



Región Centro Occidente

PROGRAMA DE DESARROLLO

AGUASCALIENTES · COLIMA · GUANAJUATO · JALISCO · MICHOACAN  
· NAYARIT · QUERETARO · SAN LUIS POTOSI · ZACATECAS

---

# ANÁLISIS REGIONAL DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA REGIÓN CENTRO OCCIDENTE

PARTE II

## **Fideicomiso para el Desarrollo de la región Centro Occidente (FIDERCO)**

Av. Niños Héroes #2905-4

Col. Jardines del Bosque

44520 Guadalajara, Jalisco

Tel / Fax (33) 3647 7637

Correo electrónico: [fiderco@prodigy.net.mx](mailto:fiderco@prodigy.net.mx)

## **Elaborado con el apoyo de:**

Universidad Autónoma de Nayarit

Centro de Vinculación Empresarial y Desarrollo Sustentable

Correo electrónico: [siriacoqr@yahoo.com.mx](mailto:siriacoqr@yahoo.com.mx)



Región Centro Occidente

PROGRAMA DE DESARROLLO

AGUASCALIENTES · COLIMA · GUANAJUATO · JALISCO · MICHOACAN  
· NAYARIT · QUERETARO · SAN LUIS POTOSI · ZACATECAS

---

## **I.- Situación Actual y perspectivas para el manejo del agua**

### **1.- Condiciones Actuales**

#### **c.- Las Cuencas Hidrográficas en la Región Centro Occidente**

---

---



## C) LAS CUENCAS HIDROGRAFICAS EN LA REGIÓN CENTRO OCCIDENTE

### c.1. Caracterización cuantitativa, cualitativa y espacial de las cuencas y su diversidad biológica.

**Cuenca Hidrográfica:** Unidad natural definida por la existencia de la divisoria de las aguas en un territorio dado. Las cuencas hidrográficas son unidades morfológicas superficiales. Sus límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de las precipitaciones; también conocido como "parteaguas". El parteaguas, teóricamente, es una línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes pero de exposición opuesta; desde la parte más alta de la cuenca hasta su punto de emisión, en la zona hipsométricamente más baja. Al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas o cuencas de orden inferior. Las divisorias que delimitan las subcuencas se conocen como parteaguas secundarios.

**Cuenca Hidrológica:** La definición de cuenca hidrológica es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo.

Tanto las cuencas hidrográficas como las hidrológicas se pueden subdividir en tres zonas de funcionamiento hídrico principales:

- a) zona de cabecera.
- b) zona de captación – transporte.
- c) zona de emisión.

Los procesos en las partes altas de la cuenca invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto toda la cuenca se debe administrar como una sola unidad. En este contexto, los bosques en las cabeceras de las cuencas cubren una importante función reguladora ya que controlan la cantidad y temporalidad del flujo del agua, y también protegen los suelos de ser arrastrados por el agua con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas. La cuenca es además integradora de procesos y patrones de los ecosistemas, en donde las plantas y animales ocupan una diversidad de hábitat generado por variaciones de tipos de suelo, geomorfología y clima en un gradiente altitudinal



---

**Funciones de la Cuenca.-** Los procesos de los ecosistemas que describen el intercambio de materia y flujo de energía a través de la vinculación de los elementos estructurales del ecosistema pueden ser vistos como un sistema, en donde dentro de la cuenca, se tienen los componentes hidrológicos, ecológicos, ambientales y socioeconómicos, cuyas funciones a continuación se describen:

**- Función Hidrológica**

- a) Captación de agua de las diferentes fuentes de precipitación para formar el escurrimiento de manantiales, ríos y arroyos.
- b) Almacenamiento del agua en sus diferentes formas y tiempos de duración.
- c) Descarga del agua como escurrimiento.

**- Función Ecológica**

- a) Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- b) Provee de hábitat para la flora y fauna que constituyen los elementos biológicos del ecosistema y tienen interacciones entre las características físicas y biológicas del agua.

**- Función Ambiental**

- a) Constituyen sumideros de CO<sub>2</sub>.
- b) Alberga bancos de germoplasma.
- c) Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- d) Conserva la biodiversidad.

**- Función Socioeconómica.**

- a) Suministra recursos naturales para el desarrollo de actividades productivas que dan sustento a la población.
- b) Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad.

**Manejo Integrado de Cuencas.-** Es un proceso interactivo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo para la sustentabilidad de los recursos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Asimismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones.



Por lo tanto el concepto integral implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación. El fin de los planes de manejo integral es el conducir al desarrollo de la cuenca a partir de un uso sustentable de los recursos naturales.

### Clasificación de cuencas

Por su forma	
Región hidrológica:	Áreas que abarcan miles de km <sup>2</sup>
Cuencas:	Áreas mayores a 50 mil has
Subcuenca:	Hasta 50 mil has
Subcuenca Especifica:	
Microcuenca:	Áreas de 4 mil has hasta 10 mil
Unidad de escurrimiento:	Áreas de unas cuantas has
Por el destino de sus escurrimientos	
Arreicas:	No desembocan en ninguna parte sino que se evapora, tampoco se infiltra no forma mantos acuíferos (no llegando a airearse) típico de zonas áridas.
Criptorreicas:	No hay un drenaje superficial aparente (típico de paisajes de malpaís y zonas cársticas), carecen de una red fluvial permanente y organizada y corren como ríos subterráneos
Endorreicas:	Los escurrimientos continúan a un sistema cerrado ya sea natural o artificial, sin llegar al mar. Se le conocen también como cuencas lacustres.
Exorreicas:	son aquellas en que la humedad drenada por sistema corriente llega al mar por vía superficial o subterránea.
Por las clases de corrientes	
Perennes	Conduce en su cause agua durante todo el año y durante secas su cause es mantenido por agua subterránea.
Intermitentes	Parte del año conduce agua (temporada de lluvias)
Efímeras	son aquellas que llevan agua durante períodos muy cortos (2 a 3 días)



## REGIONES Y CUENCAS HIDROLÓGICAS EN LA REGIÓN CENTRO OCCIDENTE.

La mayor región de la macrorregión es la Lerma-Santiago y la menor Huicicila.

**Tabla 39. Regiones y cuencas hidrológicas de la macrorregión Centro-Occidente**

<i>Región</i>	<i>Cuenca</i>	<i>Km<sup>2</sup></i>	<i>%</i>	<i>% de la Región</i>
<b>Lerma-Santiago</b>	R. Lerma-Salamanca	13417.11	3.73	
	R. Lerma-Chapala	9984.09	2.78	
	R. Lerma-Toluca	3059.62	0.85	
	L. Chapala	6644.94	1.85	
	L. Pátzcuaro-Cuitzeo-Yuriria	6177.72	1.72	
	R. Santiago-Guadalajara	10789.08	3.00	
	R. Santiago-Aguamilpa	7098.27	1.97	
	R. Verde Grande	21894.33	6.09	
	R. Juchipila	8824.01	2.45	
	R. Bolaños	15181.14	4.22	
	R. Huaynamota	13530.75	3.76	
	R. Laja	11952.98	3.32	
<b>El Salado</b>	San Pablo y otras	7438.63	2.07	
	Matehuala	9309.04	2.59	
	Sierra de Rodríguez	3787.86	1.05	
	Fresnillo-Yesca	14652.92	35.76	
	P. San José-Los Pilaes y otras	11378.02		
	Sierra Madre	4063.16		
	Camacho-Gruñidora	8049.57		
<b>Costa de Jalisco</b>	R. Chacala-Purificación	3548.43		3.13
	R. San Nicolás-Cuitzmala	3956.94		
	R. Tomatlán-Tecuán	3748.68		
<b>Armería-Coahuayana</b>	R. Coahuayana	7878.80		4.90
	R. Armería	9750.58		



<b>Pánuco</b>	R. Tamuín	31413.70		11.97
	R. Moctezuma	10508.34		
	R. Pánuco	772.44		
	R. Tamesí	339.12	16.32	
<b>Huicicila</b>	R. Cuale-Pitillal	1706.13		1.43
	R. Huicicila-San Blas	3442.53		
<b>Ameca</b>	Presa La Vega-Cocula	2146.68		3.49
	R. Ameca-Atenguillo	5917.80		
	R. Ameca-Ixtapa	4466.04		
<b>Balsas</b>	R. Tepalcatepec	11080.30		10.35
	R. Balsas-Zirándaro	1323.79	0.37	
	R. Balsas-Infiernillo	4666.21	1.30	
	R. Cutzamala	7421.61	2.06	
	R. Tacámbaro	5402.98	1.50	
	R. Tepalcatepec-Infiernillo	7319.78	2.04	
<b>Costa de Michoacán</b>	R. Neixpa y otros	4899.82	1.36	2.63
	R. Cachán ó Coalcomán y otros	4558.39	1.27	
<b>Presidio-San Pedro</b>	R. San Pedro	7091.37	1.97	3.41
	R. Acaponeta	5156.97	1.43	
<b>Nazas-Aguanaval</b>	R. Aguanaval	12447.09	3.46	4.91
	L. de Mayrán y Viesca	5218.29	1.45	

## Manejo de Cuencas

En la región existe un largo historial de gestión del agua a nivel de cuencas. Esta historia es muy variada y con diferentes niveles de continuidad y cobertura inclusive dentro de un mismo país. La mayoría de las experiencias están vinculadas a la fase de estudios integrales de cuencas orientadas a hacer listados de proyectos y a la fase constructiva de obras hidráulicas y otra infraestructura física. Están a cargo de comisiones o corporaciones de desarrollo de cuencas o de grandes usuarios, sobre todo de hidroenergía, riego y agua potable.

Una de las demandas más frecuentes de los gobiernos es para recibir sugerencias y apoyo para organizar un sistema institucional de nivel nacional o regional capaz de orientar acciones que tiendan al desarrollo sostenible. La



posibilidad de crear entidades de agua a nivel de cuencas, capaces de conducir ordenadamente acciones que tiendan a la gestión ambiental, se convierte en una opción muy importante para quienes perciben que ello es un paso esencial para lograr las metas previamente enunciadas.

Los actuales cambios o modificaciones que se hacen a las leyes de aguas son propicios para mejorar los sistemas de gestión del agua e institucionalizar las entidades de aguas a nivel de cuencas así como legalizar la formulación y aplicación de planes de gestión de cuencas. El compromiso de las leyes sobre aprovechamiento sostenible de los recursos naturales debería consistir en combinar la capacidad de asignación de uso, regulación, monitoreo, planificación y visión a largo plazo que debe tener el Estado con las ventajas de la participación privada. El no considerar esta complementariedad necesaria, lleva en general al fracaso de algunos de los objetivos que permiten alcanzar la sostenibilidad, sobre todo cuando se trata de utilizar recursos naturales como el agua (**CEPAL** (LC/R.1739), 10 de julio de 1997).

### **La cuenca como unidad de análisis, planificación y manejo**

El análisis, planificación y gestión ambiental son elementos inseparables del desarrollo de un país o región. Diversos criterios de sectorización espacial han sido utilizados para llevar a cabo estas actividades. Entre éstos destacan la dinámica económica regional; las divisiones político-territoriales; el grado de homogeneidad en cuanto a determinadas características físico-naturales y, por último, el patrón de drenaje de las aguas superficiales. Ningún criterio es superior al otro, todo depende de las características del problema atendido y de los objetivos perseguidos. Obviamente, las cuencas hidrográficas responden básicamente al último de los criterios mencionados.

Tres características fundamentales permiten definir este particular espacio geográfico: Primero: Las líneas divisorias de aguas como límites naturales totales o parciales. Segundo: Una porción de territorio drenada por un sistema de tributarios que contribuyen a alimentar un curso de agua principal. Este último conduce las aguas superficiales hasta su nivel de base, donde la cuenca entrega sus aguas a otro sistema, generalmente otra cuenca, un lago, o el mar. Tercero: Una dinámica ambiental definida por las interacciones sistémicas entre los recursos agua, suelo y vegetación y el impacto que sobre estas interacciones tienen las decisiones en materia de uso de los recursos naturales tomadas por distintos agentes económicos.

En algunos casos, la porción terminal de la cuenca constituye un área que, por su carácter transicional, admite un tratamiento separado respecto del resto de la cuenca. Ejemplos de estas áreas transicionales son los estuarios y humedales.



Para efectos prácticos y de manera simplista la cuenca puede ser dividida en tres secciones: i) la cuenca alta o sección alta de la cuenca, que corresponde generalmente con las áreas montañosas limitadas en su parte superior por las líneas divisorias de aguas; ii) la cuenca media o sección media de la cuenca, la cual comprende las zonas de pie de monte y valles bajos donde el río principal mantiene un cauce definido y, iii) la cuenca baja o zonas transicionales, tales como estuarios y humedales. Estas últimas son áreas deposicionales donde el río principal divaga e incluso desaparece como tal.

Existen cuencas donde el contraste topográfico es tan marcado que sólo dos secciones -la alta y la baja- son identificables. La cuenca es una unidad espacial relevante para analizar los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos agua, suelo y vegetación. En efecto, las posibilidades de diferenciación espacial y de integración conceptual de procesos ambientales que esta unidad brinda, hacen de ella un marco geográfico propicio para entender los impactos ambientales de las actividades humanas.

