros, y profundidad apreciable desde la superficie desde unos centímetros hasta más de 4 metros, afectando parcelas y caminos agrícolas. En el Rancho Romerillos existe una grieta con más de ½ km de longitud y abertura de unos centímetros a unos 2 metros. En el poblado de Guadalupe se apreciaron daños a algunas viviendas y a la carretera Villa de Reyes – San Felipe. Por su granulometría, dilatancia, tenacidad y resistencia al estado seco, los suelos que predominan en las grietas visitadas se componen de material granular con algunos fragmentos de roca empacados en una matriz de arenas limo-arcillosas, arenas arcillosas y limos arcillosos. Todas las grietas deberían tener profundidades que podrían ser de decenas de metros, entre la superficie y el punto de origen, sin embargo desde la superficie, y a simple vista, en general sólo se pudimos apreciar los primeros dos metros, con excepción de algunas en donde la profundidad visible podría ser hasta de unos 5 metros, o la que se muestra en las **fotos 1 a 4**, que atraviesa la carretera Villa de Reyes – San Felipe a la altura de la ciudad de Villa de Reyes, en donde pudimos caminar en su interior, lleno de basura y cadáveres de animales (**fotos 3 y 4**).

El problema de **la basura en las grietas** que se aprecia en muchas de éstas, como en la grieta de las **fotos 3 y 4**, problema que es muy preocupante dado que estas fisuras en el subsuelo constituyen vías preferenciales de comunicación hidráulica entre la superficie del terreno y el sistema acuífero alojado en el subsuelo, y por lo tanto el agua que se infiltra a través de ellas, lixivia y arrastra sin ningún proceso de filtrado, los productos o sustancias contaminantes que se encuentran depositados en el interior o cercanías de las grietas. De aquí que las grietas constituyen también una amenaza sanitaria al ser altamente potenciales de contaminar las aguas subterráneas.





De acuerdo con lo que el mismo autor pudo observar, o con base en lo que se le indicó por los conocedores del sitio, en general, en todos los casos de las grietas observadas en los valles de Jaral de Berrios y el de Villa de Arista, existe la presencia de un pozo de bombeo de agua subterránea en las inmediaciones del sitio, a veces visible a unos centenares de metros del punto de la grieta, en otras ocasiones el pozo está situado en un radio de 1 a 3 kilómetros. En el caso de la Ciudad de San Luis Potosí, el caso es más fácil de identificar la correspondencia entre los agrietamientos y los pozos de bombeo, dado que se tiene una fortísima densidad de éstos en la zona urbana, lo que provoca la subsidencia regional a la escala de toda la Ciudad de San Luis Potosí. Así, por ejemplo, en caso de la vecindad de la Plaza del Carmen, en donde ya se tienen daños al Museo de la Máscara, a la iglesia del Espíritu Santo, y otras edificaciones, y comienzan incluso en el Teatro de la Paz, se tienen algunos pozos profundos activos, ubicados más o menos en un radio de 500 m alrededor de la Plaza del Carmen (pozos de San Francisco, Alameda Juan Sarabia, etc.).

En los recorridos efectuados por el autor de este Anexo, entre agosto y diciembre de 2004, y enero y febrero de 2005, se apreciaron el mismo tipo de observaciones que han sido reportadas en los párrafos anteriores. De esta manera, y con la finalidad de poder a lo reportado por los distintos especialistas ya señalados, cabría añadir los siguientes comentarios.

En primer lugar, por su granulometría, dilatancia, tenacidad y resistencia al estado seco, los suelos identificados por el autor como aquellos que predominan en la zona de influencia de los acuíferos de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista, son suelos gruesos con fragmentos de roca, generalmente se trata de boleto de origen ígneo, empacado en una matriz de

arena limosa, arena limo-arcillosa, arena arcillosa, y en algunos casos limo-arenosa con arcilla, en pocas ocasiones se observó una franca predominancia de arcilla, por lo que las grietas no pueden atribuirse a fenómenos con mecanismos del tipo “*grietas de tensión*” como ocurre en el Lago de Texcoco en el valle de México, en donde los efectos combinados de la capilaridad, la evaporación, el secado de las arcillas y la inundación del terreno, sean las causas del agrietamiento observado. Como hemos visto y aún veremos, el agrietamiento del subsuelo es consecuencia de un fenómeno de subsidencia regional que se está presentando en los tres valles, ocasionado por la grave sobreexplotación a que están sometidos los tres acuíferos desde hace ya más de 25 años.

En segundo lugar, hasta ahora pueden distinguirse claramente dos tipos distintos de manifestaciones de los agrietamientos y desplazamientos diferenciales verticales y horizontales causados por el fenómeno de subsidencia regional que afecta las tierras situadas en los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista. Un primer tipo está relacionado con grietas espectaculares por las dimensiones de su abertura y profundidad, que además con frecuencia ocurren de manera súbita, generalmente con las primeras lluvias, las cuales son escasas y torrenciales; estas grietas afortunadamente se han manifestado en áreas deshabitadas (ausentes de construcciones) y dedicadas a la agricultura de riego, aunque en algunos casos ya han afectado viviendas y las carreteras de Villa Arista – Moctezuma y de Villa de Reyes – Jaral de Berrios. El segundo tipo es el que ocurre en la Ciudad de San Luis Potosí, en donde las grietas presentan pequeñas aberturas, pero se manifiestan con un movimiento de falla normal, con escarpe de varios centímetros, a veces de milímetros, pero que produce solicitaciones y desplazamientos de magnitud suficiente para dañar gravemente a la infraestructura urbana (pavimentos, banquetas, tuberías de las redes de aguas potable y alcantarillado, ductos de teléfono, etc.), a las viviendas e inclusive a construcciones de grupo B como iglesias, escuelas, mercados y monumentos coloniales. Veremos más adelante como esto se puede relacionar con el hecho de que en Jaral de Berrios - Villa de Reyes y en Villa de Arista el bombeo del agua subterránea se produce en el acuífero superior, mientras que en la zona conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí, el bombeo se realiza en el acuífero profundo y en el rocoso que produce alto contenido de Fluor; en tanto que el agua del *acuífero somero* no se explota debido a que está altamente contaminada luego de que siempre ha estado sujeto a la infiltración de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas.

## **7. Análisis geotécnico de las causas del agrietamiento del subsuelo**

Entre las características de interés para desarrollar la reflexión y el análisis geotécnico que permita explicar las causas de los fenómenos de agrietamiento y hundimientos de la superficie del terreno que se observan en varias partes de los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista, resulta conveniente presentar los siguientes aspectos. Al autor se le encomendó establecer una “teoría” que explique las causas de la subsidencia y del agrietamiento del terreno, incluyendo un análisis de los daños ambientales, así como dar recomendaciones para la remediación del problema, y las posibilidades de proyectos de estudio y de investigación futuros sobre este campo específico de “Subsidencia regional y agrietamiento del subsuelo”. Nos proponemos abordar el tema de la explicación de las causas, en tanto que los efectos han sido descritos en el inciso anterior. Asimismo, al final en el último inciso de este Anexo, intentaremos establecer las recomendaciones que permitan manejar mejor esta situación.

En el valle de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, el acuífero en explotación es del tipo libre a semiconfinado, dependiendo del contenido de suelos arcillosos que se encuentre en los estratos

más superficiales del subsuelo. Es de esperar que por las características de los rellenos y la geomorfología del sitio, existan lentes y bolsas con suelos arcillosos en el cuerpo del relleno de la estructura del graben de Jaral-Villa de Reyes. En este valle, las grietas aparecen generalmente en parcelas agrícolas, y sus paredes presentan características típicas de conglomerados de fragmentos de roca y boleó empacados en una matriz de suelos arenos limosos con importante contenido de arcillas. No existen registros de nivelaciones que permitan mostrar la existencia y, en su caso la evolución del fenómeno de subsidencia regional del subsuelo que está causando y agravando la continúa y creciente sobreexplotación del acuífero. Las grietas que los lugareños comentan y las que se observaron por el autor en agosto y septiembre de 2004 y, en enero y febrero de 2005 son espectaculares, en ocasiones con longitudes de cientos de metros, apertura de labios desde 1 a 4 metros, y profundidades mayores que 4 ó 5 metros. En algunas sería perfectamente factible introducir un vehículo y sepultarlo dentro.

El acuífero de Jaral de Berrios – Villa de Reyes ha sufrido un abatimiento acumulado y permanente en sus presiones piezométricas que puede llegar a varias decenas de metros, registrándose típicamente entre 10 y más de 30 m de abatimiento permanente, lo que equivale a una reducción de la presión de poro de 100 a 300 kPa, que ha provocado un aumento de la presión efectiva en la masa del suelo en la misma proporción.

En el valle de San Luis Potosí, por lo que respecta a la zona conurbana de San Luis Potosí, el acuífero en explotación es el *acuífero profundo*, ya que el *acuífero somero* está altamente contaminado y por ello no se extrae agua de éste para la ciudad. Este hecho está resguardando a las construcciones e infraestructura de la ciudad de ser seriamente afectada por el fenómeno de subsidencia regional y sus consecuencias.

En efecto, la competencia del paquete de estratos del subsuelo que conforman el *acuífero somero*, su composición granular y compacidad, permiten que hasta cierto punto se presente a nivel regional, mecanismos de arqueo de suelos con un efecto de “losa rígida de cimentación”, que permiten redistribuir los esfuerzos y deformaciones en amplias zonas de la ciudad, evitando o mitigando los efectos que podrían causar las deformaciones permanentes por compresión y consolidación de los suelos arcillosos, que se encuentran formando el estrato que constituye el acuitardo que separa los acuíferos *somero* y el *intermedio profundo*, así como formando lentes o bolsas alojados en el cuerpo de los rellenos granulares que conforman los *acuíferos somero* y el (*intermedio*) *profundo*. Sin embargo, en algunas partes de la ciudad esos mecanismos no bastan para proteger a los estratos más superficiales de sufrir hundimientos diferenciales que perturban fuertemente a la superficie del terreno.

El *acuífero profundo* del valle de San Luis Potosí registra para el período 1971-2001 un abatimiento acumulado y permanente en sus presiones piezométricas que varía en el rango de 20 a 50 m, lo que equivale a reducciones de la presión de poro en el suelo de 200 a 500 kPa, que ha producido incrementos de la presión efectiva en la masa del suelo en igual proporción.

En el valle de Villa de Arista, al igual que en Jaral de Berrios - Villa de Reyes, el acuífero en explotación es del tipo libre a semiconfinado, dependiendo del contenido de suelos arcillosos que se encuentre en los estratos más superficiales del subsuelo. También aquí es muy probable que, por las características de los rellenos y la geomorfología del sitio, existan lentes y bolsas con suelos arcillosos en el cuerpo del relleno de la estructura de la fosa tectónica de Villa de Arista.