La cuenca es también un marco apropiado para la planificación de las medidas destinadas a corregir impactos ambientales producto del uso y manejo de los recursos. Sin embargo, la relevancia de la cuenca como unidad para la planificación está condicionada por los alcances de los programas que se definan, su tamaño y complejidad, los niveles de decisión involucrados y las fuentes de financiamiento. La relevancia de la cuenca como unidad espacial para la gestión ambiental y del agua ha sido objeto de polémica y está igualmente condicionada por los factores señalados en el párrafo anterior.

El principal problema en este sentido consiste en que las fuerzas que materializan el desarrollo generalmente actúan siguiendo criterios espaciales de carácter político-territorial o sectorial. Por su parte, los procesos naturales que dinamizan las interacciones entre los recursos agua, suelo y vegetación no respetan estos límites. La cuenca es el espacio natural para manejar estas relaciones con el objetivo de satisfacer las necesidades de bienes y servicios que la sociedad demanda, en el corto, mediano y largo plazo, sin acelerar procesos de degradación de los recursos naturales.

### **Consejos de Cuenca**

Para facilitar la coordinación de las políticas y programas hidráulicos entre los tres niveles de gobierno: Federal, Estatal y Municipal y para propiciar la concertación de objetivos, metas, estrategias, políticas, programas, proyectos y acciones, entre la autoridad federal del agua y los usuarios del agua debidamente acreditados y grupos y organizaciones diversas de la sociedad, la



---

Ley de Aguas Nacionales estableció la creación de Consejos de Cuenca. (Art. 13 de la L.A.N.).

En 1994 sólo se tenía el Consejo de la Cuenca Lerma-Chapala, pero para el año 2000 se habían constituido 24 quedando pendiente de entrar en operación uno más, con lo cual se cumpliría la meta y el mandato de la Ley de Aguas Nacionales. De ellos, la Mesorregión Centro-Occidente cuenta con los Consejos de: Lerma-Chapala, Río Balsas, Nazas-Aguanaval y Río Pánuco.

La organización y participación de la sociedad en Consejos, comisiones y comités de cuenca responderían así a objetivos generales derivados de los problemas y retos asociados al agua, tales como:

1) *Ordenar los diversos usos del agua.*- En estos foros se debe analizar y discutir, cómo conciliar en cada cuenca la oferta de agua disponible con la demanda existente y qué hacer para prevenir y controlar la contaminación de las corrientes y cuerpos de agua.

2) *Saneamiento de las cuencas, barrancas y cuerpos receptores de agua para prevenir su contaminación.*- Considerando que la contaminación atenta contra la vida, degrada el ambiente y afecta a las generaciones actuales y futuras, los *Consejos, Comisiones y Comités de Cuenca* se propusieron para contribuir a su limpieza y conservación.

3) *Promover y propiciar el reconocimiento del valor económico, ambiental y social del agua.*- Por las condiciones de escasez relativa y contaminación existentes, es imprescindible alentar en la sociedad el reconocimiento del valor del agua, como un bien económico de uso público y benéfico, al tiempo que se difunde el valor e impacto social y ambiental de sus usos y aprovechamientos.

4) *Conservar y preservar el agua y los suelos de las cuencas.*- La sustentabilidad del desarrollo, exige cuidar los recursos naturales y especialmente el agua, para permitir que en el futuro, las próximas generaciones puedan continuar disfrutando de ella.

5) *Eficientar los usos actuales del agua como un objetivo impostergable.*- En la agricultura y en las ciudades hay evidencias de los desperdicios y usos ineficientes del agua.

A manera de ejemplo para la Región, se citan los objetivos particulares y estrategias del Consejo de cuenca del río Pánuco:



- Ordenar y regular la explotación, uso y aprovechamiento de las aguas superficiales, subterráneas y residuales de la cuenca, acorde con su disponibilidad, así como sus bienes inherentes.
- Reducir los efectos de las avenidas.
- Impulsar programas del uso eficiente del agua en zonas agrícolas, urbanas e industriales.
- Promover programas para el saneamiento de los cuerpos de agua y corrientes.
- Fomentar el desarrollo hidráulico equilibrado y la conservación de los recursos de la cuenca.

**Tabla 40. Consejos y comisiones de Cuenca, Regiones Administrativas de la CNA y Comités Técnicos de Aguas Subterráneas**

<b>Consejos de cuenca</b>			
<i>Nombre</i>	<i>Fecha de instalación</i>	<i>Región administrativa de la CNA</i>	
1. Lerma Chapala	28 enero 1993	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	
2. Nazas-Aguanaval	1 diciembre 1998	VII Cuencas Centrales del Norte	
3. Río Balsas	26 marzo 1999	IV Balsas	
4. Río Santiago	14 julio 1999	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	
5. Río Pánuco	26 agosto 1999	IX Golfo Norte	
<b>Comisiones de cuenca</b>			
<i>Nombre</i>	<i>Fecha de instalación</i>	<i>Región administrativa de la CNA</i>	
1. Río Turbio	9 febrero 1995	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	
2. Río San Juan (Pánuco)	1 agosto 1997	IX Golfo Norte	
3. Cuenca propia del Lago de Chapala	2 septiembre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	
4. Ayuquila-Armería	15 octubre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	



Comités técnicos de aguas subterráneas (COTAS)		
Nombre	Fecha de instalación	Región administrativa de la CNA
1. Celaya	28 noviembre 1997	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
2. Laguna Seca	28 noviembre 1997	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
3. Valle de Querétaro	20 febrero 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
4. Amazcala	25 septiembre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
5. León	1 octubre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
6. Silao-Romita	1 octubre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
7. Irapuato-Valle de Santiago	6 noviembre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
8. Abasolo-Pénjamo	6 noviembre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
9. Huimilpan	10 diciembre 1998	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
10. Salvatierra-La Cueva	7 enero 1999	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
11. Acámbaro	25 agosto 1999	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
12. Moroleón	31 agosto 1999	VIII Lerma-Santiago-Pacífico
<b>Fuente:</b> Comisión Nacional del Agua, <b>Compendio Básico del Agua en México</b> , CNA, Semarnap, México, 1999.		

## El manejo integral de cuencas (MIC)

Actualmente, se ha dado plena vigencia al concepto MIC, como el conjunto de acciones orientadas, coordinadas e integradas sobre los elementos y variables del medio ambiente en una cuenca, tendientes a regular el funcionamiento de este ecosistema con propósitos de elevar la calidad de vida de la población inserta en ella (Martínez, 1996).

El MIC consiste en utilizar las cuencas hidrológicas y reconocer la presencia y relaciones de todos los elementos que existen e interactúan dentro de la cuenca. Por ejemplo, recursos de agua, cuencas atmosféricas, suelo, recursos de la diversidad biológica, hábitat natural y actividades socio-económicas que ocurren dentro de la cuenca hidrológica.

Para llevar a cabo acciones de manejo de las cuencas, se debe partir de una visión sistémica, donde: a) se considera que todos los componentes de una cuenca constituyen una unidad estructural y funcional, b) se consideren los elementos ecológicos, socioeconómicos y tecnológicos interactuantes, c) se reconoce la interdependencia e interacciones que existe entre los elementos del



sistema y entre éstos y el ambiente externo y d) se entiende que la importancia de las cuencas hidrológicas no radica en su tamaño o caudal, sino en su área de influencia; es decir, en las interacciones de la sociedad con esa cuenca.

En un manejo integral de cuencas deben considerarse también las entradas y salidas, que son los flujos que ingresan y salen de la unidad (cuenca). Pueden ser materia (fertilizantes, comida, animales, etc.), energía (solar, eléctrica, química, etc.) y flujos económicos (valores monetarios en sus diferentes expresiones).

Se concibe como un instrumento de gestión y planeación ambiental muy eficiente, en el que se aliente la participación de los diferentes actores sociales y económicos de la cuenca en la toma de decisiones, promueva la formación y autonomía de un consejo de desarrollo sustentable *ad-hoc*, y genere cambios de orden institucional para poder manejar todos los componentes de la cuenca en forma armónica con el medio ambiente.

Requiere por tanto que el sector de medio ambiente en sus tres niveles se organice en una manera compatible con este concepto. Esto hace necesaria una transformación sustancial de las actuales unidades administrativas, al menos federales, hacia una nueva estructura por cuencas integradas. Particularmente, “se trata de propiciar sinergias que faciliten la construcción de un piso de gestión apoyado en las cuencas, que permita ordenar en forma espacial las diferentes intervenciones que los agentes económicos y sociales realizan en el territorio regional”.

De igual forma se pretende garantizar la confluencia de voluntades políticas para que los diferentes programas federales y locales garanticen intervenciones eficientes en materia de manejo del agua y residuos, ordenamiento ecológico, impacto ambiental, conservación y manejo de recursos naturales, entre otros.

Dados los rezagos en la materia, existen áreas que por sus características particulares requieren de consideración y atención prioritaria e inmediata. Su identificación y selección tiene como propósito concentrar recursos y esfuerzos donde son más necesarios. A nivel nacional, las áreas de atención prioritaria se definieron de acuerdo a tres dimensiones: importancia ambiental (problemática/oportunidad), socioeconómica y criterios de selección, que fueron: fragilidad ambiental; gravedad del deterioro ambiental; iniciativas regionales vigentes; vinculación con la seguridad nacional; pobreza extrema; demandas de la sociedad; problemas y necesidades ambientales de los pueblos indígenas.

Como ya se menciono anteriormente en la Región Centro Occidente convergen 5 Regiones Administrativas y 11 Regiones Hidrológicas con sus respectivas



cuencas y subcuencas y estas no necesariamente respetan los límites estatales o municipales.

**Tabla 41. Regiones Administrativas de la Macrorregión Centro Occidente. Porcentaje de superficie estatal y regional (% de la región en la entidad / % de la entidad en la región)**

Entidad Federativa	Regiones Administrativas					Total Estatal
	III	IV	VII	VIII	IX	
Aguascalientes				3/100		/100
Colima				3/100		/100
Guanajuato				14/91	2/9	/100
Jalisco		2/3		40/97		/100
Michoacán		28/55		14/45		/100
Nayarit	7/39			9/61		/100
Querétaro				1/19	8/81	/100
San Luis Potosí			17/56		22/44	/100
Zacatecas	3/7		22/61	13/32		/100
% de la región Administrativa en la región Centro Occidente	10	30	39	97	32	



Región Centro Occidente

PROGRAMA DE DESARROLLO

AGUASCALIENTES · COLIMA · GUANAJUATO · JALISCO · MICHOACAN  
· NAYARIT · QUERETARO · SAN LUIS POTOSI · ZACATECAS

---

## **Análisis por Región Hidrológico Administrativa**

### **Región III Pacífico Norte**

---

---



## REGION III PACÍFICO NORTE

La región III Pacífico Norte se ubica en el Noroeste de México, presenta a lo largo de su territorio notables diferencias en su desarrollo hidráulico y, por consecuencia, en la problemática del sector.

La superficie de la región es de alrededor de 150 000 km<sup>2</sup> que corresponde a 8% de la superficie nacional. Dentro de la Macrorregión Centro-Occidente, ocupa la parte norte del estado de Nayarit y una pequeña porción del estado de Zacatecas, la Región Hidrológica Presidio-San Pedro es la que abarca el norte de Nayarit dentro



de esta se encuentran las cuencas de los ríos Acaponeta y San Pedro que representan el 3.41 % de la Región Centro Occidente.

La población regional es del orden de los 3.8 millones de habitantes de los cuales solo el 14 % se distribuye en los estados de Nayarit y Zacatecas. La economía regional se basa en la agricultura, la ganadería, la pesca y la captura y cría de camarón tienen un papel importante en las costas de Sinaloa y Nayarit.

En la porción de Nayarit se ubican algunas localidades de importancia estatal como Acaponeta y Tuxpan y el Distrito de Riego 043, Zacatecas solo participa con 2 municipios por lo que su contribución a la economía regional es muy pequeña.

La precipitación media anual es de alrededor de 1,200 mm en contraste con el resto de la región, en la zona norte la precipitación es de 450 y 684 mm anuales, además de que existe poco desarrollo hidráulico, por lo que no se aprovecha totalmente esta alta precipitación.

### A. Cuenca. Río San Pedro

Coordenadas de localización: 105° 09' 002 LW 21° 58'00" LN

La cuenca del río San Pedro es una de las más importantes del estado de Nayarit, se localiza al sur-oriental del mismo; cubre el 15.56% de la superficie del AOT con 397,125 ha; se divide en dos subcuencas: la subcuenca a) Río San Pedro y la b) Río Mezquita; cabe mencionar que el río San Pedro es el que tiene



una mayor superficie con 307,780.09 ha ocupando el 32.50% de la RH 11; mientras que el río Mezquital tiene una superficie de 89,345.61 ha ocupando el 9.44% de la superficie total de la Región Hidrológica 11.

Esta cuenca se origina dentro del estado de Durango en la sierra de Michis, donde tiene la mayor parte de su superficie, al inicio se le conoce como río La Saucedá, entra al gran Valle de Nombre de Dios hasta el poblado de Mezquital, Dgo., donde toma ese nombre. Posteriormente el río entra al estado de Nayarit, recorre 80 km, donde a la altura del poblado de San Blasito vuelve a cambiar el nombre por el de San Pedro, sigue una dirección Norte-Sur para después dirigirse hacia el oeste desembocando a través de una serie de lagunas (sobresale la Laguna Grande de Mexcalitán) y esteros en el océano Pacífico.

De los municipios del estado el que tiene mayor porcentaje de esta cuenca es el municipio de el Nayar con 25.81% cubriendo 79,451.38 ha. del mismo. Y el municipio que tiene menor porcentaje de esta cuenca es el de Tuxpan con el 5.21%, es decir, 16,039.06 ha.

### **Características de la cuenca:**

- Ecurrimientos promedio de 100 a 200 mm
- Gasto máximo de 4,800 m<sup>3</sup>/s
- Gasto medio aforado 3,738 m<sup>3</sup>/s
- Velocidad media 2.17 m/s
- Profundidad máxima 11.17 m

### **B. Cuenca. Río Acaponeta.**

Coordenadas de localización: 105° 20'30" LW    22° 29'00" LN

Cubre el 20.44% de la superficie del estado Nayarita, la cuenca se divide en cinco subcuencas que en total suman una superficie de 548,975 ha destacan por tener mayor superficie la Región Hidrológica. Ente las subcuencas importantes se encuentran la del Río El Palote – Higueras con 255,004.73 ha y la del Río Acaponeta con 174,346.38 ha. Dentro de esta cuenca se encuentran lagunas y cuerpos de agua importantes. Entre las primeras podemos mencionar las lagunas de Agua Brava, La Garza y los esteros El Gavilán y Salado.

Esta cuenca también llamada río San Diego nace con el nombre de Quebrada de San Bartolo en medio de las Lajas y Milpillás cerca del poblado de Ciénega de los Caballos Dgo. a unos 40 km. al SO de la ciudad de Durango. Se inicia a



partir de una elevación de 1,600 msnm siguiendo sensiblemente la dirección norte-sur; recibiendo 65 km abajo y por su margen izquierda uno de sus afluentes principales, la Quebrada Espíritu Santo; a partir de este sitio toma el nombre de Río San Diego, posteriormente, recibe al río Cruz de Piedra para después penetrar al estado de Nayarit y cambiar de nombre por el de Río Acaponeta. Recorre unos 233 km hasta su desembocadura en el Océano Pacífico por la Boca de Camichin.

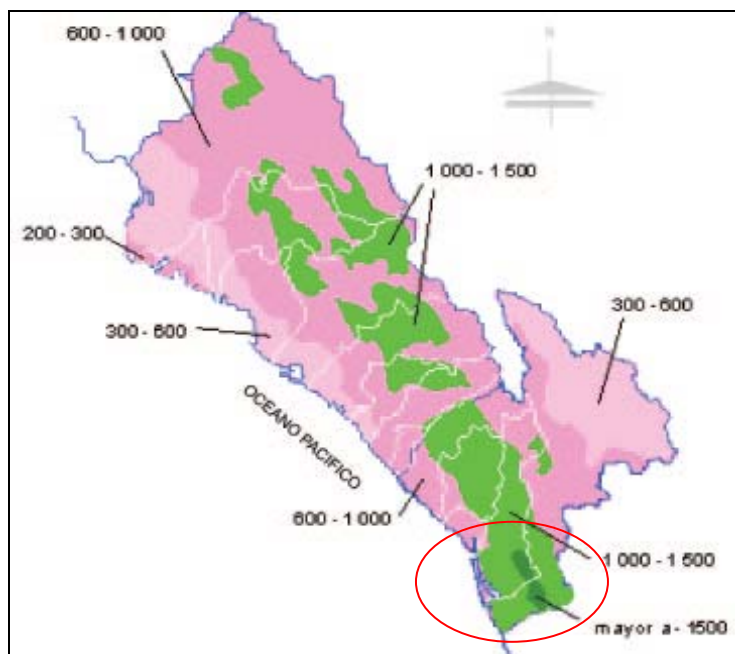
El municipio de Huajicori en el Estado de Nayarit es el que presenta un porcentaje mayor de el total de la cuenca, esto es a través de uno de los afluentes de esta cuenca llamada subcuenca del río Acaponeta la cual cubre con 12,499.20 ha. el 74.28% de la misma.

### **Características de la cuenca:**

- Es una cuenca en forma alargada orientada sensiblemente de norte a sur y con un eje mayor de unos 160 km. y un eje menor o anchura media de unos 35 km.
- Gasto máximo de 16,000 m<sup>3</sup>/s
- Gasto máximo aforado de 15,688 m<sup>3</sup>/s
- Gasto mínimo de 0.760 m<sup>3</sup>/s
- Escurrimientos de 100 a 200 mm
- Velocidad media de 6.16 m/s
- Profundidad máxima de 12.60 m.



## Precipitación Media Anual



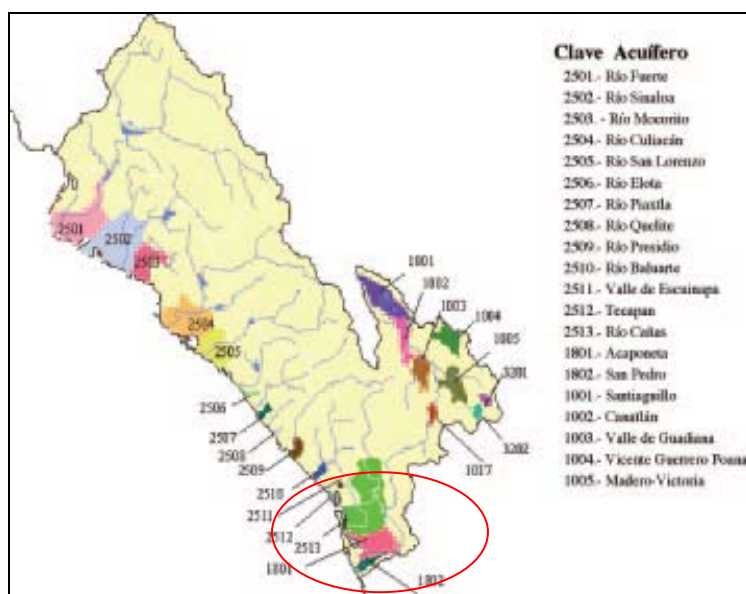
Las cuencas que concentran los escurrimientos en verano, con más del 80%, son las correspondientes a los ríos Cañas, Acaponeta y San Pedro, que son los ríos más torrenciales, que en épocas de estiaje llegan a presentar caudales muy bajos o prácticamente nulo.

## Aguas subterráneas

Según los inventarios de aguas subterráneas en la Región III Pacífico Norte existen 24 acuíferos, cuya capacidad la determinan las características fisiográficas, geológicas y geohidrológicas.



## Distribución de Acuíferos



## Calidad del agua

En cuanto a calidad del agua superficial, debe decirse en primer término, que la red de monitoreo, realiza muestreos y caracterizaciones principalmente en la parte baja de las cuencas, y que solamente en la Cuenca del Río San Pedro se realiza el monitoreo en la parte alta de la cuenca; por tal razón, y de acuerdo con los datos disponibles, la Región presenta en la mayor parte de los sitios monitoreados baja calidad; en consecuencia, en todas las cuencas de la Región se tienen tramos de los ríos con problemas de degradación de la calidad del agua, y se observa que ocho cuencas alcanzan valores de corrientes contaminadas.

## Usos del agua

La extracción total bruta de agua en la Región al año 2001, es de 19 151 hm<sup>3</sup> de los cuales 8 163 hm<sup>3</sup> se utilizan para usos consuntivos. Del volumen total extraído, el 92% proviene de las aguas superficiales y el 8% de las aguas subterráneas.



---

### **Agropecuario**

En la Región se atiende con servicio de riego alrededor de 796 800 hectáreas distribuidas en nueve distritos de riego; se incluyen 34 500 hectáreas del DR 043 Estado de Nayarit. La demanda requerida para este uso es de 7 617 hm<sup>3</sup>, se utilizan como fuente de abastecimiento las aguas superficiales de la Región en un 93 por ciento.

### **Público-urbano**

En el año 2001, para abastecer de agua a la población, se extrajo un volumen anual de 478 hm<sup>3</sup>, de los cuales 70% provenía de las aguas subterráneas de la Región. La dotación promedio regional resulta de 338 l/hab/día, valor superior a la recomendada, que es del orden de los 320 l/hab/día.

### **Uso industrial**

La demanda de agua para uso industrial en la Región asciende a 68 hm<sup>3</sup>. El 62.6% es destinado a la industria azucarera, constituida por tres de los ingenios más importantes de la Región; seguidos en orden de importancia por la industria del papel y, de agroproductos y alimentos, que demandan el 7 y el 5%, respectivamente.

### **Pecuario**

La demanda para la atención del uso pecuario en la Región, es de 13 hm<sup>3</sup>, que se incluyen en el uso agrícola. El ganado bovino es el que más agua demanda; se concentra en las cuencas de los ríos San Pedro y Fuerte, en un 41% y 29%, respectivamente. Cabe señalar que la demanda de este uso, es requerida principalmente para el riego de la superficie dedicada al cultivo de forrajes.

En relación a las aguas subterráneas existen 23 acuíferos en la región con una recarga de poco mas o menos 2,500 millones de m<sup>3</sup> por año. Del total del agua extraída del orden de 9,200 m<sup>3</sup>/año, 94% es utilizada para fines agrícolas (Fig. 39), 3% uso publico-urbano, 2% uso industrial y 1% para uso pecuario, de estos acuíferos solo uno se encuentra en el estado de Nayarit: Valle Acaponeta-Cañas, que se encuentra subexplotado y con buena calidad de aguas.

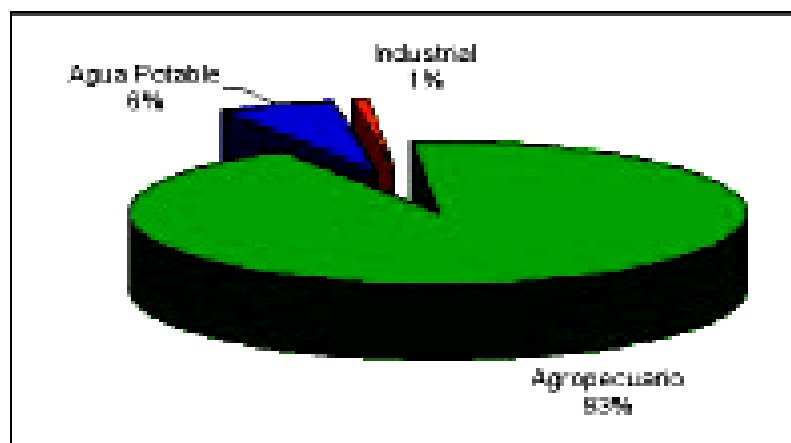


Figura 39. Principales usos del agua en la Macrorregión Centro-Pacífico.

La problemática de la región como en todas las demás es muy similar y a continuación se describe:

Las coberturas de agua potable, urbanas y rurales son ligeramente superiores a las medias nacionales, mientras que las coberturas de alcantarillado son ligeramente inferiores a las medias nacionales.

El problema de degradación de la calidad del agua superficial es común prácticamente en toda la región; la subregión Tuxpan es una donde se presentan mayores efectos por su potencial acuícola. La contaminación de los ríos San Pedro con valor de ICA de 49 en promedio y 52 para el río Acaponeta, debido a una falta de infraestructura de tratamiento de aguas residuales afecta los esteros, esta situación restringe el cultivo de camarón, que es el sustento más importante de estas zonas costeras, y perjudica a las localidades de Tuxpan y Acaponeta.

El problema de las inundaciones, causado principalmente por un ordenamiento territorial inadecuado, la poca capacidad de control de avenidas, el monitoreo deficiente y la insuficiencia de obras y programas de prevención, afecta a todas las zonas costeras.

Los fenómenos hidrometeorológicos extremos afectan bastante a esta subregión, en donde se encuentra parte de la zona denominada como Marismas Nacionales, y el ejemplo mas claro fue en Octubre del año 2002 con los daños causados por el huracán Kenna de una fuerte intensidad, dejando inundaciones por toda la zona.



Región Centro Occidente

PROGRAMA DE DESARROLLO

AGUASCALIENTES · COLIMA · GUANAJUATO · JALISCO · MICHOACAN  
· NAYARIT · QUERETARO · SAN LUIS POTOSI · ZACATECAS

---

## Región IV Balsas

---

---



## REGIÓN IV BALSAS

La Región IV Balsas está conformada por dos grandes provincias fisiográficas: la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. Abarca 119 000 km<sup>2</sup>, 6% del territorio nacional, y dentro de la Macrorregión Centro-Occidente parcialmente a los estados de Michoacán y Jalisco.