En este valle, las grietas aparecen casi siempre en las parcelas agrícolas, y sus paredes presentan características típicas de conglomerados de fragmentos de roca y boleto empacados en una matriz de suelos areno limosos con importante contenido de arcillas. Tampoco existen registros de nivelaciones que permitan mostrar la existencia y, en su caso la evolución de un posible fenómeno de subsidencia regional. Las grietas que los lugareños comentan y las que se observaron por el autor en agosto y septiembre de 2004, y en enero y febrero de 2005, son espectaculares, en ocasiones con longitudes de kilómetros. Se dice que al producirse su apertura de labios puede ser de 6 metros o más, con profundidades mayores que 2 metros.

El acuífero del valle de Villa de Arista registra para el periodo de 1971-1981 abatimientos permanentes acumulados varían desde 2 m hasta 18 m, lo que equivale a reducciones de la presión de poro en el suelo de 20 a 180 kPa, que ha producido incrementos de la presión efectiva en la masa del suelo en igual proporción. En 1981 la profundidad del nivel estático en el valle osciló se registró entre 40 y 85 metros.

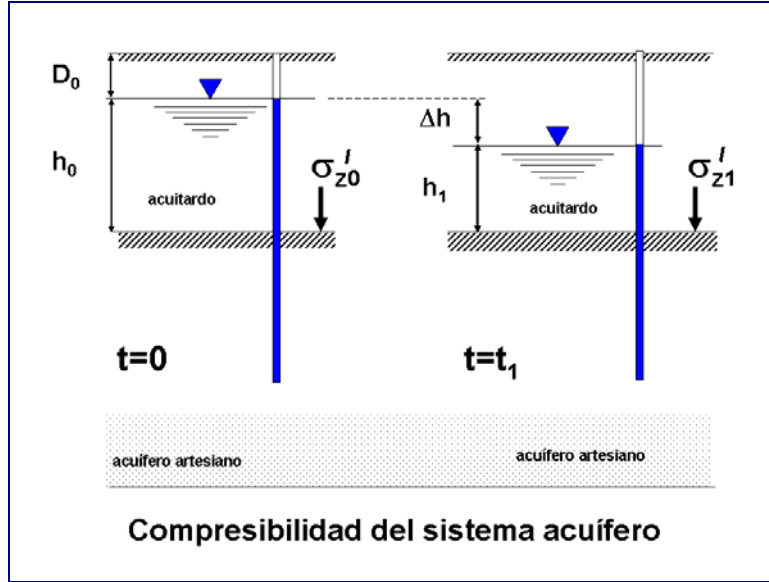
Sólo para avanzar en la reflexión de lo que pueden significar los abatimientos permanentes acumulados de presión de poro que se registran en los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes (10 a 30 m), San Luis Potosí (20 a 50 m) y Villa de Arista (2 a 18 m), aceptemos una distribución lineal del diagrama de presiones en el suelo, supongamos un espesor promedio del estrato de 200 m de sedimentos, que corresponde conservadoramente a los sitios donde se presentan las grietas, teniendo en cuenta que la profundidad del nivel freático ha descendido 20 m, si se considera una masa de suelo arcilloso al centro del estrato la presión de poro ahí habrá decrecido en 200 kPa, el esfuerzo efectivo se incrementó en la misma proporción, es decir, aumentó 200 kPa, lo que para un lente o bolsa de arcilla de baja plasticidad la deformación que provoca un cambio de esfuerzos de esa magnitud puede ser de varios centímetros de desplazamiento, por ejemplo, una reducción de las dimensiones del lente o bolsa de suelo arcilloso, en dirección vertical u horizontal, de 20 cm.

Ahora bien, si se suman las deformaciones de todos los lentes y bolsas de suelo arcilloso que se encuentran embebidos en el subsuelo, los desplazamientos totales de la masa del suelo, tanto en sentido vertical como horizontal, podrían resultar de varios metros al cabo de 10 ó más años. Estos desplazamientos y deformaciones, sobre todo las horizontales, pueden generar la falla al esfuerzo cortante de la masa del suelo por pérdida de confinamiento horizontal, es decir, los esfuerzos horizontales disminuyen, en tanto que los esfuerzos verticales se mantienen constantes.

En un experimento de laboratorio utilizando una cámara triaxial, con una probeta cilíndrica de suelo (cualquier suelo), en donde mientras que se controla y mantiene constante el esfuerzo vertical (axial), y al mismo tiempo, progresivamente se reduce la presión de confinamiento y por tanto el esfuerzo radial disminuye, tanto en condiciones drenadas como no drenadas, se producirá la falla al esfuerzo cortante del suelo.

En la **Figura M.5** se muestra el mecanismo elemental y totalmente comprobado de compresibilidad de una masa de suelo sometida a una disminución prolongada de las presiones de poro por el abatimiento de los niveles piezométricos en el acuífero.

Figura M.5. Compresibilidad del sistema acuífero



Antes del bombeo, en el tiempo  $t = 0$ , el esfuerzo efectivo del suelo es:

$$\sigma'_{z0} = \gamma_m D_0 + (\gamma_m - \gamma_w) h_0$$

Después de un tiempo  $t=t_1$  de bombeo continuo, que ha causado un abatimiento del nivel piezométrico del acuífero artesiano (confinado) de  $\Delta h$ , por lo que la profundidad del nivel estático del acuífero confinado está ahora en  $D_f = D_0 + \Delta h$ , el esfuerzo efectivo del suelo habrá aumentado a:

$$\sigma'_{z1} = \gamma_m (D_0 + \Delta h) + (\gamma_m - \gamma_w) (h_0 - \Delta h)$$

En donde  $\gamma_m$  es el peso volumétrico húmedo del suelo y  $\gamma_w$  es el peso volumétrico del agua que ocupa los poros del suelo.

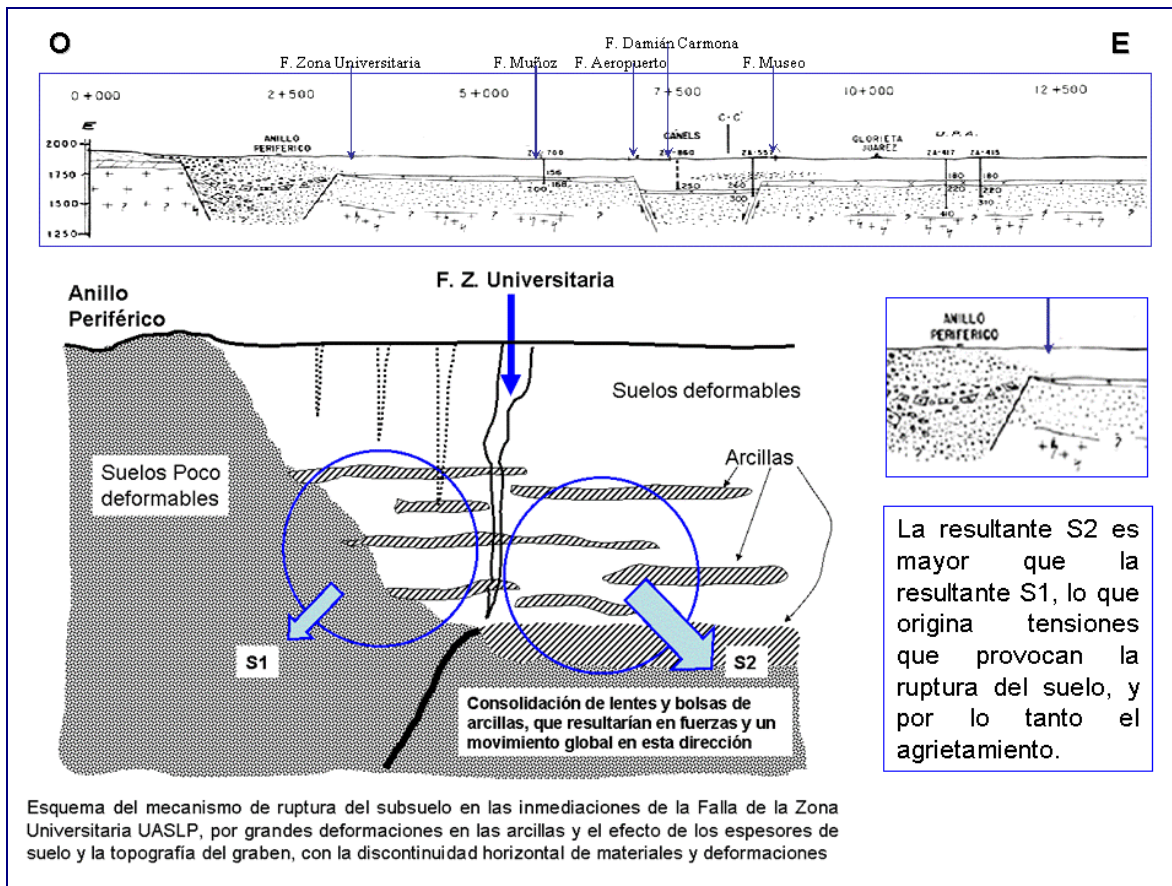
El cambio de esfuerzos efectivos que ocurre en la masa del suelo debido al abatimiento  $\Delta h$  del nivel estático en el acuífero confinado es un aumento igual al peso de la columna de agua extraída por el bombeo ( $\Delta h$ ):

$$\begin{aligned} \Delta \sigma'_z &= (\sigma'_{z1} - \sigma'_{z0}) = \gamma_m (D_0 + \Delta h) + (\gamma_m - \gamma_w) (h_0 - \Delta h) - [\gamma_m D_0 + (\gamma_m - \gamma_w) h_0] \\ \Delta \sigma'_z &= \gamma_w \Delta h \end{aligned}$$

La compresibilidad total de los suelos finos presentes en los estratos, lentes o bolsas de suelo arcilloso en la masa del subsuelo,  $\mathcal{S}$ , se calcula como la sumatoria de los asentamientos o deformaciones de los  $n$  estratos o lentes considerados, donde a cada uno de éstos le corresponden sus propiedades de relación de vacíos, coeficiente de compresibilidad ( $C_C$ ) o índice de compresibilidad volumétrica ( $m_v$ ), y su estado de esfuerzos en  $t=0$  y el incremento de esfuerzos efectivos generado por el bombeo:

$$S = \sum_{i=1}^n \left( \frac{\Delta e}{1 + e_0} H \right)_i = \sum_{i=1}^n \left( \frac{C_c}{1 + e_0} H \log_{10} \frac{\sigma'_0 + \Delta \sigma'_0}{\sigma'_0} \right)_i = \sum_{i=1}^n (m_v H \Delta \sigma'_0)_i$$

**Figura M.6. Mecanismo de ruptura en la ciudad de San Luis Potosí**

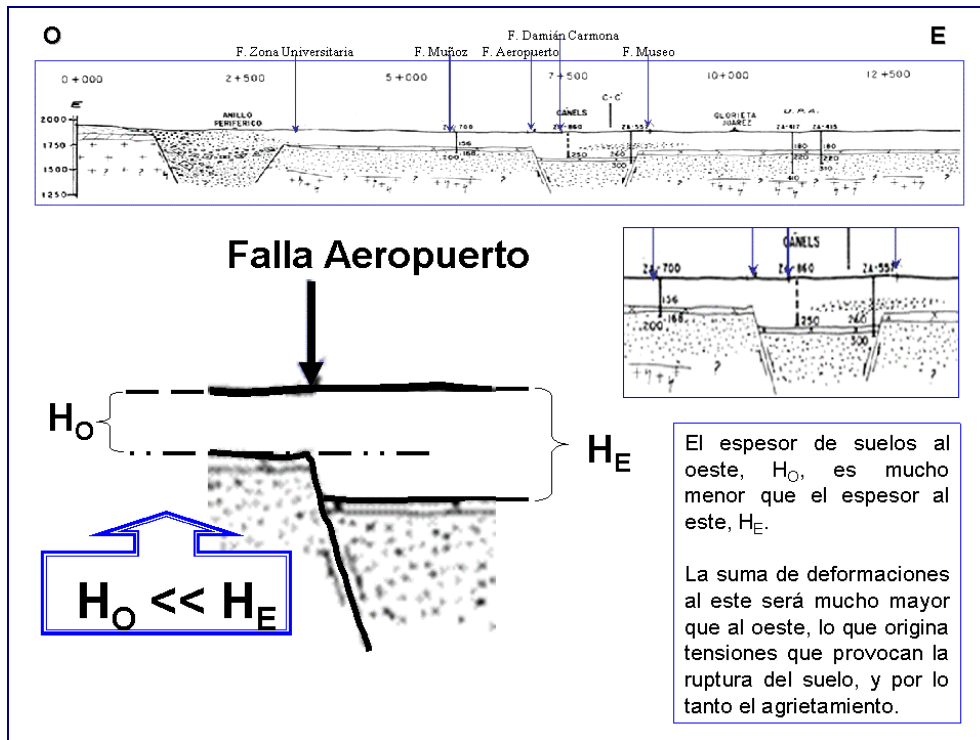


En la **Figura M.6** se muestra la propuesta del autor sobre el mecanismo que origina las grietas o fallas que se aprecian sobre la superficie del terreno en la zona conurbada de San Luis Potosí. A partir del corte litológico que se muestra en la parte superior de la **Figura M.6**, puede apreciarse la zona de transición que existe entre la roca y los depósitos de suelos granulares que contienen lentes y bolsas de suelos arcillosos, a través de los depósitos aluviales compactos sobre los que se encuentra el anillo periférico. Es lo más probable que la ruptura del suelo por las deformaciones diferenciales en el subsuelo, se presente a cierta profundidad, amortizando la grieta sin que haya manifestaciones en la superficie del terreno. Conforme las lentes y bolsas de arcilla continúan consolidándose, debido a cambios en las presiones efectivas que ocasiona el abatimiento de presiones piezométricas en el subsuelo, la grieta comienza a propagarse, y esto se dirige hacia la superficie por ser en esta dirección en donde se encuentran los suelos menos resistentes.

El reflejo del patrón que siguen las grietas que se manifiestan en la superficie del terreno, coincide en profundidad aproximadamente con las fallas tectónicas que caracterizan la forma y geología de las fosas vulcanotectónicas que dan origen al graben de Jaral-Villa de Reyes. Los asentamientos diferenciales que por la magnitud de las deformaciones terminan por causar la ruptura del suelo, amortizando la grieta y luego propagándola, es lógico que ocurran en las partes

en donde se tienen transiciones de materiales menos resistentes y más deformables hacia la masa de suelos más competentes, y más aún, cuando se tiene cambios muy fuertes en los espesores de los suelos por la presencia de fallas normales con salto importante, como es el caso de la **Falla Aeropuerto**, en donde existe un cambio brusco y muy importante de espesores de materiales deformables depositados sobre el basamento rocoso, como se aprecia en la **Figura M.7**.

**Figura M.7. Agrietamiento debido a los muy diferentes asentamientos diferenciales al oriente y occidente de la traza de la Falla Aeropuerto en la Zona Conurbada de SLP**



De la misma manera es muy notorio el cambio de espesores, y no tiene duda que la explicación de la generación de zonas de falla en la masa del subsuelo, que termina por amorzar las grietas y propagarlas hasta que éstas hacen su aparición o se manifiestan en la superficie del terreno, tiene por única explicación el fenómeno de subsidencia del terreno de escala regional que está causando el intenso bombeo.

El mecanismo de generación de las grietas podría resumirse en un párrafo:

*La sobreexplotación del acuífero causa un abatimiento de los niveles piezométricos del agua subterránea, que se acumula en forma permanente, y provoca el aumento de las presiones efectivas en la masa del suelo, causando la consolidación de los estratos, lentes o bolsas de suelo. Las deformaciones del suelo, generalizadas en una amplia extensión del territorio dan origen a la subsidencia regional del subsuelo. Las mismas deformaciones ocurren en espesores variables de suelo, con muy diferentes propiedades mecánicas, y en un ambiente geológico caracterizado por una topografía irregular del basamento rocoso cristalino que se puede considerar indeformable por el momento. Esas deformaciones son por lo tanto diferenciales, de magnitudes que pueden ser muy distintas entre distintos puntos localizados en un mismo plano horizontal y a diferentes profundidades en la masa del subsuelo.*

Las deformaciones diferenciales importantes producen pérdida de confinamiento, que puede tener una magnitud tal que provoque la falla al esfuerzo cortante del suelo, dando lugar a una cavidad al interior de la masa del subsuelo, la cual una vez amortizada, y como el proceso de deformación continúa, la cavidad dará lugar a una grieta que va a propagarse hacia la superficie, siguiendo la trayectoria de los suelos menos resistentes (sobreyacientes) y en correlación con la topografía (tridimensional) del basamento cristalino que aloja a la masa de suelo. Cuando la grieta existe, y ocurre una lluvia torrencial, el agua penetra rápidamente hacia el interior, provocando un aumento súbito e importante de la presión de poro en el suelo, que conduce a una disminución de presión media efectiva y a esfuerzo desviador constante, se producen grandes deformaciones y la falla al esfuerzo cortante del suelo, lo que causa derrumbamiento de trozos de suelo y una gran abertura de la grieta en la superficie del terreno.

## 8. Reflexiones sobre la recarga de acuíferos

Al autor se le encomendó incluir una opinión sobre las posibilidades de recarga artificial de los acuíferos aprovechando la presencia de grietas en el subsuelo. Es lo que nos proponemos hacer en este inciso.

### 8.1. La recarga natural, inducida y artificial de los acuíferos

La recarga de un acuífero es el proceso de infiltración y flujo del agua a través del subsuelo que permite al agua llegar y almacenarse en poros, fracturas o cavidades de los estratos de suelo o capas de roca que forman el subsuelo. La recarga puede ser *natural* cuando ésta ocurre por acción de la naturaleza; la recarga es *inducida* cuando es una consecuencia indirecta de las acciones del ser humano; y la recarga es *artificial* cuando mediante las acciones del ser humano el fin que se persigue es forzar la infiltración de agua al acuífero. Podemos afirmar que, de una manera general, de esta manera se pueden recargar todos los acuíferos: los libres o freáticos, y los confinados.

La recarga *inducida* es la suma de los volúmenes de agua que se infiltran provenientes del exceso usado en el riego agrícola, más los volúmenes infiltrados que provienen de fugas en las redes de agua potable y alcantarillado, más otras causas, como podría ser la infiltración inducida por la presencia de un embalse. Para Custodio (1986), la recarga *artificial* es un quehacer científico apoyado en tecnología para aumentar la disponibilidad del agua subterránea, *con la calidad apropiada* a los usos a que se destina, mediante la intervención consciente del ser humano de modificar el ciclo hidrológico.

En un acuífero confinado, debido a la presencia del paquete de estratos de suelo o roca que lo sobreyacen y constituyen la frontera impermeable que lo mantiene aislado de las capas o estratos superiores del subsuelo y, por lo tanto, lo aíslan de la superficie del terreno, la recarga, además de ocurrir a través de los afloramientos de las formaciones de suelos o rocas de los mismos estratos del acuífero, sólo podría ocurrir a través de conexiones con la superficie o con acuíferos superiores, como podrían ser las discordancias o discontinuidades estratigráficas, o los pozos de bombeo construidos sin aislar el acuífero confinado del resto de los estratos del subsuelo; también, la recarga podría darse a través de una grieta que comunique al acuífero de interés con estratos superiores o, incluso con la superficie del terreno.



El proceso de infiltración de agua en el subsuelo es un tema que se presta a mucha discusión y controversias, al grado tal, que los hidrogeólogos se encuentran divididos entre los que sí aceptan la posibilidad de recarga en la escala de tiempo de la vida humana, y aquellos que no aceptan que ésta sea posible en esa escala, aunque sí en términos de una escala de millones de años.

La cuantificación de la recarga total: *natural*, *inducida* y *artificial*, es una variable fundamental en la gestión de los recursos hídricos. Es importante siempre tener presente de que, independientemente de que la recarga sea *natural* o *inducida*, se trata de un proceso de naturaleza dinámica, es decir, las condiciones de la recarga, sobre todo de la *recarga inducida*, pueden modificarse con el tiempo, tanto por la intervención del ser humano como por las variaciones del ciclo hidrológico. De la mayor importancia resulta entonces el concepto de ***uso sustentable o sostenible del agua***, que está íntimamente ligado a la recarga de las aguas subterráneas y al ciclo hidrológico en lo general, de ahí que la estimación de la recarga debe estar sólidamente fundamentada, apoyada sobre mediciones, y con todas las bases científicas y tecnológicas disponibles, pero sin perder el pragmatismo que requieren los problemas reales que afectan a la sociedad y al medio ambiente.

## **8.2. La recarga artificial de acuíferos**

Predecir qué método es el más económico o efectivo para recargar un acuífero, dada la capacidad de infiltración y los costos de operación y mantenimiento, representa *a priori* un alto nivel de incertidumbre, a menos de que las investigaciones de los principales aspectos y variables del problema se profundicen suficientemente. La evaluación de los factores hidrogeológicos, tales como la velocidad de infiltración, capacidad de almacenamiento y velocidad del flujo subterráneo, depende de las características físicas y estructurales de los depósitos subterráneos (Custodio, 1986).

La calidad física, química y biológica del agua de recarga también afecta la selección del método de recarga. La física se refiere al tipo y cantidad de sólidos suspendidos, temperatura y volumen de aire atrapado; así como la calidad química se refiere al tipo y concentración de sólidos y gases disueltos. La calidad biológica por su parte, se refiere al tipo y concentración de organismos vivos. Cualquiera de estas características puede, bajo ciertas condiciones, disminuir la velocidad de la recarga.

Uno de los mayores problemas de la recarga artificial es mantener la capacidad de recarga a través del tiempo, evitando la colmatación del subsuelo, lo cual depende básicamente de la calidad del agua utilizada para la recarga (Custodio, 1986; Pérez *et al.* 1998).