Abarca la subregión Bajo Balsas y las cuencas de los ríos Tepalcatepec, Balsas-Zirandaro, Balsas Infiernillo, Cutzamala, Tacambaro, Tepalcatepec-Infiernillo.

La Región IV Balsas, se localiza entre los paralelos 17° 13' y 20° 04' de latitud Norte y los meridianos 97° 25' y 103° 20' de longitud Oeste. Cuenta con una superficie hidrológica administrativa de 119 219 km<sup>2</sup>, (y una superficie hidrológica de 117 405.3 km<sup>2</sup>) equivalente al 6% del territorio nacional. La figura 40, muestra las 13 Regiones Hidrológicas Administrativas y la ubicación de la Región IV Balsas.



Figura 40. Ubicación de las Regiones Hidrológica Administrativas del País.



Dentro de la Macrorregión Centro Occidente están los estados de Michoacán y Jalisco (Fig. 41) con un total de 39 municipios. Para efectos de planeación la Región se ha dividido en tres Subregiones: Alto Balsas (51 412 km<sup>2</sup>), Medio Balsas (29 290 km<sup>2</sup>) y Bajo Balsas (38 517 km<sup>2</sup>) esta ultima comprendida dentro de la Macrorregión Centro-Occidente.



Figura 41. Subregión Bajo Balsas y estados que la componen.

En la tabla 42 se muestra el número de municipios, área municipal e hidrológica, número de cuencas, la población al año 2000 y su proyección para el año 2006.

**Tabla 42. Estructura Administrativa y Poblacional de la Región Bajo Balsas**

Subregión	Número de Municipios	Superficie (km <sup>2</sup> )		Número de Cuencas	Población (Millones de habitantes)	
		Municipal	Hidrológica		2000	2006
Bajo Balsas	39	38 517	35 045	4	1.42	1.52
Total	39	38 517	35 045	4	1.42	1.52



## Aspectos Socioeconómicos

La población en la zona del Bajo Balsas a diciembre de 2000 asciende a 3 millones de habitantes. Dentro de la Región existen 5 centros urbanos de mediana y grande importancia, con una población de 50 000 habitantes o más, Apatzingán, Uruapan, C. Hidalgo, Zitácuaro y Lázaro Cárdenas en el estado de Michoacán.

Al nivel regional, las actividades económicas predominantes son la agricultura, con el cultivo de maíz, caña de azúcar, hortalizas, frijol y arroz; la acuicultura, con el cultivo de tilapia y bagre; la recreación y turismo con múltiples centros vacacionales y balnearios.

La Distribución de la superficie de los Estados inmersos en la Región se muestra en la figura 42.

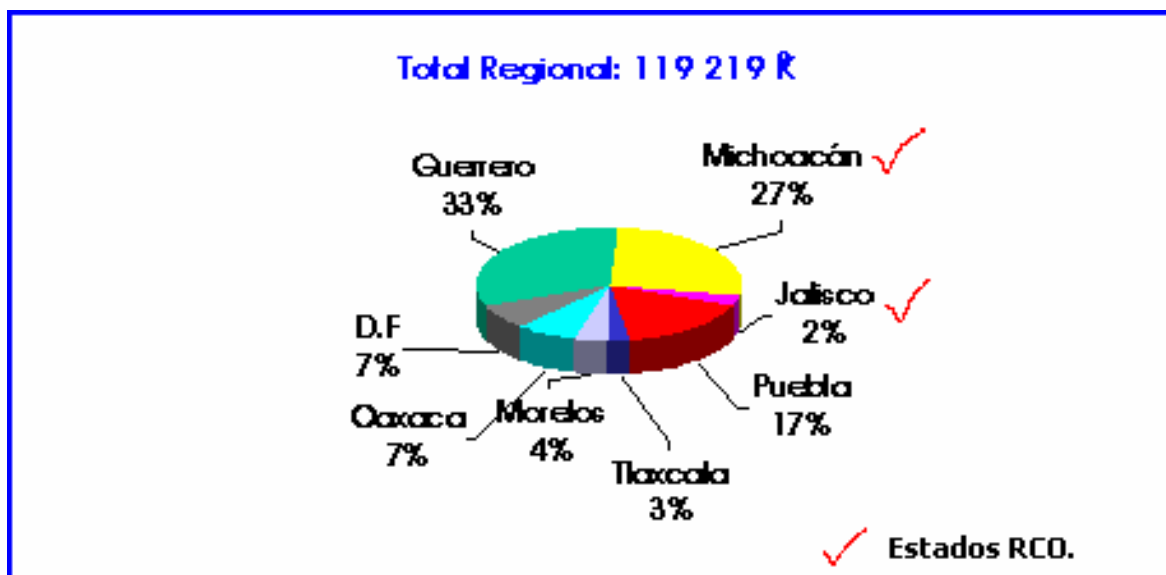


Figura 42 Distribución porcentual de la superficie por entidad federativa en la Región IV Balsas

Por lo general, las localidades con grado de marginación alto y muy alto son asentamientos pequeños y concentran una proporción de población municipal baja, donde no existen economías de escala en la prestación de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

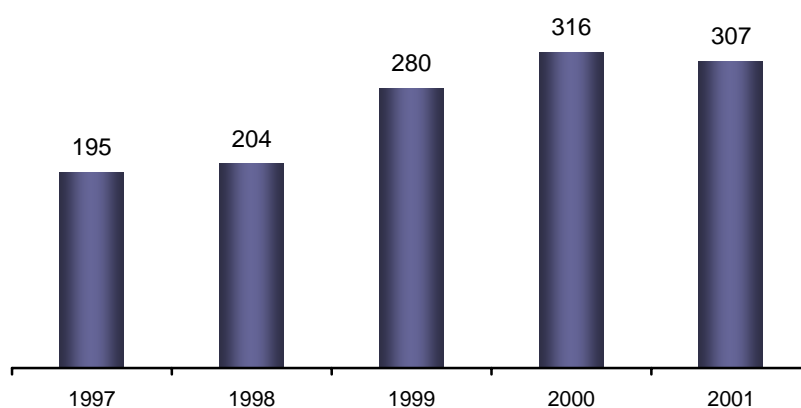
El sector agrícola, el cual utiliza las mayores cantidades de agua en la Región (el 88% del total) sólo genera el 10.4 de Producto Interno Bruto. La evolución de



este sector será determinante para avanzar hacia el desarrollo sustentable en armonía con el medio ambiente y los recursos naturales.

### Evolución de la Recaudación en la Región

La evolución de la recaudación se muestra en la figura 43 y los usuarios regularizados al 30 de junio del año 2001.



Fuente: Comisión Nacional del Agua A pesos constantes de 2001

Figura 43. Evolución de la recaudación (miles de pesos).

### Recursos Hidráulicos

#### Clima y Precipitación

Como una condición climática promedio obtenida mediante una ponderación gruesa de los parámetros climatológicos, se dice que en la Región IV Balsas predomina un clima **semicálido-subhúmedo**, con temperatura media anual entre 18 y 22° C, lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal menor que el 5%, poca oscilación en la temperatura media mensual entre 5 y 7° C, del tipo A(C)wo(w)(i'), de acuerdo con la clasificación climática de Köppen.

De los 929 mm (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, período de observación 1941-2001) de lluvia que en promedio escurren anualmente en la Región, ocurren principalmente de junio a octubre, lo que dificulta su aprovechamiento dado su carácter torrencial en la generalidad de los casos. La tabla 43 contiene el resumen de los resultados obtenidos del análisis de lluvias, para cada una de las Subregiones y para la Región en general, que incluye la precipitación media anual en mm.

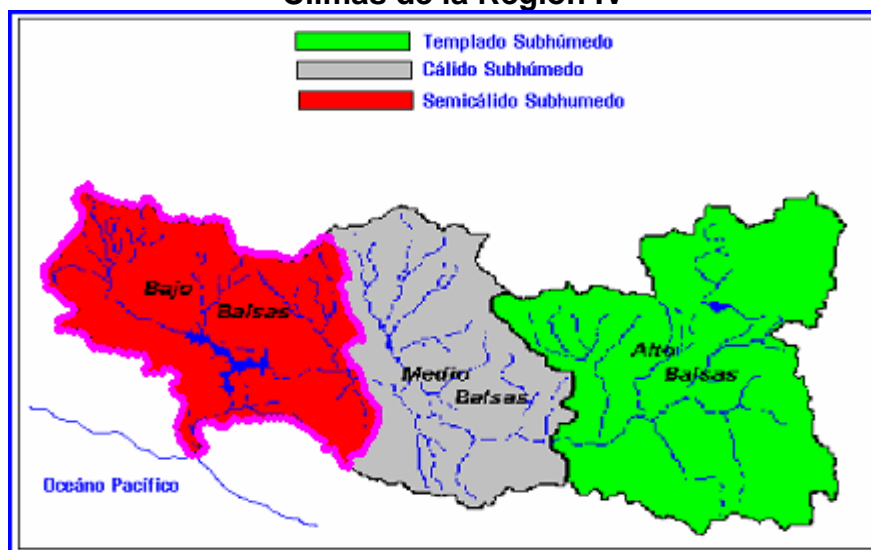


**Tabla 43. Análisis de lluvias para cada una de las subregiones y Región en general**

Región	Área hidrológica (km <sup>2</sup> )	Precipitación media anual (mm)	Precipitación mínima anual (mm)	Precipitación máxima anual (mm)
Bajo Balsas	35 045	876	450	1 390
<b>Total</b>	35 045	876	450	1 390

Fuente: C.N.A. Gerencia Regional Balsas; Subgerencia Técnica

### Climas de la Región IV



Fuente: Registro histórico de precipitación y temperaturas de estaciones climatológicas. CNA. y SMN. Cartas de temperaturas medias anuales y de climas. INEGI. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Enriqueta García. Instituto de Geografía UNAM.

Figura 44. Climas de la Región IV.

## Balance Hidráulico

### Aguas superficiales

En la Subregión Bajo Balsas se tiene una precipitación media anual del orden de 876 mm.; estos generan un volumen anual escurrido de 9 959 hm<sup>3</sup>.



La problemática de la escasez del agua superficial en la Subregión Bajo Balsas depende de una serie de variables particulares propias de cada Subregión o Subcuenca; sin embargo, se observan algunos patrones generales relacionados con el incremento de la demanda debido a usuarios agrícolas irregulares, además del bajo control y regularización de las dotaciones de agua.

### Aguas Subterráneas

La recarga total que captan los acuíferos de la Región, se utiliza aproximadamente el 31 % y queda una disponibilidad del 69 %, lo cual conduce a calificar la Subregión Bajo Balsas, desde el punto de vista de su balance geohidrológico cuantitativo, como una zona en condiciones generales de subexplotación; sin embargo existe la sobreexplotación de cuatro acuíferos.

### Calidad del Agua

Con el propósito de efectuar y mantener actualizada la clasificación de los cuerpos de agua, en función de su calidad; en la Cuenca del Río Balsas se tiene en operación 68 estaciones de la Red Nacional de Monitoreo, para la medición de parámetros en cuerpos de aguas superficiales, subterráneas y costeros con una distribución por estado y subregión, como se muestra en la Tabla 44.

**Tabla 44. Estaciones de la Red Nacional de Monitoreo en el Estado de Michoacán**

Subregión	Estado	Superficial		Subterránea		Costera		Total
		1°	2°	Referencia	1°	1°	2°	
Bajo Balsas	Michoacán	3	3	3		3	2	14
<b>Total</b>		3	3	3		3	2	14

Referencia = Evolución de la calidad del agua del acuífero en condiciones naturales.

### Calidad de las Aguas Superficiales

En la Región Balsas se realizan mediciones sistemáticas de los parámetros de calidad de las aguas Superficiales y cálculos de los ICA correspondientes, en las estaciones de monitoreo localizadas en el Estado de Michoacán, tal y como se muestra en la tabla 45.



**Tabla 45. Calidad del agua de acuerdo al uso en cuerpos del estado de Michoacán**

Cuerpo de agua	Estado	Calidad del agua de acuerdo al uso				Color (con base en el ICA)	ICA 2000
		Fuente de abastecimiento	Recreación	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola		
Río Tacámbaro (Los Pinzanes)	Michoacán	Apto	Apto	Apto	Apto	Verde	76.1
Río Cupatitzio (La Pastoría)	Michoacán	Apto	Apto	Apto	Apto	Amarillo	68.3
Río Tepalcatepec (Puente Capirio)	Michoacán	Apto	Apto	Apto	Apto	Amarillo	62.1
Río Pandacuareo	Michoacán	Apto	Apto	No apto	Apto	Amarillo	59.2

Fuente: Subgerencia Regional Técnica, 2000

Con base en el cuadro anterior se elaboró la figura 45.



Figura 45. Plano de calidad de las aguas superficiales de la Región Balsas.



Receptora de importantes volúmenes de escurrimiento, la calidad del agua de la Subregión Bajo Balsas es notoriamente mejor que en las partes altas de esta cuenca. El incremento de los sólidos suspendidos totales está asociado a los procesos erosivos que se presentan en las partes altas y medias de la subregión, los cuales sin ser intensos, generan de manera continua aportación de sedimentos.