La colmatación es el proceso de obstrucción de los poros o conductos por donde fluye el agua en el subsuelo, ocasionada por la acumulación de materiales en las proximidades de la superficie de entrada del agua, con lo que reduce la tasa de infiltración. La colmatación es un problema complejo, cuyas causas no siempre son bien conocidas debido a la gran variedad de factores y circunstancias que influyen. Cabe distinguir tres formas principales de reducción progresiva de esa capacidad de recarga: i) por alteración de la columna estratigráfica; ii) por adición de materia en suspensión y iii) por actividad biológica.

Las técnicas de recarga superficial son más eficientes que las subsuperficiales si el agua de recarga contiene sólidos suspendidos. La problemática por colmatación de las áreas de

infiltración originada por las partículas suspendidas es más fácil de superar en la superficie, de manera que los sólidos suspendidos no son problema cuando se utilizan métodos de recarga indirectos. Los canales y surcos son adecuados para aguas con grandes cargas de sólidos suspendidos, ya que el flujo constante del agua inhibe su depositación. Las piletas no deben ser utilizadas con agua turbia en forma indiscriminada ya que es muy probable que ocurra la colmatación. En estos casos se recomienda el uso de piletas en serie para que la primera sirva como estanque sedimentador. La aplicación de este método está limitada a zonas donde exista disponibilidad de terreno, ya que se requiere de un área considerable. La aplicación de las técnicas subsuperficiales no es recomendable cuando el agua contiene alta carga de sólidos en suspensión. En estos casos se recomienda dar un tratamiento adecuado al agua de recarga para reducir al máximo los efectos de la probable colmatación, especialmente en los pozos de inyección, ya que el desarrollo de los pozos es muy caro (Oberdorfer y Peterson, 1985).

Por otra parte, el agua de recarga debe ser químicamente compatible con el material del acuífero a través del cual va a fluir y con el agua subterránea nativa, para evitar que las reacciones químicas reduzcan la porosidad efectiva y la capacidad de infiltración. La precipitación química, reacciones de intercambio iónico desfavorables y la presencia de gases disueltos pueden ocasionar algunos problemas. Las reacciones de intercambio catiónico que involucran al sodio del agua de recarga pueden hinchar (expandir) o dispersar a las partículas de arcilla, lo cual a su vez ocasiona la reducción de la velocidad de infiltración o conductividad hidráulica del acuífero. Los gases disueltos pueden alterar el pH del acuífero o salir de la solución, formando burbujas de gas que reducen el espacio vacío y la conductividad hidráulica (Custodio, 1986). Se debe evitar la presencia de sustancias tóxicas en el agua de recarga por arriba de los estándares de calidad establecidos. Su presencia es, sin embargo, aceptable cuando el suelo o acuífero proporciona un tratamiento adecuado para su remoción o descomposición química a niveles aceptables.

Los agentes biológicos como las algas o bacterias, pueden estar presentes en el agua de recarga. Los desechos orgánicos pueden contener bacterias dañinas o promover su crecimiento, mientras que el decaimiento de la materia orgánica puede originar un exceso de nitratos u otros subproductos tóxicos. El crecimiento de las algas y bacterias durante la recarga pueden contribuir a la colmatación de la superficie de infiltración y a la producción de gases los cuales reducen también los efectos de la recarga.

En resumen, para la instalación de un proyecto de recarga artificial es necesario contar con la mucha información (ONU 1997, Custodio 1986, Asano 1993, y Payne 1995), sobre los siguientes temas: (a) el origen del agua; (b) los sistemas acuíferos; (c) la implementación del método de recarga; y (d) las características del agua recargada y su destino final.

### **8.3. La recarga natural e inducida de los acuíferos de los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí, y Villa de Arista**

En los valles de Jaral de Berrios-Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista, una parte de la recarga *natural* de los acuíferos ocurre a través los sistemas de diaclasas y fracturas presentes en las formaciones de rocas ígneas del Terciario, y en menor proporción en las rocas carbonatadas del Cretácico, que afloran en las sierras y mesetas de la periferia de los valles, y otra parte de la recarga se produce por infiltración y almacenamiento del agua en los depósitos aluviales del Cuaternario, que se encuentran en las laderas y los pies de los anticlinales, sinclinales y depósitos

intermontanos y piemonte; una última porción de la recarga ocurre en las planicies que presentan pendientes del orden de 0.1%.

La recarga *natural* también ocurre mediante el flujo ascendente o descendente en los planos y sistemas de fracturamiento de las fallas que afectan la secuencia litológica en el subsuelo, facilitando la conexión hidrológica entre distintos acuíferos y la superficie. Así, para la Central Termoeléctrica de Villa de Reyes de la CFE, Chávez y Flores (1992) señalan que la principal fuente de recarga se debe a un flujo ascendente desde gran profundidad hacia el medio fracturado en el área de los pozos 7, 9 y 21 de la Central, con un caudal de unos 26,500 m<sup>3</sup>/día. Por su parte, Herrera *et al.* (1992) infieren la existencia de una recarga vertical ascendente a través de fallas, en la zona de San Luis Potosí y Villa de Pozos.

Los estudios realizados por la CNA y sus antecesoras (SARH, SRH), y en la medida en que la CNA ha estudiado los acuíferos, la evolución de las curvas de nivel piezométrico (estático) muestra que en el período 1961 -1971 la recarga de los acuíferos de los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes y San Luis se generaba principalmente en las sierras de San Pedro y San Miguelito, con el agua subterránea fluyendo en dirección de la ciudad de San Luis Potosí, y luego continuaba en dirección noreste. Para el año de 1977 es clara la presencia de un cono de abatimiento alrededor de la zona industrial de la ciudad. A partir de una revisión efectuada en 1984, la configuración de elevación de los niveles estáticos confirma la recarga *natural* en las sierras de San Miguelito, Santa María del Río y Cerro de San Pedro; y, al mismo tiempo, esas configuraciones muestran un flujo lateral subterráneo generado por infiltración en los cuerpos de agua que forman las lagunas de Arenas, El Palmito y Mezquite, ubicadas al norte del valle de San Luis. Dos años más tarde, en 1986, el cono de abatimiento en la ciudad de San Luis se había profundizado más de 10 m. El descenso de los niveles continuó, y en 1992 la velocidad media anual del abatimiento era de 1m/año, y la configuración del flujo ya muestra lo que se confirma en los años de 1995, 1998 y 2001, que el flujo es radial y convergente hacia el centro de la ciudad de San Luis Potosí, o hacia la Central de la CFE en el caso del valle de Villa de Reyes, o alrededor de Villa de Arista en el caso de ese valle, es decir, el flujo original que existía antes en estos acuíferos, se ha modificado radicalmente debido a la intensidad de la sobreexplotación de las aguas subterráneas en los tres valles.

En el valle de San Luis Potosí, no se existe duda de que el *acuífero somero* se recarga localmente de manera natural por el agua de lluvia y de manera inducida por los retornos del riego agrícola, pues los análisis hidrogeoquímicos efectuados por la CNA lo confirman. En lo que respecta al *acuífero profundo*, la recarga natural ocurre de manera local en la zona conurbada pero también de manera regional, esta última generada por diferentes flujos, fuentes de agua e interacciones del agua con la roca.

Entre los flujos que generan la *recarga natural* del *acuífero profundo*, se tiene un flujo regional en tobas e ignimbritas, con agua que contiene bicarbonatado sódico, flúor, litio y boro. Se tiene también un flujo intermedio en suelos granulares, con bicarbonatado cálcico y bicarbonatado calco-sódico en el agua. Una tercera clase de flujo en el *acuífero profundo* contiene una mezcla del agua proveniente de los dos flujos mencionados antes, con contenido de bicarbonatado sódico-cálcico. Una cuarta y última fuente de recarga del *acuífero profundo*, se tiene la conexión con el *acuífero somero*, ya sea por discontinuidad del acuitardo, o por flujo a través de las paredes o ademes de los pozos,

#### 8.4. Propuestas para aumentar la recarga artificial de los acuíferos de los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí, y Villa de Arista

Los sistemas de diaclasas y fracturas presentes en los afloramientos de las formaciones rocosas en las sierras circunvecinas, la presencia de depósitos con fragmentos de roca y suelos granulares que forman los rellenos de aluvión de las fosas que dan origen a los tres valles, así como los cauces de los escurrimientos superficiales intermitentes en las laderas de las sierras y las planicies, constituyen naturalmente las zonas propicias para la construcción de estructuras terreas (del tipo barreras de gaviones) y para la colocación de barreras de vegetación, que permitan aumentar la recarga de los acuíferos, al constituir obstáculos al paso del escurrimiento, y embalsarlo y retenerlo, se provoque infiltración del agua en el subsuelo, esperando que se alcancen los estratos acuíferos de interés.

Por otra parte, se tiene y plantea la posibilidad de emplear las grietas para el aumento de la recarga de los acuíferos en los tres valles, punto sobre lo cual se insiste bastante por parte de los actores del agua en la región. En efecto, la *recarga inducida* que está ocurriendo en los acuíferos de los tres valles: Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí, y Villa de Arista, es la debida a la infiltración o percolación a través de las grietas ocasionadas por las deformaciones diferenciales como una de las consecuencias de la subsidencia regional. Solamente que esta recarga es extremadamente difícil de cuantificar por el momento, ya que no se tienen registros o estudios científicos de la misma. Esta recarga que sí está ocurriendo en los tres acuíferos, representa también un peligro real de ser más una fuente de contaminación de las aguas subterráneas en los tres acuíferos, que una fuente de solución al problema de sobreexplotación.

¿Con que clase de obras podrían recargarse los acuíferos de los tres valles?

- Construcción mediante excavación y bordos de grandes estanques o lagunas de infiltración en la planicie.
- Construcción en cauces de estructuras de retención y control de azolves y para embalse e infiltración del agua de recarga.
- Construcción de grandes estanques mediante excavación y bordos, encerrando grietas existentes para acelerar la infiltración del agua de recarga.
- Construcción de norias o pozos para inyección de agua de recarga.