### Calidad de las Aguas Subterráneas

De acuerdo a estudios realizados en la región, el agua subterránea no presenta problemas de calidad y salvo excepciones muy puntuales en la Subregión Medio Balsas donde se tienen problemas de dureza y presencia de pequeñas cantidades de arsénico en términos generales, las aguas subterráneas pueden utilizarse para cualquier actividad, incluyendo el consumo humano y sólo en este caso requiere de un proceso de desinfección para asegurar su potabilidad y evitar daños a la salud, aunque no se tienen detectados problemas de contaminación de los acuíferos, no se puede descartar la posibilidad de que existan algunos problemas puntuales de contaminación, pero en general, la calidad del agua subterránea es apta para todo uso.

### Usos del Agua

Tomando como fuentes al REPDA (Volúmenes de títulos de concesión de aguas nacionales hasta el año 2002), al documento Estadísticas del Agua en México 2003 y a datos del balance hidráulico de la región, se puede decir que los usos del agua se presentan en la Tabla 46.

**Tabla 46. Usos del Agua en la Región Balsas (hm<sup>3</sup>)**

Fuente	Agropecuario	Público- Urbano	Industrial	Generación de Energía Eléctrica
Aguas Superficiales	6 720	251	3 264	36 718
Aguas Subterráneas	624	468	142	-
Total	7 344	719	3 406	36 718

**Uso Público urbano.** Para el abastecimiento de agua potable a centros de población se tiene registrado un total de 719 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales 468 hm<sup>3</sup>/año



son de aguas subterráneas y 251 hm<sup>3</sup>/año de aguas superficiales. La cobertura de servicios en los centros urbanos, es de 83% y para localidades rurales del 58%. La cobertura media de alcantarillado es del 68%. La cobertura de saneamiento básico en la Región es inferior al 6%.

**Uso en la Agricultura.** Las grandes superficies correspondientes a los Distritos de Riego se encuentran ya aprovechadas y se ubican en la zona costera de Michoacán y en las partes altas de la Región.

Para esta actividad se requiere un volumen de 7 344 hm<sup>3</sup>; de los cuales 6 720 corresponden a aguas superficiales y 624 a aguas subterráneas.

**Uso Industrial.** La industria en la Subregión se concentra principalmente: el corredor industrial de las ciudades de Lázaro Cárdenas, Michoacán, utilizando un volumen de 3 406 hm<sup>3</sup>, de los cuales 3 264 hm<sup>3</sup> corresponden al volumen utilizado en la termoeléctrica de Petacalco en el estado de Guerrero misma que utiliza agua salobre; los restantes 142 hm<sup>3</sup> corresponden a aguas subterráneas.

### Problemática del agua en la Región

Los principales problemas de la Región, relacionados con el uso y manejo del agua son:

- **Baja cobertura de agua potable en el medio rural.**
- **Baja eficiencia en el uso del agua para riego** y superficies con infraestructura hidroagrícola no aprovechada: Distrito de riego 097 Lázaro Cárdenas, 098 José María Morelos y 099 Quitupan, en la subregión Tepalcatepec, motivados por diversos factores como son: la insuficiencia de créditos, falta de maquinaria y equipo especializado, bajos ingresos derivados de la producción y la deficiente organización de usuarios, además de existir causas relacionadas con el mal estado de la infraestructura de distribución y drenaje, prácticas inadecuadas de riego por falta de tecnificación y capacitación de los usuarios, así como problemas por la tenencia de tierra. Según los datos estadísticos de 1998, en los distritos se riega con una eficiencia del 36%, mientras que en las Unidades se riega con una eficiencia del 53%.
- **Saneamiento escaso** en el medio rural al nivel regional: la región que abarca parte de los estados de Michoacán y Jalisco, sólo alcanza valores del orden del 6%. Esta situación afecta la calidad de vida de la población rural, ya que deteriora sus condiciones de sanidad y salud y degrada el ambiente. La gran



dispersión de las localidades rurales, así como su difícil acceso, son los principales factores que dificultan la dotación de servicios básicos.

- **Alta contaminación** de las aguas superficiales y subterráneas en las cuencas. Existe contaminación puntual por los efluentes urbanos e industriales no tratados o con tratamiento deficiente en las principales zonas urbanas. Así, se contaminan rápidamente las corrientes superficiales y existe un riesgo potencial para los acuíferos que sirven de fuente de abastecimiento de agua potable de las ciudades. La contaminación de las aguas disminuye su disponibilidad y eleva los costos de tratamiento para su utilización en otros usos.
- **Sobreexplotación** de los acuíferos. Durante las últimas décadas se ha registrado un descenso continuo de los niveles de bombeo con el consecuente encarecimiento de los costos de explotación, situación que representa una amenaza para la preservación de dichas fuentes de abastecimiento y en consecuencia, para el desarrollo socioeconómico.
- **Daños por fenómenos hidrometeorológicos extremos.** La ubicación de la Subregión, en una zona altamente propensa a la presencia de depresiones tropicales de diferente magnitud, origina que frecuentemente se vea afectada por este tipo de fenómenos, ocasionando daños, tanto en zonas productivas como en los tramos de los ríos en los que son obstruidos los cauces o invadidas las zonas federales. Uruapan y Apatzingán en el estado de Michoacán en la Subregión Tepalcatepec.

De continuar la tendencia actual de manejo del recurso en la región, se acentuará el rezago en los servicios básicos en el medio rural; el incipiente saneamiento, continuará impactando en la calidad de vida de la población y en la calidad de las aguas superficiales y subterráneas. El incremento en la explotación de los acuíferos de algunas ciudades intensificará la sobreexplotación y competencia entre usuarios agrícolas, público urbano e industriales. Las bajas eficiencias con que operan los distritos de riego y organismos operadores continuarán generando dispendio del recurso y problemas de competencia e incremento en los costos de operación, lo que limitará el desarrollo.



Región Centro Occidente

PROGRAMA DE DESARROLLO

AGUASCALIENTES · COLIMA · GUANAJUATO · JALISCO · MICHOACAN  
· NAYARIT · QUERETARO · SAN LUIS POTOSI · ZACATECAS

---

## Región VII Cuencas Centrales del Norte

---

---



## Región VII Cuencas Centrales del Norte



La Región VII Cuencas Centrales del Norte se ubica en el altiplano de la república mexicana. Se caracteriza por poseer gran diversidad fisiográfica y muy baja disponibilidad de agua. Abarca una extensión de 206 000 km<sup>2</sup>, el 10% del territorio nacional; su clima se clasifica como seco templado, con una temperatura media anual de 18.4°C. La precipitación promedio de la región es de 496 mm por año. Dentro de la Macrorregión Centro-Occidente abarca los estados de Zacatecas y San Luis Potosí y las Regiones Hidrológicas El Salado y Nazas-Aguanaval, dentro de estas se ubican las

cuencas: San Pablo, Matehuala, Sierra de Rodríguez, Fresnillo-Yesca, San José-Los Pilares, Sierra Madre y Camacho-Gruñidora en la región El Salado, Aguanaval y L. De Mayran y Viesca en la Nazas-Aguanaval.

### Panorama regional

La Región VII Cuencas Centrales del Norte se ubica en el altiplano de la república mexicana. Se caracteriza por poseer gran diversidad fisiográfica y muy baja disponibilidad de agua. Abarca una extensión de 206 447 km<sup>2</sup>, el 10% del territorio nacional; su clima se clasifica como seco templado, con una temperatura media anual de 17.9°C.

Figura 46. Estados que integran la Región VII



Dentro de la Región Centro Occidente se encuentra los estados de Zacatecas y San Luis Potosí.



## Hidrografía

La Región se conforma por una porción la Región hidrológica 36 (Nazas-Aguanaval); la Región hidrológica 37 (El Salado) y por una pequeña porción de las regiones hidrológicas 12 (Lerma-Santiago) y 26 (Pánuco), respectivamente.

Figura 47. Hidrografía de la Región VII

La Región VII, se compone de cuencas endorreicas que se localizan en llanuras y planicies con una elevación promedio de 1,100 msnm, circundadas por cadenas montañosas con altitudes de 3,700 msnm. Como consecuencia de la escasa precipitación pluvial y características fisiográficas, muchas subcuencas de la Región presentan escurrimientos intermitentes.

Destacan las cuencas de los ríos Nazas y Aguanaval por su considerable desarrollo e importancia económica. En la Región hidrológica El Salado, las captaciones de las diferentes lagunas o corrientes son de mucha menor magnitud. Sin embargo se distingue el río Santiago que teniendo una cuenca pequeña (Fig. 47), presenta escurrimientos perennes que contribuyen al abastecimiento del área conurbada de San Luis Potosí.



A partir de la hidrografía de la Región y tomando en cuenta características de orden socioeconómico analizaremos las tres subregiones de planeación, que abarca la Región VII (Tabla 47).



**Tabla 47. Integración de las Subregiones de planeación de la Región VII**

Subregión	No. Municipio	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Población (miles de hab)
Nazas	10	36,038	149.5
Aquanaval	7	15,277	334.5
El Salado	48	85,985	1,963.2
Total		137,300	2,447.2

Fuente: Elaborado con información INEGI. Censo Definitivo de Población y Vivienda, 2000.

La Región en su conjunto presenta una precipitación media anual de 352.5 mm, apenas el 45% de la media nacional (777 mm) y una temperatura media anual de 17.9 °C, lo que clasifica su clima como Seco templado (Tabla 48).

**Tabla 48. Temperatura, evaporación y clima media anual en la Región VII**

Subregión	Temperatura media anual (°C)	Evaporación potencial (mm/año)	Clima
Nazas	17.7	1,800	Seco templado
Aquanaval	20.2	2,200	Semiseco templado
El Salado	16.9	1,824	Muy seco templado
Total	17.9	1,757	Seco templado

Fuente: CNA, GRCCN, Subgerencia Técnica, mayo de 2002.

### **Aguas Superficiales<sup>9</sup>**

**Subregión El Salado:** La subregión esta conformado por un conjunto de cuencas cerradas, en su mayor extensión carece de corrientes superficiales permanentes. Se estima un escurrimiento virgen del orden de 1,641 Hm<sup>3</sup> y usos por 82 Hm<sup>3</sup>. Sin embargo, dada la elevada evaporación e infiltración y las

<sup>9</sup> Las estimaciones corresponden al Balance Hidráulico de Aguas Superficiales proporcionado por la Subgerencia Técnica de la Gerencia Regional CCN en 2002.



dificultades técnicas para aprovechar los excedentes que resultan del cálculo, puede considerarse que en realidad la disponibilidad en esta subregión es nula.

**Subregiones Nazas, Aguanaval:** El escurrimiento virgen (Tabla 49) estimado en la Subregión Nazas es de 1,981 Hm<sup>3</sup>; mientras que en la Subregión Aguanaval apenas es del orden de los 394 Hm<sup>3</sup>. Cabe mencionar que en estas Subregiones dados los compromisos de uso del agua y las pérdidas por infiltración y evaporación, no se cuenta con disponibilidad.

**Tabla 49. Precipitación y escurrimiento medio anual en la Región VII**

Subregión	Precipitación media anual (mm/año)	Escurrecimiento (Hm <sup>3</sup> )
Nazas	496	1,981
Aguanaval	406	394
El Salado	342	1,641
Total	406	4,016

Fuente: CNA, GRCCN, Subgerencia Técnica, mayo de 2002.

### **Subregiones Nazas, Aguanaval**

El Balance Hidrológico de la cuenca del río Nazas hasta su desembocadura en la Laguna de Mayrán se efectuó tomando como puntos de control estaciones hidrométricas y las presas de almacenamiento Lázaro Cárdenas (El Palmito) y Francisco Zarco (Las Tórtolas), lo que permitió definir las seis subcuencas siguientes:



## Subcuencas para el análisis de la Cuenca del Río Nazas hasta la Laguna de Mayrán

Subcuenca	Descripción
A	Río Sextin o Del Oro (desde su origen hasta la estación hidrométrica Sardinas)
B	Río Ramos (desde su origen hasta la estación hidrométrica Salomé Acosta)
C	Presa Lázaro Cárdenas ( desde las estaciones Salomé Acosta y Sardinas hasta la presa Lázaro Cárdenas)
D	Río Nazas (desde la estación hidrométrica El Palmito hasta la estación hidrométrica Agustín Melgar)
E	Río Nazas (desde la estación hidrométrica Agustín Melgar hasta la presa Francisco Zarco)
F	Río Nazas (desde la presa Francisco Zarco hasta la laguna de Mayrán)
Fa	Esta subcuenca se subdividió en 5 Tramos:
Fb	Desde presa Francisco Zarco hasta estación hidrométrica Los Ángeles
Fc	Río Nazas hasta C. Santa Rosa
Fd	Arroyo Cadena
Fe	Cuenca cerrada-laguna de Mayrán.
	Cuenca cerrada-laguna de Mayrán.
	En estos tramos (Fd y Fe) la precipitación media anual es de 200 mm (plano de isoyetas), por lo que es difícil que se lleguen a generar escurrimientos, ya que lo plano del terreno facilita la rápida evaporación e infiltración de los mismos, razón por la cual en estos dos tramos el valor de escurrimiento virgen se considera como cero. En la zona de parras de la fuente, Coah., existen algunos aprovechamientos superficiales pero el origen de las aguas es subterráneo (galerías filtrantes), por lo anterior el escurrimiento aguas abajo es cero.



**Tabla 50. Balance hidrológico de las subcuencas del Río Nazas**

REGIÓN ADMINISTRATIVA	VII CUENCAS CENTRALES DEL NORTE											Total
CUENCA	RÍO NAZAS											
SUBCUENCA	RÍO SEXTIN	RIO RAMOS	PRESA LAZARO CARDENAS	RIO NAZAS (PALMITO-A. MELGAR)	RIO NAZAS (A. MELGAR-FCO. ZARCO)	RIO NAZAS (FCO. ZARCO-LOS ANGELES)	RÍO NAZAS - C. SANTA ROSA	ARROYO CADENA	CUENCA CERRADA FD	CUENCA CERRADA FE		
Precipitación Media Anual (mm)	712.4	459.6	519.2	417.2	380.0	261.3	244.6	298.0	200.0	200.0	369	
Millones de m <sup>3</sup>												
+ Escurrimientos Aguas Arriba			1,159.9	978.6	1,205.7	1,082.1						
+ Escurrimiento Virgen por Cuenca Propia (CP)	560.7	614.7 (1)	237.8 (2)	316.8	161.1 (3)	107.8 (4)					1,998.9	
+ importaciones							1,128.7	(5)	(6)	(7)	1,128.7	
= Oferta Total de Agua	560.7	614.7	1,397.7	1,295.4	1,366.8	1,189.9	1,128.7	0.0	0.0	0.0		
- Extracciones para UC	3.4	12.1	4.0	89.7	0.1	61.2	1,128.7				1,299.2	
- Evaporación en vasos			139.9		40.5						180.5	
- Infiltraciones			22.7		9.8						32.5	
- Cambio en el Almacenamiento			-26.8		-1.8						-28.6	
- salidas no medidas			104.2		76.8						181.0	
- Exportaciones						1,128.7					1,128.7	
= Escurrimientos Aguas Abajo	557.3	602.6	1,153.7	1,205.7	1,241.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Volumen Reservado												
- Cuenca Propia	560.7	614.7	237.8	316.8	161.1	107.8	61.0	0.0	0.0	0.0		
- Aguas Abajo	557.3	602.6	1,153.7	1,205.7	1,241.5	.0	.0	.0	.0	.0		
Disponibilidad por Cuenca Propia	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		
Disp. a la salida de la Cuenca	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0		
Demanda Total	3.4	12.1	139.8	89.7	48.6	61.2	1,128.7	0.0	0.0	0.0		
[ 0 ] / Adimensional												
Disponibilidad Relativa	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0		
<p>(1) ESTA SUBCUENCA RECIBE DE AGUAS ARRIBA 1,159 Mm<sup>3</sup> PROVENIENTES DE LOS RÍOS SEXTIN O DEL ORO Y DEL RAMOS, RESPECTIVAMENTE. EN TEORÍA EL ESCURRIMIENTO HACIA AGUAS ABAJO DEBERÍA PRESENTARSE; SIN EMBARGO EL VOLUMEN MEDIO ANUAL EXTRAÍDO A LA PRESA LÁZARO CÁRDENAS DE ACUERDOS A LOS REGISTROS DE ALMACENAMIENTO ES DE 1,153 Mm<sup>3</sup>, POR LO QUE SE INFIERE QUE 104 Mm<sup>3</sup> SON REGULADOS POR LA PRESA O SON SALIDAS NO MEDIDAS.</p> <p>(2) ESTA CUENCA CUBRE UNA DEMANDA DE 89.7 Mm<sup>3</sup> DE LOS CUALES 30.7 Mm<sup>3</sup> CORRESPONDE A EXTRACCIONES SOBRE LA CUENCA Y 58.9 Mm<sup>3</sup> A LOS MÓDULOS DE RIEGO RODEO Y NAZAS. LAS EXTRACCIONES AGUAS ARRIBA SE VEN AFECTADAS POR UN COEFICIENTE DE CONDUCCIÓN ESTIMADO POR EL DTO. RIEGO DE 0.8483.</p> <p>(3) EN ESTE TRAMO SE EXTRAEN 61.2 Mm<sup>3</sup> DESTINADOS A CUBRIR LOS USOS CONSUNTIVOS DEL MODULO SAN JACINTO. EI ESCURRIMIENTO AGUAS ARRIBA PROVENIENTES DE LA PRESA FCO. ZARCO SE VEN AFECTADAS POR UN COEFICIENTE DE 0.8716. POR LO QUE GENERA UNA OFERTA DE 1,189 Mm<sup>3</sup>. LOS CUALES SON DERIVADOS A LA PRESA DERIVADORA SAN FERNANDO, POR QUE PARTE DE ESTOS VOLUMEN ES EXPORTADO HACIA LA SUBCUENCA NAZA-STA. ROSA. POR LO QUE SE PRESENTA UN VALOR DE CERO HACIA AGUAS ABAJO.</p> <p>(4) DEBIDO A LAS BAJAS Y ESPORÁDICAS PRECIPITACIONES QUE SE PRESENTAN, LOS ESCURRIMIENTOS NO FORMAN CORRIENTES, POR LO QUE EL CP ES CERO. IMPERA UN VOLUMEN DE 1,128.7 Mm<sup>3</sup>, EL CUAL ES DESTINADO PARA CUBRIR LA DEMANDA DE 14 MÓDULOS DEL DTO.017. ASÍ MISMO RECIBE UN VOLUMEN DE AGUAS RESIDUALES DE 61.2 Mm<sup>3</sup>, LOS CUALES SE CONSIDERAN COMO RETORNOS.</p> <p>(5), (6), (7) DEBIDO A LAS BAJAS PRECIPITACIONES, UNA RÁPIDA EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN SE CONSIDERA QUE EL ESCURRIMIENTO VIRGEN ES CERO. ESTAS SUBCUENCAS NO TIENE DETECTADAS DEMANDAS, SIENDO SUS ÁREAS PRÁCTICAMENTE DESÉRTICAS, AUNADO A QUE LOS BAJOS VOLÚMENES QUE PUDIERAN GENERAR ESCURRIMIENTOS SE PIERDEN POR EL PROCESO DE EVAPORACIÓN E INFILTRACIÓN. POR LO TANTO NO EXISTE VOLÚMENES QUE DISTRIBUIR.</p>												



El escurrimiento virgen estimado en la cuenca del río Nazas es de 1,999 Mm<sup>3</sup>; los usos consuntivos utilizan 1,299 Mm<sup>3</sup>; las pérdidas por evaporación y por salidas no controladas en vasos son de 180 Mm<sup>3</sup> y 213 Mm<sup>3</sup> (incluyen infiltraciones), respectivamente; las pérdidas por infiltraciones en los tramos de río que conducen extracciones para riego se estiman en 336 Mm<sup>3</sup> y el cambio promedio de almacenamiento en vasos en 29 Mm<sup>3</sup>. Existen retornos por 61 Mm<sup>3</sup> que regresan al sistema después de ser utilizados en las zonas agrícolas.

La cuenca del río Nazas, dados los compromisos de uso del agua y las pérdidas por infiltración y evaporación, no se cuenta con disponibilidad.

Por otra parte, el Balance Hidrológico de la cuenca del río Aguanaval hasta su desembocadura en la Laguna de Viesca se efectuó tomando como puntos de control estaciones hidrométricas y las presas de almacenamiento Santa Rosa, Leobardo Reynoso y Cazadero, lo que permitió definir las seis subcuencas siguientes:

### Subcuencas para el análisis de la Cuenca del Río Aguanaval hasta la Laguna de Viesca

Subcuencia	Descripción
A	Río Chico (desde su origen hasta la presa Santa Rosa)
B	Río Los Lazos (desde su origen hasta la presa Leobardo Reynoso)
C	Presa Cazadero ( desde presas Santa Rosa y L. Reynoso hasta la presa Cazadero)
D	Río Aguanaval (desde la presa Cazadero hasta la estación hidrométrica San Francisco)
E	Río Aguanaval (desde estación hidrométrica San Francisco hasta la estación hidrométrica La Flor)
F	Río Aguanaval (desde estación hidrométrica La Flor hasta Laguna de Viesca)
Tramo 1 Tramo 2	Esta subcuencia se subdividió en 2 Tramos: De la estación Hidrométrica La Flor a Nazareno (Cuadro de Matamoros) Río Aguanaval (parte baja de la Laguna de Viesca)

Se estima que el escurrimiento virgen de la cuenca del río Aguanaval hasta el Tramo 1 de la subcuencia F (Subcuencia Río Aguanaval-Nazadero) es de 413.8 Mm<sup>3</sup>, en tanto que los usos consuntivos y la evaporación son de 391.4 y 19.1 Mm<sup>3</sup>, respectivamente y se tiene en promedio un incremento de almacenamiento de 3.3 Mm<sup>3</sup>, lo que conduce a que prácticamente la disponibilidad de todas las subcuencas hasta el Tramo 1 es despreciable. En el Tramo 2 de la subcuencia F (Subcuencia parte baja de la Laguna de Viesca), el cálculo arrojó un estimado de escurrimiento virgen de 95.4 Mm<sup>3</sup> y un uso consuntivo de apenas 0.2 Mm<sup>3</sup>, lo



que llevaría a la conclusión de que se tiene una disponibilidad importante; sin embargo, el volumen generado difícilmente es aprovechado ya que la zona es prácticamente desértica, y en gran parte del área, los suelos se encuentran en una fase salina, aunado a las altas evaporaciones e infiltraciones hacen suponer que el volumen que se aporta a lo que fue la Laguna de Viesca no es útil. De lo que resulta una disponibilidad cero en la cuenca del río Aguanaval.

La tabla 51 muestra las subcuencas del río Aguanaval y los resultados de análisis de balance hidrológico.



**Tabla 51. Balance hidrológico de las subcuencas del río Aguanaval**

REGIÓN ADMINISTRATIVA	VII CUENCAS CENTRALES DEL NORTE							Total
CUENCA	RÍO AGUANAVAL							
SUBCUENCA	RÍO CHICO-PRESA STA. ROSA	RÍO DE LOS LAZOS-PRESA LEOBARDO R.	RÍO TRUJILLO-PRESA CAZADERO	RÍO AGUANAVAL, ENTRE EST. CAZADERO III-SAN FCO.	RÍO AGUANAVAL, ENTRE EST. SAN FCO.- Y LA FLOR	RÍO AGUANAVAL, NAZADERO (CUADRO MATAMOROS)	PARTE BAJA DE LA LAGUNA DE VIESCA	
Precipitación Media Anual (mm)	455.1	463.0	430.6	354.9	316.1	204.1	291.1	405
Millones de m <sup>3</sup>								
+ Esgurrimientos Aguas Arriba			37.7	87.4	111.6	141.6		
+ Esgurrimiento Virgen por Cuenca Propia (CP)	8.9	42.0	126.3	106.0	111.1	19.5	95.4	509.2
+ importaciones								
= Oferta Total de Agua	8.9	42.0	164.0	193.4	222.7	161.1	95.4	
- Extracciones para UC			69.2	87.8	79.3	178.1	0.2	408.6
- Evaporación en vasos	4.2	8.0	5.8		1.2			19.1
- Infiltraciones								
- Cambio en el Almacenamiento	0.2	0.9	1.6		0.6			3.3
= Esgurrimientos Aguas Abajo	4.5	33.2	87.4	111.6	141.6	0.0	95.2	
Volumen Reservado								
- Cuenca Propia	8.9	42.0	126.3	106.0	111.1	19.5		
- Aguas Abajo	4.5	33.2	87.4	111.6	141.6	.0	95.2	
Disponibilidad por Cuenca Propia	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Disp. a la salida de la Cuenca	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	
Demanda Total	4.4	8.8	76.6	81.8	81.1	178.1	0.2	
[ 0 ] / Adimensional								
Disponibilidad Relativa	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
<p>(1) ESTA SUBCUENCA TIENE UNA OFERTA POTENCIAL DE 164 Mm<sup>3</sup>, CON LOS CUALES SE LOGRA SATISFACER PARA USOS CONSUNTIVOS 69 Mm<sup>3</sup> (INCLUYENDO LAS ZONAS DE RIEGO DE LA PRESA STA. ROSA POR 2.9 Mm<sup>3</sup> Y LEOBARDO REYNOSO POR 28.7 Mm<sup>3</sup>).</p> <p>(2) ESTA SUBCUENCA TIENE UNA OFERTA POTENCIAL DE 193 Mm<sup>3</sup>. EN ESTA SUBCUENCA EXISTEN VARIOS PEQUEÑOS ALMACENAMIENTOS, DE LOS CUALES NO SE CUENTA CON INFORMACIÓN QUE PERMITA CONOCER LOS COMPORTAMIENTOS Y VOLÚMENES EVAPORADOS DE LOS MISMOS; POR TAL RAZÓN SE HACE LA CONSIDERACIÓN QUE ESTOS VOLÚMENES SON IGUAL A CERO.</p> <p>(3) EN ESTE TRAMO EXISTE UN ESGURRIMIENTO VIRGEN DE 19.5 Mm<sup>3</sup>, QUE SUMADOS A LOS 141.6 Mm<sup>3</sup> PROVENIENTES DE AGUAS ARRIBA DA UNA OFERTA POTENCIAL DE 161.1 Mm<sup>3</sup>, CON LO QUE NO SE LOGRA CUBRIR LA DEMANDA DE 178.1 Mm<sup>3</sup>; POR LO QUE EN ESTE TRAMO EL ESGURRIMIENTO AGUAS ABAJO ES VERO.</p>								

Fuente: Subgerencia Regional Técnica. Gerencia Regional CCN.