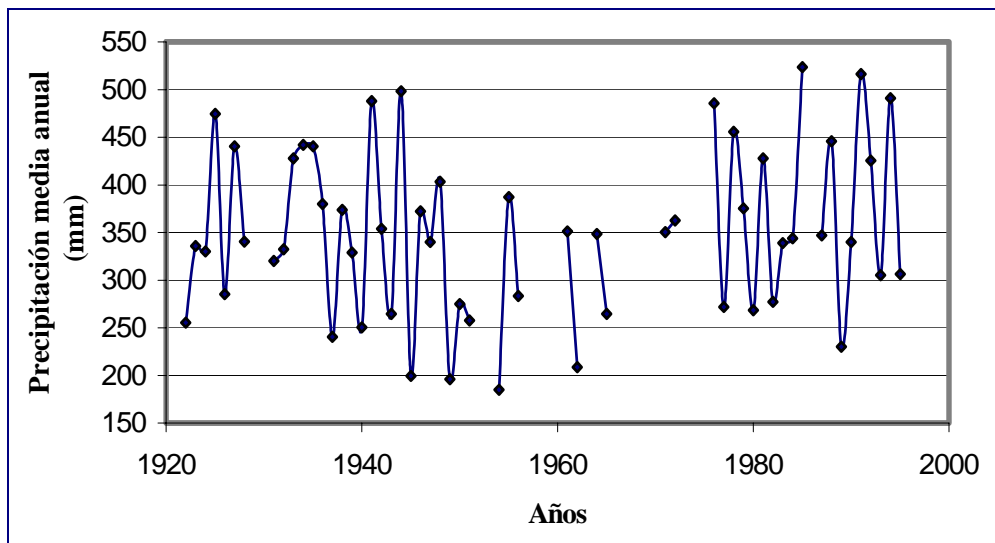
Los principales criterios y factores que se analizaron para la selección de sitios potenciales para la implementación de proyectos de recarga artificial con agua de lluvia o agua residual tratada en los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista, fueron las condiciones de la fuente de abastecimiento de agua, las particularidades hidrogeológicas y topográficas de la región y otros factores.

**Recarga artificial con agua de lluvia.-** Por las características hidrogeológicas de los acuíferos de los tres valles, se podrían plantear proyectos de recarga *artificial* con agua de lluvia. Sin embargo, en el reverso de la moneda, como se muestra en la **Figura M.8**, se tiene que la precipitación pluvial es en promedio cuando más de unos 400 mm/a, con una evaporación potencial de unos 2,000 mm/a, condiciones hidrometeorológicas y climáticas que difícilmente permitirían tener proyectos rentables de magnitud para recargar 30 hm<sup>3</sup> al año o más como se requiere. El volumen de los escurrimientos, como se discute en el capítulo especializado en la

recarga de este informe, es muy reducido y a la vez, con alto grado de incertidumbre, en comparación con los volúmenes de sobreexplotación que sería necesario compensar con la recarga *artificial*.



**Figura M.8. Estación climatológica de la CNA en San Luis Potosí.  
Precipitación media anual en el periodo 1922 – 1995**



**Recarga artificial con agua residual tratada.-** Considerando que la ciudad de San Luis Potosí descarga del orden de 2,000 l/s de aguas residuales, y que a un horizonte no lejano se trate prácticamente la totalidad de este volumen, como se discute y analiza en el capítulo de recarga de este informe, y dado que el acuífero somero del valle de San Luis Potosí se encuentra muy contaminado, con afectaciones inclusive a los acuíferos subyacentes, un proyecto interesante que se plantea consiste en estudiar con todo detalle la utilización de las aguas residuales tratadas para desarrollar un proyecto de recarga *artificial* de gran escala, que permita en el futuro a la Zona Conurbada de San Luis Potosí formar un ciclo virtuoso de *extracción – uso – tratamiento – recarga* de las aguas subterráneas almacenadas en el subsuelo. Pensar y desarrollar lo necesario para hacer realidad la reutilización de las aguas residuales a través de un proceso de recarga, es fundamental para la subsistencia a muy largo plazo (a la escala de los siglos por venir) de la Zona Conurbada de San Luis Potosí.

En cuanto al caso de las poblaciones de Villa de Reyes y Villa de Arista, el volumen de aguas residuales que generan es mucho muy inferior en comparación con lo que se extrae en exceso a la recarga natural en los acuíferos correspondientes, por lo que pensar que la recarga artificial de aguas residuales tratadas podría resolver en buena medida el problema de la sobreexplotación es sólo un pequeño paliativo a este grave problema.

Sin embargo, en el caso de la Central Termoeléctrica de Villa de Reyes de la CFE, en donde se está construyendo la infraestructura que llevará 450 l/s de aguas residuales tratadas hasta un nivel de tratamiento “*secundario avanzado*” en la PTAR Tanque Tenorio en la Zona Conurbada de San Luis Potosí, para el ciclo de enfriamiento de la maquinaria con que opera la Central, es importante que se desarrolle un proyecto de recarga *artificial* de la descarga de aguas de la Central, ya que el volumen potencial para recarga podría ser de unos 10 hm<sup>3</sup>/año, lo cual ya representa un porcentaje significativo de la sobreexplotación que ocurre en el sitio.

Los sitios para recarga *artificial* se podrían plantear como sitios piloto de pequeña escala, implementados sobre la base de un importante programa de investigación y desarrollo tecnológico, que permita soportar el desarrollo de los proyectos de San Luis Potosí y de Villa de Reyes mencionados antes. Los sitios piloto podrían contemplar la inclusión de grietas dentro del área para recarga, en tratándose de recarga superficial para controlar el problema de la colmatación, así como para mantener los costos más bajos posibles.

A manera de conclusión, podríamos decir que: (a) es necesario diseñar y desarrollar un proyecto piloto de recarga artificial con aguas residuales para la Zona Conurbada de San Luis Potosí y la Central Termoeléctrica de Villa de Reyes de la CFE, ya que éstas constituyen las únicas fuentes con “caudal seguro” para hacer rentable el proyecto. (b) Incluir en el diseño y desarrollo del proyecto de recarga artificial, algunos sitios piloto de recarga en cauces mediante estructuras de sedimentación y embalse para recarga. (c) Incluir también un programa de investigación y seguimiento científico del proyecto de recarga, de manera que sea posible capitalizar la experiencia y desarrollar tecnología o mejorar la adaptación tecnológica para la expansión del proyecto piloto a un proyecto de la escala que requiere la Zona Conurbada de San Luis Potosí para lograr la sostenibilidad de sus recursos hídricos.

## 9. Costos e impactos económicos y ambientales del agrietamiento y la subsidencia regional del subsuelo

En este inciso se incluye un análisis de los impactos económicos y ambientales derivados de los daños ambientales, como complemento de lo que ya se informó en un inciso anterior en lo referente a la descripción e interpretación del fenómeno de la subsidencia regional del subsuelo en la Región Centro de San Luis Potosí y los problemas geotécnicos y ambientales asociados a éste.

### 9.1. Resumen y conclusiones de la evaluación

A ningún ciudadano que viva en los valles de Abasolo, Aguascalientes, Celaya, Salamanca, Irapuato, Villa de Arista, Jaral de Berrios – Villa de Reyes o San Luis Potosí, y sobre todo cuando ha sufrido directamente los impactos del agrietamiento y la subsidencia regional del subsuelo, no debería abrigar ninguna duda acerca del grave impacto ambiental que ha provocado y continúa provocando la sobreexplotación de los acuíferos. No fue un azar que uno de los primeros estudios realizados en el marco de Programa de Modernización del Manejo del Agua (PROMMA, Banco Mundial BIRF 4050-ME) haya sido dedicado a la evaluación de los costos económico-ambientales causados por la sobreexplotación de las aguas subterráneas en cuatro acuíferos<sup>7</sup>, los cuales, por cierto, forman parte del ramillete de casos de los cuales se ha ocupado el PROMMA.

Como en el caso del sistema acuífero de San Luis Potosí, debe subrayarse un problema que hoy tiene cada vez mayor impacto y genera preocupación medioambiental e inclusive alarma en la población informada, y es la amenaza tangible, concreta y creciente de la contaminación de varios acuíferos que son las fuentes por excelencia del agua potable para la población.

En el *Staff Appraisal Report*<sup>8</sup> de PROMMA, se menciona: “Tal vez, en la discusión anterior, se nota la ausencia de un aspecto relativo a la calidad ambiental de México que tiene una importancia particular y concierne el desarrollo sustentable: la calidad de la reserva de agua subterránea de la nación. La reserva de aguas subterráneas de la nación ha sido minada por la enorme sobreexplotación, con un costo anual estimado en 10 mil millones de pesos mexicanos<sup>9</sup>, suscitando la seria problemática de la sustentabilidad, y provocando la contaminación de las mismas por desecho no regulado de efluentes.”

Por tanto, el Proyecto cuyo objetivo central es de frenar el ritmo de sobreexplotación de los acuíferos, con un plan de acciones dedicado a implementar el uso racional del agua, debería contribuir al mejoramiento y a la restauración del medio ambiente. Sin embargo, como se menciono anteriormente, la situación alarmante del deterioro ambiental es el resultado de varias décadas de sobreexplotación de los acuíferos, con el agravante de la infiltración de las aguas residuales urbanas e industriales, que se suman a los lixiviados que genera el fertirriego y el uso de pesticidas en la agricultura. Revertir completamente la situación exigiría probablemente un periodo similar, sobre todo cuando el manejo racional de los acuíferos involucra varios factores

<sup>7</sup> Estudio de los costos económico-ambientales por la sobreexplotación del agua subterránea en los acuíferos de Aguascalientes, León, Guaymas y Región Lagunera. Grupo de Ingeniería en Consultoría y Obras S.A. de C.V. GAS. CNA. 1996.

<sup>8</sup> Staff Appraisal Report PROMMA, Annex G: Economic Aspects, Project Benefits, and Environmental Assessment. Page 10, paragraph 43

<sup>9</sup> La adquisición de derechos de agua para recuperar la sobreexplotación acumulada de 5,000 hm<sup>3</sup>/año en 100 acuíferos, tendría un costo aproximado de 25,000 millones de pesos MNP, a razón de \$5.00/m<sup>3</sup> de volumen concesionado, o el equivalente de una renta anual de \$2.00/m<sup>3</sup>.

técnicos, socioeconómicos e institucionales. Aunque el análisis del Proyecto muestra que el plan de acciones es socialmente aceptable, económicamente viable y ambientalmente sustentable, los resultados ambientales esperados constituirán apenas un primer paso, importante por cierto, hacia la recuperación y la estabilización del sistema acuífero y el manejo sostenible del agua en la Región Centro del Estado de San Luis Potosí.

De hecho, el proyecto representaría una primera tentativa, en el país, de integración física, ambiental, socioeconómica e institucional en el manejo del agua, con una fuerte descentralización y la subsidiariedad en los procesos de toma de riesgos y decisiones con una plena participación de los usuarios y los servidores públicos responsables de los distintos aspectos del manejo del agua a nivel de los tres órdenes de gobierno.

## **9.2. Identificación de efectos ambientales causados por la sobreexplotación de acuíferos**

A medida que se han realizado estudios geohidrológicos se han reportado algunos de los efectos adversos motivados por la sobreexplotación de los acuíferos de los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, Villa de Arista y San Luis Potosí. Los efectos adversos más inmediatos y tangibles son el abatimiento acumulado y permanente de los niveles piezométricos de los acuíferos y la grave contaminación del sistema acuífero del valle de San Luis Potosí. No obstante, hay otros efectos que también tienen un gran impacto negativo sobre el medio ambiente y la expansión económica y el bienestar social a nivel local: a) la disminución del flujo base en los ríos de la Región Centro de San Luis Potosí, el cual prácticamente ha desaparecido desde hace ya más de 25 años; b) el abandono o la reposición de pozos por abatimiento de los acuíferos; c) el incremento de consumo de energía eléctrica y desgaste prematuro de los elementos metálicos y electromecánicos de los pozos; d) el daño causado en edificios públicos y privados y a la infraestructura por los hundimientos diferenciales y agrietamientos del terreno, causados por el fenómeno de subsidencia regional del subsuelo que genera la sobreexplotación de los acuíferos; y, e) el deterioro de la calidad del agua.

Se estima que dichos impactos, traducidos en un costo actualizado, en un horizonte de 20 años más, a partir de este año de 2005, tendrían un importe por daños a la infraestructura y edificaciones públicas y privadas de unos 180 millones de pesos anuales, equivalentes a un costo de aproximadamente \$1.80/m<sup>3</sup> de agua minada a las reservas estratégicas del acuífero del valle de San Luis Potosí (ver *Tabla M.4*). Si se incluyesen los costos intangibles por afectaciones sociales y culturales del pueblo de San Luis Potosí, debidos a daños al patrimonio histórico y al patrimonio que constituyen las pérdidas en las viviendas particulares, el costo sería mucho más elevado.

### *a) Abatimientos acumulados permanentes de los niveles piezométricos y sus secuencias*

El primero de los efectos se refiere al abatimiento acumulado y permanente de los niveles piezométricos de los acuíferos. Su evolución se basa en mediciones directas de la profundidad de los niveles estáticos en los pozos, y por lo tanto es altamente confiable.

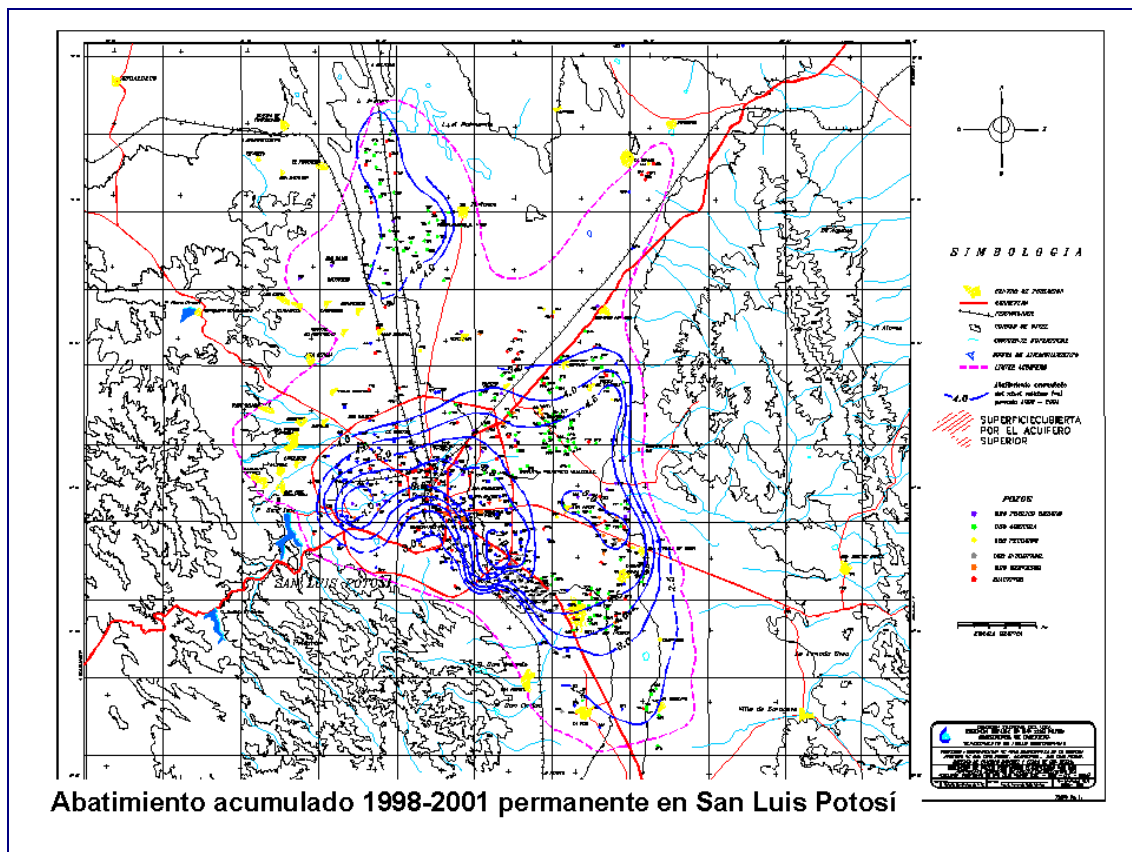
Inherente a este primer efecto se presenta un incremento en los costos operativos del bombeo, especialmente por el precio de la energía, siempre en ascenso, y un deterioro en la eficiencia electromecánica operativa. Otros efectos derivados y observados del abatimiento piezométrico son: afectaciones a norias que llegan a secarse, así como a pozos de corto desarrollo, tanto por su cámara de bombeo como por la profundidad total de la perforación, limitaciones que impiden en



un momento dado instalar una columna de la bombeo más profunda y la modificación del flujo subterráneo que, a su vez, puede alterar la calidad del agua subterránea.

La Gerencia Estatal en San Luis Potosí de la Comisión Nacional del Agua tiene información del comportamiento piezométrico, obtenida a partir de pozos de observación distribuidos en los acuíferos de los tres valles (Jaral de Berrios – Villa de Reyes, Villa de Arista y San Luis Potosí) que, conjuntamente con la información de los estudios geohidrológicos, permiten estimar el volumen acumulado del minado de agua subterránea a partir de los años 60's. De esta manera, para el sistema acuífero del valle de San Luis Potosí, si se considera un ritmo de extracción no sostenible (i.e. minado) sostenido de  $75 \text{ hm}^3/\text{a}$  durante los últimos 25 años, se podría estimar el minado en cuando menos  $1,875 \text{ hm}^3$  (millones de metros cúbicos), desde que se inició la extracción intensiva de agua en este acuífero. En la **Figura M.9** se presenta el abatimiento piezométrico acumulado y permanente del acuífero *intermedio profundo* del valle de San Luis Potosí para el período 1998-2001.

**Figura M.9. Contornos del abatimiento por sobreexplotación del acuífero de SLP**



#### b) Asentamientos del terreno y formación de grietas

Los asentamientos del terreno y las grietas o fallas no han sido objeto de un seguimiento científico y permanente todavía, aunque esto se considera una necesidad fundamental para el presente y futuro de la Zona Conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí. Los hundimientos o asentamientos diferenciales y la formación de grietas en el terreno son un fenómeno perfectamente visible incluso en pleno corazón de la ciudad colonial de San Luis Potosí, como ya

se ha ampliamente comentado antes en este mismo Anexo, y tampoco se tienen dudas en cuanto a que su origen se debe a la subsidencia regional del subsuelo causada por la sobreexplotación del sistema acuífero, con lo cual se están produciendo cada vez más extensas y mayores pérdidas en las obras de infraestructura, edificios públicos y privados, destacando los daños a las viviendas en donde los ciudadanos sufren de manera muy fuerte las consecuencias, al afectarse directamente su bolsillo y patrimonio.

De manera muy provisional se estima que los daños han afectado a unas 100 viviendas con distintos grados de deterioro ocasionado por grietas y asentamientos; en el fraccionamiento Industrial Aeropuerto 32 de viviendas fueron seriamente dañadas y otras 4 tuvieron que ser demolidas, además de los edificios públicos ya antes señalados, incluyendo algunos de los más hermosos y valiosos edificios coloniales de la ciudad como el Museo de la Máscara y el Teatro de la Paz, entre otros. En adición, se tiene el consecuente impacto sobre el valor predial del terreno en las zonas afectadas.

Se requiere con urgencia un estudio de evaluación de los daños existentes y de su agravación en un horizonte de los próximos 20 / 25 años si se continua con el mismo nivel de sobreexplotación, así como de la posible reducción de estos daños si se reduce la explotación dentro del casco urbano. Los daños a evaluar deberán incluir: daños al pavimento de la ciudad, a la infraestructura de agua potable y alcantarillado, ductos enterrados de teléfono, comunicaciones y electricidad, edificios públicos y edificios o monumentos del patrimonio histórico y arquitectónico de la ciudad, y sobre todo de las viviendas. Simplemente de considerar que el problema de las 40 viviendas (aprox.) dañadas en el Fraccionamiento Industrial Aeropuerto representa del orden de 50 millones de pesos en pérdidas, y que a este ritmo como mínimo se están produciendo las pérdidas.

Con esta base, realizamos un ejercicio a manera de ejemplo, pues como ya se señaló antes, es necesario un estudio de costos e impactos económicos de la sobreexplotación que permita establecer una base a partir de la cual en el futuro se puedan realizar análisis sobre datos confiables (o explicados). Así, en nuestro ejemplo que se presenta también en la **Tabla M.4**, podríamos suponer como una cifra razonablemente aceptable que actualmente, el importe anual de los costos por los daños a la infraestructura de agua potable, de alcantarillado, y la demás infraestructura sea de 1.50, 1.50 y 2.00 millones de pesos por año, respectivamente; suponemos que los daños ocasionados a los edificios públicos y privados y a las viviendas suman 5.0 millones de pesos al año.

Asimismo, en la **Tabla M.4** se presenta el cálculo (supuesto) de la evolución de los daños en un lapso de 30 años, de manera que al año 2036 se tendría que **sin proyecto**, es decir, con una situación de **“laissez faire”** el importe del costo de los daños sería de 389.6 millones de pesos. Ahora bien, si se implementa un proyecto de nuevas políticas públicas de la gestión de los recursos hídricos en los valles de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, San Luis Potosí y Villa de Arista, con el cual se logre una **reducción del minado del acuífero del valle de San Luis Potosí** de 50 millones de metros cúbicos, la reducción correspondiente en el importe de los costos por daños debidos a los efectos geotécnicos de la subsidencia sería de 194.8 millones de pesos, en tanto que al lograr reducir la sobreexplotación en 100 hm<sup>3</sup>/a, es decir casi en su totalidad, el importe de los costos por daños se reduciría en 370 millones de pesos para el año 2036.