## Subregión El Salado

La subregión El Salado es un conjunto de cuencas cerradas, en su mayor extensión carece de corrientes superficiales permanentes; sin embargo a pesar de que existen obras de almacenamiento para fines de riego, los volúmenes disponibles que resultan en estas cuencas se almacenan temporalmente en grandes lagunas, de las cuales por la poca profundidad y condiciones ambientales de clima y suelo, se evaporan rápidamente.

En la mayoría de estas cuencas la demanda de agua es inferior a la oferta que se tiene. La única micro cuenca que muestra una demanda superior a la oferta de agua superficial es la de Presa San José – Los Pilares.

En las cuencas de la subregión El Salado se estima un escurrimiento virgen del orden de 1,641.3 Mm<sup>3</sup> y usos por apenas 82.1 Mm<sup>3</sup>. Como se muestra en la tabla 52, en todas las subcuencas se tiene disponibilidad. Sin embargo, dada la elevada evaporación e infiltración y las dificultades técnicas para aprovechar los excedentes que resultan del cálculo, puede considerarse que en realidad la disponibilidad en esta subregión es nula. Lo anterior se confirma al tomar en cuenta que en las subcuencas Sierra Madre, Matehuala, Sierra Rodríguez, San Pedro y Presa San José se llegan a tener problemas para la satisfacción de las demandas.

**Tabla 52. Escurrimiento Virgen y usos consuntivos de la Subregión El Salado (Mm<sup>3</sup>)**

Subcuenca	Esc. Virgen	Demandas Consuntivas	Escurrimiento - Demanda
S. Madre oriental	232.5	0.1	232.4
Matehuala	181.5	2.5	179.0
Sierra Rodríguez	198.1	0.3	197.8
Camacho Gruñidora	117.4	0.4	117.0
Fresnillo-Yesca	226.8	23.0	203.7
San Pablo	268.6	18.7	249.9
Presa San José	206.8	36.8	170.0
Sierra Madre	209.6	0.3	209.8
<b>Total</b>	<b>1,641.3</b>	<b>82.1</b>	<b>1,259.2</b>

Fuente: Elaborada con información del Balance Hidráulico proporcionado por la Subgerencia Técnica, GRCCN mayo del 2002.

## Aguas Subterráneas

Las aguas subterráneas en la Región VII a la luz de alta variabilidad de los escurrimientos y a la recurrencia de sequías, se constituyen en el recurso más



confiable, y en muchas veces en el único, para el abastecimiento de agua tanto para usos urbanos e industriales, como para las actividades agropecuarias. En la Región existen 49 acuíferos, 19 de ellos sobreexplotados. La recarga es del orden de 1,037 Hm<sup>3</sup> y la extracción de 1,220 Hm<sup>3</sup>.

## Aguas subterráneas

Las aguas subterráneas en la Región VII a la luz de alta variabilidad de los escurrimientos y a la recurrencia de sequías, se constituyen en el recurso más confiable, y en muchas áreas en el único, para el abastecimiento de agua tanto para usos urbanos e industriales, como para las actividades agropecuarias en la región.

En la Región existen 49 acuíferos cuya condición geohidrológica se muestra en la tabla 53 y figuras 48 y 49.

**Tabla 53. Acuíferos de la Región VII, CCN**

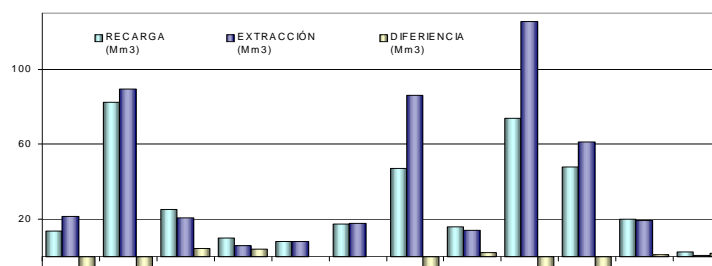
Subregión	No. acuíferos	Recargas (Mm <sup>3</sup> )	Extracción (Mm <sup>3</sup> )	Diferencia (Mm <sup>3</sup> )
Nazas	12	38	24	13
Aguanaval	5	132	136	-4
El salado	32	867	1,060	-193
<b>Total</b>	<b>49</b>	<b>1,037</b>	<b>1,220</b>	<b>-183</b>

Fuente: Elaborada con información del Balance Subterráneo proporcionado por la Subgerencia Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas Mayo del 2002.

Los acuíferos de la subregión El Salado presentan la condición geohidrológica que se describe a continuación atendiendo a su ubicación en las entidades federativas que se ubican dentro de ella. El balance global de los acuíferos en San Luis Potosí es negativo; se extrae un volumen de 155 Mm<sup>3</sup>, la recarga estimada es de 245.3 Mm<sup>3</sup>, mientras que la extracción es de 400.3 Mm<sup>3</sup>. Por acuífero, la situación geohidrológica se muestra en la figura 48.



**Figura 48 Situación de acuíferos de la subregión El Salado ubicados en el Estado de San Luis Potosí**



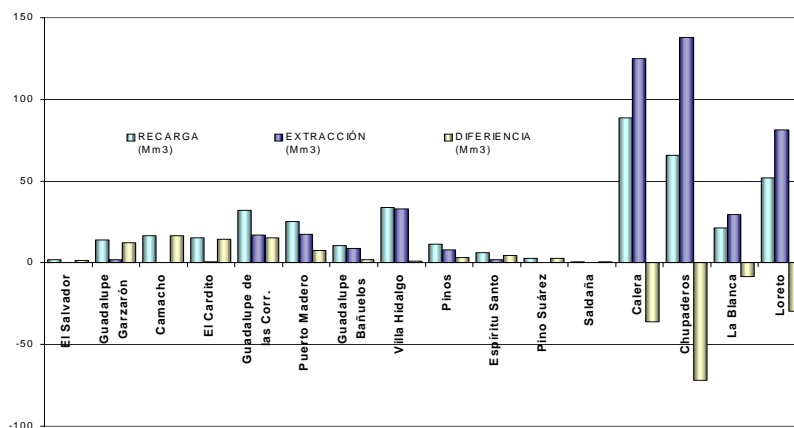
Sólo el acuífero Villa Hidalgo presenta condición de subexplotación, sin embargo, su disponibilidad es de apenas 2 Mm<sup>3</sup>.

Por otro lado como el balance global de los acuíferos de Zacatecas localizados dentro de la subregión es negativo (Fig. 49). Se extrae un volumen de 64 Mm<sup>3</sup>, la recarga estimada es de 398.6 Mm<sup>3</sup>, mientras que la extracción es de 462.5 Mm<sup>3</sup>. Por acuífero, la situación geohidrológica se presenta en la figura siguiente. Los acuíferos sobreexplotados son cuatro: Calera (41.1 Mm<sup>3</sup>), Chupaderos (72.1 Mm<sup>3</sup>), La Blanca (8.4 Mm<sup>3</sup>) y Loreto (28.9 Mm<sup>3</sup>). En estos acuíferos se concentra el 78% de los aprovechamientos.

Los doce acuíferos que se encuentran en la subregión Nazas tienen una recarga superior a la extracción. Los más importantes son Tepehuanes – Santiago Papasquiario y Peñón Blanco.



**Figura 49 Situación de los acuíferos de la subregión El Salado ubicados en el Estado de Zacatecas.**



Fuente: Elaborada con información del Balance Subterráneo proporcionado por la ST, Gerencia de Aguas Subterráneas Mayo del 2002.

De los seis acuíferos de la subregión Aguanaval, sólo el Aguanaval, que abastece a la ciudad de Río Grande, Zac., está sobreexplotado. La extracción supera a la recarga en 16 Mm<sup>3</sup>. De la exposición anterior, es evidente la grave sobreexplotación a que están sometidos los acuíferos más importantes de la Región VII. La sustentabilidad de su desarrollo socioeconómico está seriamente comprometida.

### Usos del Agua

En la parte de la Región VII correspondiente a la región Centro Occidente se emplean para todos los usos 1,641 Hm<sup>3</sup>, de los cuales el 62% corresponden a extracciones de aguas subterráneas y el 38% se obtiene de aguas superficiales. La distribución por usos entre las subregiones se presenta en la tabla 53.

**Tabla 53. Usos del agua en la Región VII (Hm<sup>3</sup>).**

Subregión	Público Urbano	Agrícola	Pecuario	Industrial	Total
Nazas	9	122	2	1	133
Aguanaval	8	356	2	0	366
El Salado	217	839	29	57	1,142
Total	234	1,317	33	58	1,641

Fuente: Elaborado con información de la Subgerencia Técnica, GRCCN, mayo de 2002.



En resumen los usos por tipo de fuente se presentan en la tabla 54.

**Tabla 54. Resumen de usos del agua por tipo de fuente (Hm<sup>3</sup>)**

Subregión	Superficial	Subterránea	Total
Nazas	109	24	133
Aguanaval	230	136	366
El Salado	82	1,060	1,142
<b>Total</b>	<b>421</b>	<b>1,220</b>	<b>1,641</b>

Fuente: Elaborado con información de la Subgerencia Técnica, GRCCN, mayo de 2002.

En la tabla 55 se presenta el potencial hidráulico de la región.

**Tabla 55. Potencial Hidráulico de la Región VII (Hm<sup>3</sup>).**

Concepto	Superficial	Subterránea	Total
Oferta	2,090	1,951	4,041
Uso actual	1,851	2,549	4,400
Escorrentamiento superficial	4,427	-	4,427
Pérdidas (evap. y infil.)	2,337	-	2,337
Disponibilidad	239	-	239
Recarga	-	1,951	1,951
Sobreexplotación	-	601	601

Fuente: Elaborado con información de la Subgerencia Técnica, GRCCN, mayo de 2002.

## Calidad del agua

La calidad del agua tanto de fuentes superficiales como subterráneas es satisfactoria para los diferentes usos a los que se la destina. Sin embargo se han determinado algunos tramos de corrientes que muestran baja contaminación por el vertido de aguas residuales urbano-industriales y retornos de riegos agrícolas.

Cabe mencionar que la red de monitoreo de la calidad del agua en la Región no permite estimar con precisión la magnitud de los problemas de contaminación de aguas superficiales.

Por lo que respecta a las aguas subterráneas, se ha detectado la presencia de arsénico en pozos para uso urbano. El abatimiento de los mantos acuíferos resultado de su sobreexplotación ha incrementado en los últimos años la presencia de este contaminante.



Por otro lado, una parte significativa de las aguas residuales se utilizan sin previo tratamiento en el riego de áreas agrícolas. Si bien ésta práctica permite disminuir la contaminación de los mantos acuíferos y cuerpos de agua superficial, es un factor de riesgo para la salud de los usuarios de estas aguas y de los habitantes de las áreas cercanas.

### **Fenómenos meteorológicos extremos**

#### **Sequías**

La Región VII está sujeta a la ocurrencia de sequías de amplia cobertura, intensas y larga duración, ya que prácticamente toda la región tiene un clima seco y templado. Durante la sequía los volúmenes almacenados en las presas y la recarga de los mantos acuíferos disminuyen rápidamente, los pastizales se agotan, el ganado muere por falta de alimento y agua y la producción agrícola disminuye drásticamente.

Este panorama ha sido recurrente en la Región. En los últimos cincuenta años se han registrado cuatro largos períodos de sequía, el último de cuales comenzó en 1993 y aún no ha terminado. Las sequías y la intrínseca variabilidad de la lluvia, aunadas a la casi ausencia de planificación y administración de un recurso escaso, han llevado a una situación que compromete seriamente la sustentabilidad del desarrollo de la Región.

#### **Precipitaciones extraordinarias**

Las cuencas media y baja de los ríos Nazas y Aguanaval están sujetas a la ocurrencia de precipitaciones extraordinarias en toda la cuenca de ambos ríos, lo que ha marcado inundaciones. En la subregión Nazas, no obstante la capacidad de regulación de las presas Lázaro Cárdenas y Francisco Zarco han ocurrido inundaciones en poblaciones y áreas productivas de municipios. Las avenidas extraordinarias del río Aguanaval, con una frecuencia de 3 a 5 años, cuya cuenca no cuenta con infraestructura para el control de avenidas afectan principalmente a las poblaciones y áreas productivas de los estados del norte colindantes con esta región.