**Tabla M.4. Proyección de externalidades de la sobreexplotación del acuífero en el caso de la zona conurbada de San Luis Potosí**  
(importes en miles de MNP\$ de 2005)

Año	Daños Infraest. (otra)	Daños Infraest. Agua Potable	Daños Infraest. Alcantarillado	Daños Edificios Púb y Priv	Importe Total de los Daños sin proyecto	Con proyecto: Reducción del Costo de Daños c/rec. -50 hm <sup>3</sup>	Con proyecto: Reducción del Costo de Daños c/rec. -100 hm <sup>3</sup>
2005							
2006	2,000	1,500	1,500	5,000	10,000	5,000	9,000
2007	2,080	1,552	1,559	10,200	15,391	7,696	13,852
2008	2,160	1,615	1,622	15,609	21,007	10,503	19,956
2009	2,245	1,689	1,686	21,233	26,853	13,426	25,510
2010	2,335	1,752	1,754	27,082	32,923	16,461	31,277
2011	2,430	1,825	1,826	33,166	39,247	19,624	37,285
2012	4,525	3,388	3,399	39,493	50,804	25,402	48,264
2013	4,705	3,524	3,535	46,073	57,837	28,918	54,945
2014	4,895	3,671	3,675	52,916	65,157	32,579	61,899
2015	5,090	3,818	3,825	60,033	72,766	36,383	69,127
2016	5,295	3,965	3,974	67,434	80,668	40,334	76,635
2017	5,505	4,122	4,137	75,132	88,897	44,448	84,452
2018	7,725	5,790	5,801	83,137	102,453	51,226	97,330
2019	8,035	6,021	6,032	91,463	111,551	55,775	105,973
2020	8,355	6,262	6,276	100,121	121,015	60,508	114,964
2021	8,690	6,514	6,526	109,127	130,856	65,428	124,314
2022	9,035	6,766	6,775	118,492	141,068	70,534	134,014
2023	9,400	7,038	7,056	128,232	151,726	75,863	144,140
2024	11,770	8,822	8,841	138,361	167,794	83,897	159,404
2025	12,245	9,178	9,195	148,896	179,514	89,757	170,538
2026	13,262	9,940	9,958	161,256	194,416	97,208	184,695
2027	14,322	10,735	10,755	174,157	209,969	104,985	199,471
2028	15,468	11,594	11,615	188,089	226,767	113,383	215,429
2029	16,706	12,522	12,544	203,136	244,908	122,454	232,663
2030	18,042	13,524	13,548	219,387	264,501	132,250	251,276
2031	19,305	14,470	14,496	234,744	283,016	141,508	268,865
2032	20,656	15,483	15,511	251,176	302,827	151,414	287,686
2033	22,102	16,567	16,597	268,759	324,025	162,013	307,824
2034	23,650	17,727	17,759	287,572	346,707	173,353	329,371
2035	25,069	18,790	18,824	304,826	367,509	183,755	349,134
2036	26,573	19,918	19,954	323,116	389,560	194,780	370,082

Como parte del estudio también de la mayor importancia y urgencia es la evaluación técnica – financiera – ambiental del impacto que representaría la reubicación de pozos de extracción de la Zona Conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí fuera del casco o asentamiento urbano hacia zonas deshabitadas, evaluando también el beneficio económico ambiental correspondiente al desplazamiento de un caudal de hasta 100 millones de m<sup>3</sup>/año, reduciendo los daños en los importes estimados anteriormente, y reportados en la **Tabla M.4**, aunque es necesario efectuar una evaluación cuidadosa, fundamentada en un estudio que tenga un importante componente de recuperación, síntesis y validación de datos e información sobre los daños a la infraestructura y edificios públicos y privados en la Zona Conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí, SLP.

*c) Disminución o agotamiento del flujo base en ríos y en las aportaciones de manantiales*

La disminución del flujo base en las corrientes superficiales, al igual que para los manantiales en cuanto a sus aportaciones, es otro efecto ambiental registrado como resultado de la sobre

explotación del acuífero. El río Santiago y el río Paisanos para la Ciudad de San Luis Potosí carecen prácticamente de flujo base desde los años '80 cuando se agudizó la sobreexplotación del sistema acuífero del valle de San Luis. En la actualidad, la principal aportación de escurrimientos superficiales en general en el valle provienen del agua residual cruda o tratada que se vierte en la planicie.

*d) Migración natural de agua de mala calidad y contaminación del agua subterránea por infiltración de aguas residuales vertidas sin control o por su uso en riego*

La migración natural de agua subterránea de mala calidad es otro de los fenómenos que se origina en la sobreexplotación del un acuífero. En este caso, el principal problema se tiene con los fluoruros, el pH, que genera gran potencial abrasivo en el agua, y las altas temperaturas.

El problema se ha complicado gravemente, con la infiltración de aguas residuales que ingresan al acuífero luego que éstas han sido vertidas sin control o usadas en el riego agrícola durante décadas por infiltración en las planicies y a través de las grietas existentes, así como a consecuencia de infiltración de las fugas en las redes de alcantarillado que, a su vez, se incrementan con las rupturas que ocurren al desplazarse el terreno en los cruces con las grietas.

### **9.3. Mitigación Ambiental del Proyecto**

El Proyecto de Manejo Integrado y Sostenible del Agua en la Región Centro de San Luis Potosí, con sus planes de acciones para:

- reducir sustancialmente las extracciones en el sector riego a niveles sostenibles y altamente rentables,
- diversificar las fuentes de abastecimiento de agua a la Zona Conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí con los proyectos de la presa de El Realito y el proyecto de intercambio intersectorial de aguas residuales por aguas limpias subterráneas y desarrollo de la plasticultura en el valle de Villa de Reyes, SLP;
- reubicar o relocalizar los pozos de bombeo de agua subterránea, llevándolos del casco urbano a las planicies deshabitadas, con la finalidad de proteger a la ciudad contra la subsidencia regional del subsuelo; y
- desarrollar proyectos piloto de recarga artificial del sistema acuífero del valle de San Luis Potosí, hasta lograr depurar el agua subterránea contaminada, y crear un ciclo de recarga – extracción - uso – recarga para la ciudad, el cual se puede prolongar y mantener sosteniblemente hasta el infinito.

Para el reuso por la agricultura de aguas residuales tratadas provenientes del uso público – urbano, que de hecho ya están siendo utilizadas para el riego por los agricultores tanto en el valle de San Luis Potosí como en Villa de Reyes (PRONAPADE), la CNA fija las condiciones particulares de descarga para las plantas de tratamiento de aguas residuales de las ciudades hacia los cauces y cuerpos de agua, mediante la norma NOM-ECOL-001-1996 que establece las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas (FQB). De esta manera, la calidad de los afluentes y efluentes de las plantas, deberán ser comparados con la norma para vertidos de agua residual tratada en zonas pobladas y agrícolas como se muestra en la **Tabla M.5**.

**Tabla M.5. Comparación de la NOM-ECOL-001-1996 con la calidad vertida por la planta de tratamiento**

NOM-ECOL-001-1996 CNA	Zona poblada (mg/l)	Zona agrícola (mg/l)
DBO	40	150
DQO	100	160
pH	6 a 9	6 a 9
Coliformes fecales	1,000	1,000
Coliformes totales	10,000	10,000
SST – sólidos suspendidos totales	60	150

## 10. Recomendaciones para evitar el agrietamiento del subsuelo en los valles de San Luis Potosí, Jaral de Berrios – Villa de Reyes y Villa de Arista.

El agrietamiento sólo podrá desaparecer si se elimina la sobreexplotación de las aguas subterráneas que causa el abatimiento de los niveles piezométricos del acuífero y es el origen del fenómeno de subsidencia regional del subsuelo que provoca las deformaciones y esfuerzos que dan lugar a las grietas.

Eliminar la sobreexplotación del acuífero es el gran objetivo de la *gestión integrada y sostenible de los recursos hídricos* en donde las aguas subterráneas están siendo objeto de una extracción que supera notoriamente a la recarga total (natural + inducida + artificial), sobre todo cuando la extracción de ese líquido tan valioso como lo es el agua almacenada en el subsuelo, se destina a usos que no producen riqueza ni contribuyen a la expansión económica ni al bienestar social del entorno en donde la situación prevalece.

Sin embargo, en tanto se avanza hacia ese gran objetivo que es la sostenibilidad ambiental en el uso de los recursos hídricos, varias medidas deben tomarse para mitigar o, cuando menos, conocer mejor la causa – efecto del desarrollo de las construcciones y las obras de infraestructura en las áreas sujetas a los problemas que provoca la subsidencia regional del subsuelo, particularmente cuando las deformaciones son tan importantes que causan agrietamiento del terreno o asentamientos diferenciales considerables porque dañan a las construcciones y las obras de infraestructura. A continuación se presenta una lista con las principales recomendaciones, cuyo desarrollo sobrepasa el alcance de este trabajo, pero que, sin duda, debería ser motivo de una tarea de estudio, planeación y programación prioritaria por parte de las autoridades responsables.

### **Recomendación #1.-**

*Implementar nuevas políticas públicas y crear, consolidar y utilizar una plataforma de concertación y acuerdos que permitan realizar un Proyecto de manejo integrado y sostenible del agua en la Región Centro de San Luis Potosí, para detener y reducir la sobreexplotación del acuífero, hasta lograr en un horizonte de 20 a 30 años, la sostenibilidad ambiental de sus recursos hídricos en cantidad y calidad.*

### **Recomendación #2.-**

*Elaborar un estudio que constituya la referencia sobre las consecuencias sociales, económicas y ambientales de la sobreexplotación y deterioro de la calidad y reservas estratégicas de las aguas*

*subterráneas en la Región Centro de San Luis Potosí, incluyendo las consecuencias como el fenómeno de subsidencia regional del subsuelo, y establecer una red de monitoreo y sistema de información de la evolución de los acuíferos.*

**Recomendación #3.-**

*Revisar y adecuar el Reglamento de Construcciones de la Zona Conurbada de la Ciudad de San Luis Potosí, y del Estado de SLP.*

**Recomendación #4.-**

*Redistribuir la concentración de los pozos de bombeo, relocalizándolos de manera a eliminar los efectos geohidrológicos, geotécnicos y ambientales, que está produciendo y agravando cada vez más la concentración de los pozos en el casco urbano.*

**Recomendación #5.-**

*Desarrollar proyectos pilotos de recarga artificial con aguas residuales tratadas de los acuíferos del valle de San Luis Potosí y del valle de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, con la finalidad de evaluar técnica y financieramente distintas tecnologías de recarga artificial, impulsando la innovación tecnológica.*

**Recomendación #6.-**

*Desarrollar proyectos pilotos de recarga artificial de los acuíferos de los valles San Luis Potosí, Villa de Arista y de Jaral de Berrios – Villa de Reyes, con obras de contención y del tipo “presas subterráneas” para forzar la infiltración de aguas de escurrimientos superficiales generados por agua de lluvia.*

**Recomendación #7.-**

*Establecer y realizar una campaña continúa de protección y limpieza de grietas, para evitar que los contaminantes se depositen en ellas, así como para evitar la infiltración de lixiviados de tiraderos de basura u otros contaminantes a través de las grietas.*

El desarrollo de las siete recomendaciones prioritarias antes enunciadas sobrepasa el alcance de este trabajo, pero debe considerarse su evaluación y, en su caso ejecución de los trabajos correspondientes, pues de lo contrario, la situación (inquietante) de “*laissez faire*” que por ahora prevalece, conducirá a una situación insostenible en el lapso de una generación de potosinos.

## **11. Bibliografía**

Aguirre Hernández, M.A. (1992) Geología del subsuelo de las cuencas geohidrológicas del valle de San Luis Potosí y Villa de Reyes, en el Edo. de San Luis Potosí. Instituto de Geología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 116, 46 p.

Asano, T. (1980). Groundwater recharge operations in California. Journal of the American Water Works Association, Núm.72:380-385.

Asano, T. (1992). Artificial Recharge of Groundwater with Reclaimed Municipal Wastewater: Current Status and Proposed Criteria. Great Britain, Water Science Technology, Vol.25, No. 12, pp 87-92

Asano, T. (1993). Proposed California Regulations for Groundwater Recharge with Reclaimed Municipal Wastewater. Great Britain, Water Science Technology, Vol. 27, No. 7-8, pp. 157-164.

Asano, T. (1994). Reusing Urban Wastewater – An Alternative and a Reliable Water Resource. US, International Water Resources Association, Vol. 19, No. 1, pp.36-42.

Carrillo, Nabor (1969). Volumen Nabor Carrillo. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México.

CNA (1992): Informe de la Visita Técnica realizada a la zona de hundimiento en el valle de Villa de Reyes, SLP. Coordinación del Consultivo Técnico. Comisión Nacional del Agua. México.

CNA (2000) Nota Técnica relativa a las grietas y depresiones en la zona del Hundido y Exhacienda Lequeitio, municipios de Villa de Reyes, SLP y San Felipe, Gto. (doc. *San Luis Potosí a 19 de enero del 2000*). Consultivo Técnico. Subdirección General Técnica. Comisión Nacional del Agua. México.

CNA (2001) Informe de la visita al valle acuífero de Villa de Arista, SLP: grietas y hundimientos del terreno. (14 al 16 de octubre de 2001). Consultivo Técnico. Subdirección General Técnica. Comisión Nacional del Agua. México.

Consejo de Recursos Minerales (1992). Monografía Geológico-Minera del estado de San Luis Potosí. Secretaría de Minas e Industria Paraestatal SEMIP, 218p.

Custodio, E. y Llamas, M.R. (1983). Hidrología Subterránea. España, Edit. Omega, Vol. I, 1157p.

Custodio, J. E. (1986). Recarga Artificial de Acuíferos. España, Servicio Geológico y Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Boletín No. 45, 134p.

Custodio, J. E. (1998). Recarga a los acuíferos. Aspectos generales, sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. España, Boletín Geológico y Minero, Vol. 109, No. 4, pp. 329-346.

Chávez Rodríguez, A.; Flores, S.; Mobayed, N.; García, E.; Ríos, J. y Hernández, M. (1990). Construcción de un modelo digital de simulación de flujo del acuífero de Villa de Reyes, SLP. Comisión Federal de Electricidad, pp. 79-87.

Chávez Rodríguez, A. (1992). Optimización del bombeo en el acuífero de Villa de Reyes, San Luis Potosí. Ingeniería Hidráulica en México, Enero-Abril, pp. 99-107.

De la Rosa y Llanas (2000)

Freeze, R.A. y Cherry, J.A. (1979). Groundwater. US Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 604p.

Garduño Monroy, V.H. (2001) Efectos de las fallas asociadas a sobreexplotación de acuíferos y la presencia de fallas potencialmente sísmicas en Morelia, Michoacán, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas. Vol. 18, No. 1, pp. 37-54.

Herrera, I.; Medina, R.; Chargoy, L. y Carrillo, J. (1992). Evaluation of hydrothermal sources that sustain an overexploited aquifer at San Luis Potosi, Mexico. Instituto de Geofísica, UNAM, Serie de Investigación, No. 145, 14p.

Holtzer, Thomas L. (1976). Ground Failure in Areas of Subsidence Due to Ground-Water Decline in the United States. *Proc. of the Second International Symposium on Land Subsidence*. International Association of Hydrology Science IAHS/AIHS. Anaheim, CA USA. Publication No. 121; pp. 423-433.

Holtzer, Thomas L. (1984). Ground Failure Caused by Groundwater Withdrawal from Unconsolidated Sediments in the United States. *Proc. of the Third International Symposium on Land Subsidence*. International Association of Hydrology Science IAHS/AIHS. Venice, Italy. Publication No. 151; pp. 747-756.

INAGUA (2004). *El Agrietamiento en Aguascalientes: causas y efectos*. Coord. Arroyo M., Zermeño M., y Castañeda J.A. Investigación patrocinada y dirigida por el Instituto del Agua del Estado de Aguascalientes (INAGUA). Aguascalientes. 227p.

INEGI (1985)

Juárez Badillo, E. (1962). Mecanismo de grietas de tensión en el valle de México. Tesis doctoral. UNAM. México.

Labarthe, H.G; Tristán, G.M. (1978). Cartografía Geológica Hoja San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 59, Inst. Geol. Metal. UASLP. 41p.

Labarthe, H. G.; Tristán, G. M. y Aranda, G. J. J. (1982). Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central del Estado de San Luis Potosí. UASLP, Instituto Geológico y Metalúrgico, Folleto Técnico No. 85, 208p.

Labarthe H.G., Tristán, M., Aguillón, A., Jiménez, L.S., y Romero, A. (1989). Cartografía geológica 1:50,000 de las Hojas El Refugio y Mineral El Realito, Estados de San Luis Potosí y Guanajuato. Folleto Técnico No.112. Inst. Geol. UASLP, 76p.

Labarthe, H. G. y Jiménez, L. L. (1992). Características físicas y estructura de lavas e ignimbritas riolíticas en la Sierra de San Miguelito, SLP. UASLP, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 114, 31p.

Labarthe Hernández, G., Tristán González, M., y Aranda Gómez, J.J. (1982) Revisión Estratigráfica del Cenozoico de la Parte Central del Estado de San Luis Potosí. Instituto de Geología y Metalurgia. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 85, 208 p.

Labarthe H. G., Mata Segura J.L., Torres H. R., López Doncel R. y Rodríguez R. R. (2005) Grietas y Fallas del Terreno en la Zona Urbana de San Luis Potosí. Instituto de Geología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. SLP. (*por publicar*).

Leake S.A. (1999). Land Subsidence From Ground-Water Pumping. U.S. Geological Survey. (<http://geochange.er.usgs.gov/sw/changes/anthropogenic/subside/>)

Long Range Planning For Drought Management - The Groundwater Component. <http://wmc.ar.nrcs.usda.gov/technical/GW/Drought.html>

Leonard, R.J. (1929). An Herat Fissure in Southern Arizona. *Journal of Geology*. Vo. 37, No. 8, pp. 765-774.

Liu, Y. and Zhang, Ch. (1993). A Comparative Study of Calculation Methods for Recharge of Rainfall Seepage to Ground Water in Plain Area. US, *Ground Water*, Vol. 31, No.1, pp. 12-18.

López-Ramos, E. (1979). Geología de México, Tomo II. México, 2ª. Edición, 457p.

Lugo Hubp, J. y Córdova, C. (1992). Regionalización geomorfológica de la República Mexicana. UNAM, Instituto de Geografía, Boletín No. 25, pp. 25-63.

Marsal J. Raúl y Mazari Marcos (1959). El Subsuelo de la Ciudad de México. UNAM. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. México.

Martínez Ruiz, Víctor Julián y Aguirre, M.A. (1984). Comportamiento del nivel estático del acuífero profundo de la cuenca de San Luis Potosí hasta junio de 1984. Folleto Tec. No.96. Inst. Geol. Met. UASLP, 17p.



Martínez Ruiz, Víctor Julián. (1997). Actualización del marco geológico del subsuelo del valle de San Luis Potosí. UASLP, Instituto de Geología, Folleto Técnico No. 123, 19p.

Mata Segura J.L. (2004). Estudio sobre grietas del terreno en la Delegación de Bocas, municipio de SLP. Instituto de Geología. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí. Septiembre. (*comunicación personal*).

Organización de las Naciones Unidas –ONU. (1977). Almacenamiento y recarga artificial de aguas subterráneas. US, New York, 306p.

Ortega, G.F., Mitre Salazar, L.M., Roldán, Q.J., Aranda, G.J.J., Morán, Z.D., Alaniz, A.S.A. y Nieto, S.A.F. (1992). Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana. México, UNAM y SEMIP, 74p.

Rodríguez, J. M. y Aranda J. Manuel (1976). El Subsuelo de San Luis Potosí, SLP. Memorias de la VIII Reunión Nacional de Mecánica de Suelos. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. Guanajuato, Gto. Tomo I, pp. 313-356.

Sagaseta C. (1987). Analysis of Undrained Soil Deformation Due to Soil Loss". *Geotechnique*. Vol. 37, pp. 301-320.

Sandoval, J. P. and Bartlett, S. R. (1991). Land Subsidence and Earth Fissuring on the Central Arizona Project, Arizona. *Proc. of the Fourth International Symposium on Land Subsidence*. International Association of Hydrology Science IAHS/AIHS. Huston, TX USA. Publication No. 200; pp. 249-260.

Schumann, H. H. and Poland, J. F. (1969). Land Subsidence, Earth Fissures, and Groundwater withdrawal in South-Central Arizona, USA. *Proc. of the First International Symposium on Land Subsidence*. International Association of Hydrology Science IAHS/AIHS, and UNESCO. Tokyo, Japan; pp. 295-302.

Sinkholes and the Landscape Management Considerations. 1999. NRCS. USDA.

SMMS (1978). El Subsuelo y la Ingeniería de Cimentaciones en el Área Urbana de la Ciudad de México. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. México.

SMMS (1991). Agrietamiento de Suelos. *Simposio sobre Agrietamiento en Suelos*. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. Agosto. México.

SMMS (1985). *La Mecánica de Suelos y la Geohidrología*. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C. y Asociación Geohidrológica Mexicana. Palacio de Minería. México. 70p.

Tristán, G.M. (1986). Estratigrafía y tectónica del graben de Villa de Reyes en los estados de San Luis Potosí y Guanajuato, México, Folleto Técnico No.107. Inst. Geol. UASLP, 91p.

Valencia-Islas, J. J. (1996). Implicaciones de la historia térmica de la plataforma valles-San Luis Potosí, en la distribución de los hidrocarburos y yacimientos minerales. Bol. Asociación Mexicana de Geólogos Petroleros, Vol. XLV, No. 1, Enero-Junio, pp. 1-19.

Vázquez, R. C. A.; Ruiz, R. J. y González-Morán, T. (1990). Exploración del basamento en el suroeste de San Luis Potosí, utilizando datos gravimétricos, aeromagnéticos y sondeos magnetotelúricos. *Geofísica Internacional*, Vol. 29, No. 2, pp. 71-88.

Zárate, J.C. (1977). Cartografía geológica Hoja Villa de Arista, SLP. Instituto de Geología y Metalurgia. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Folleto Técnico No. 52, 47p.



*COMISION NACIONAL  
DEL AGUA*

**Promma**  
Programa de Modernización  
del Manejo del Agua