#### **Problemática Regional**

La problemática hidráulica de la Región VII, Cuencas Centrales del Norte se deriva de la evolución de las actividades humanas con poca atención a las restricciones impuestas por un entorno natural cuyas principales características



son la baja precipitación pluvial, su variabilidad, y una fisiografía que dificulta el aprovechamiento de los escurrimientos superficiales.

El desarrollo en la Región VII ha propiciado un incremento intenso en la demanda de agua, sin una estrategia de uso racional. La política del sector hidráulico en las últimas décadas ha sido aumentar la oferta inmensuradamente, lo que en consecuencia ha derivado una fuerte sobreexplotación de los principales acuíferos y su posterior degradación ambiental, colocando en peligro el patrimonio de los acuíferos y la reserva estratégica regional, la cual se encuentra en su límite.

A lo largo del tiempo que tomó este proceso la actitud de autoridades y usuarios fue en respuesta a la pregunta ¿cuánta agua más se necesita para continuar creciendo?. La pregunta debió ser: ¿que tiene que hacerse para crecer con el agua que se tiene?, y estas otras: ¿hasta donde puede crecerse?, ¿dónde?, ¿en que sectores?, ¿cómo manejar el agua? Como resultado de esto durante mucho tiempo se ha vivido en la Región bajo una contradicción: la clara coincidencia de que el agua es indispensable para sostener la vida y las actividades económicas y una falta de reconocimiento de su escasez y valor. Se ha proliferado el desperdicio y premiado la ineficiencia. A continuación se muestra la problemática regional y el impacto en las Subregiones de Planeación.



## Problemas identificados en la Región VII

<b>Deficiente infraestructura hidroagrícola de riego</b>	<b>Poco infraestructura de control y medición Eficiencia global del 40%</b>
<b>Deficiente servicio y baja cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento en zonas urbanas</b>	<b>Cobertura de: AP= 95%; ALC= 90%; SAN= 6.1%</b>
<b>Baja cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado en zonas rurales</b>	<b>Cobertura de: AP= 69%; ALC= 34%</b>
<b>Sobreexplotación de acuíferos</b>	<b>Sobreexplotación = 601 Millones m<sup>3</sup></b>
<b>Deficiente aprovechamiento del agua subterránea y superficial</b>	<b>Pérdidas en riego = 60% Pérdidas sistemas de agua potable = 45%</b>
<b>Escaso tratamiento y reuso de aguas residuales</b>	<b>Cobertura actual del orden de 20%</b>
<b>Mala calidad del agua subterránea</b>	<b>Problemas de hidroarsenismo</b>
<b>Daños por fenómenos meteorológicos extremos (sequías-inundaciones)</b>	<b>Sequías prolongadas y riesgo de daños por inundaciones</b>

La cuenca de captación más importante es la del Río Nazas que representa por si sola el 53% del escurrimiento medio anual de la región. La cuenca del Río Aguanaval contribuye con un 13% del escurrimiento y el restante 34% se pierde por evaporación e infiltración.

Con el soporte del suministro de agua, la Subregión El Salado vio crecer significativamente sus ciudades y las actividades agropecuarias e industriales.

A lo largo del tiempo que tomó este proceso la actitud de autoridades y usuarios fue en respuesta a la pregunta ¿cuánta agua más se necesita para continuar creciendo?. La pregunta debió ser: ¿que tiene que hacerse para crecer con el agua que se tiene?, y estas otras: ¿hasta donde puede crecerse?, ¿dónde?, ¿en que sectores?, ¿cómo manejar el agua? Como resultado de esto durante mucho tiempo se ha vivido en la Región bajo una contradicción: la clara



---

conciencia de que el agua es indispensable para sostener la vida y las actividades económicas y una falta de reconocimiento de su escasez y valor. Se ha proliferado el desperdicio y premiado la ineficiencia.

En este sentido, se tiene que en los Distritos de Riego, solamente entre el 35 y 40% del agua extraída de las fuentes es aprovechada por las plantas. El resto se pierde por evaporación, filtraciones, deficiente manejo por infraestructura de operación y control inadecuada y métodos de riego ineficientes.

En las Unidades de Riego (URDERALES), la falta de una definición precisa del área ejecutiva que debería responsabilizarse de su desarrollo, ha provocado un bajo impulso, esfuerzo e inversión de los propios productores. Las eficiencias de los pozos y equipos electromecánicos en una gran proporción de las Unidades de Riego son muy bajas (del orden del 40%) por falta de mantenimiento de los pozos y equipos, a lo que se suma la obsolescencia de las instalaciones electromecánicas.

Los programas tanto de la Comisión Nacional del Agua<sup>10</sup> como de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, SAGARPA<sup>11</sup>, que han tenido amplia respuesta de los productores requieren un mayor impulso, y sobre todo, vigilancia por parte de la Comisión Nacional del Agua para que en los acuíferos sobreexplotados la mayor eficiencia de pozos y equipos no se traduzca en mayor extracción, si no en una mejor regulación del recurso.

En las ciudades, el porcentaje de pérdidas físicas de agua es del orden del 40%, esto es, cuando más el 60% del agua captada para el suministro llega a los hogares. Peor aún, buena parte del volumen que llega al interior de los hogares no se factura, y por consecuencia no se cobra, por deficiencias de los organismos que administran el suministro de agua potable.

Los acuíferos muestran abatimientos alarmantes, se detectan contaminantes naturales en el agua subterránea, las localidades rurales muestran enormes rezagos en cuanto a servicios básicos, y es creciente la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, se dice que la causa es la insuficiencia de agua<sup>12</sup>, cuando en realidad lo que ha sido y es *deficiente, es la*

---

<sup>10</sup> Uso Eficiente del Agua y la Energía, 2000.

<sup>11</sup> Alianza para el Campo. Fertiirrigación, Modernización de la Agricultura de Riego por Bombeo, 2000.

<sup>12</sup> Problemática Hidráulica en Lineamientos Estratégicos para el Desarrollo Hidráulico de la Región VII y Programa Hidráulico de Gran Visión 2000-2025 Región VII



*administración*<sup>13</sup> del recurso y de la infraestructura por parte de usuarios y autoridades.

Los problemas derivados de la *carencia, insuficiencia y deficiencia de infraestructura hidráulica son::* a) **Inundaciones**. La cuenca del río Aguanaval no cuenta con estructuras hidráulicas para controlar escurrimientos extraordinarios y se presentan inundaciones en centros urbanos y áreas productivas en la cuenca media y baja del río. b) **Baja calidad e insuficiencia de servicios básicos**. En la subregión El Salado donde por la naturaleza de su hidrografía se requiere una extensa infraestructura y altas eficiencias de manejo y uso del agua, prácticamente no existe infraestructura y la existente se ha deteriorado. c) **Contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos**. Sólo una parte reducida de las descargas de aguas residuales urbano industriales de las mayores ciudades de la Región San Luis Potosí—Soledad de Graciano Sánchez—recibe tratamiento previo a su disposición final. A continuación se muestra en la tabla 56 los principales problemas por Subregión de Planeación.

**Tabla 56. Principales problemas por Subregión de la Región VII.**

Problemática / Subregión	Nazas	Agua naval	El Salado
Deficiente infraestructura hidroagrícola para riego		●	●
Baja cobertura y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado, y Saneamiento en zonas urbanas	●	●	●
Deficiente servicio y baja cobertura de agua potable, alcantarillado en zonas Rurales.	●	●	●
Sobreexplotación de acuíferos			●
Deficiente aprovechamiento del agua subterránea y superficial		●	●
Escaso tratamiento y reuso de aguas residuales		●	●
Mala calidad del agua subterránea			●
Daños por fenómenos meteorológicos extremos (sequías-inundaciones)	●	● ●	●

<sup>13</sup> En su sentido más amplio



## Región VIII Lerma Santiago Pacífico<sup>14</sup>

---

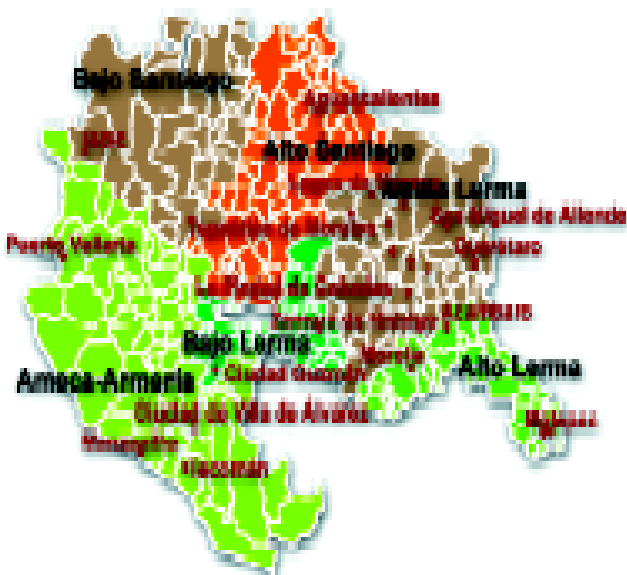
---

---

<sup>14</sup> Por representar el 80% de la RCO, se observara un diagnóstico más extenso de esta Región Hidrológico Administrativa.



## Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico



La Región Lerma-Santiago-Pacífico se ubica en el centro - poniente de la república mexicana. Está conformada por los estados de Colima, Aguascalientes, Nayarit, Querétaro, Jalisco, Guanajuato, Michoacán y Zacatecas que en conjunto incluyen 326 municipios con jurisdicción política en la región básicamente abarca toda la Mesorregión Centro-Occidente a excepción del estado de San Luis Potosí. Destacan los últimos cuatro estados ya que abarcan 82% de la superficie regional. La región comprende las cuencas de los ríos Lerma y Santiago, así como una porción importante de la costa del Océano Pacífico correspondiente a los Estados de Jalisco

y Michoacán. La superficie total de la región es de 192 000 kilómetros cuadrados, para efectos de planeación la región se dividió en dos zonas: la Lerma y Santiago, que a su vez están divididas en alto, medio y bajo.

El clima predominante en la cuenca del Lerma es templado húmedo, seco estepario en la de Santiago y semicálido subhúmedo en las costas de Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán. La lluvia promedio anual de la región es de 671 mm y ocurre principalmente en verano. La temperatura media regional es de 19°C. Para fines de planeación hidráulica, la región se divide en seis subregiones: Alto, Medio y Bajo Lerma; Alto y Bajo Santiago; Costas de Jalisco y Michoacán.

Dentro de la Región Lerma-Santiago se tiene las cuencas: Lerma-Salamanca, Lerma-Chapala, Lerma-Toluca, L. Chapala, L. Patzcuaro-Cuitzio-Yuriria, Santiago-Guadalajara, Santiago-Aguamilpa, Verde-Grande, Juchipila, Bolaños Huaynamota y Laja que comprenden el 35.76% de la Macrorregión Centro-Occidente. La región Costas de Jalisco abarca las cuencas de Chacala-Purificación, San Nicolas-Cuitzmala y Tomatlan-Tecuan representando el 3.13% de la Región, la Región Costas de Michoacán con las cuencas: Neixpa y Cachan o Coalcoman con el 2.63% y finalmente las regiones Huicicila, río Ameca y Armeria-Coahuayana con las cuencas río Cuale-Pitillal, Huicicila-San Blas, Presa La Vega-Cocula, río Ameca-Atenguillo, río Ameca-Ixtapa, Coahuayana y Armeria, respectivamente.



Con una densidad de 98 habitantes/km<sup>2</sup>, la región concentra más de 18.5 millones de habitantes (19% del total nacional), es de notar que en la región se localizan importantes núcleos urbanos, entre los que destacan Guadalajara, León, Aguascalientes, Morelia, Querétaro, Toluca e Irapuato. La región aporta 15.9% del PIB. La Población Económicamente Activa (PEA) representa 14% del total nacional; cinco de cada 10 trabajadores laboran en el sector terciario, tres en el secundario y dos en el primario. Las actividades productivas se concentran en la zona conocida como el “Bajío”, con producción agrícola y giros industriales que se desarrollan primordialmente en las ciudades de Toluca, Querétaro, Aguascalientes y Guadalajara; en contraste, en las cuencas costeras del pacífico, el desarrollo económico es aún incipiente.

El escurrimiento natural es de casi 32 400 hm<sup>3</sup>/ año. En las subregiones Alto, Medio y Bajo Lerma, así como en Alto Santiago, la oferta natural del recurso es menor que la demanda, situación contraria a la que ocurre en las subregiones Costa de Jalisco y Bajo Santiago donde se presenta el mayor escurrimiento de la región.

Para la Región Lerma-Santiago-Pacífico se extraen 14 500 hm<sup>3</sup>/año para usos consuntivos de los cuales 51% proviene de fuentes superficiales y 49% de subterráneas. Del total de usos consuntivos 79% se destinan al uso agrícola, 11% al público urbano, 9% al industrial y el resto al uso pecuario (Fig. 50). La capacidad de regulación es de cerca de 15 mil hm<sup>3</sup>/año, mediante presas entre las que sobresalen las de Aguamilpa con 7 000 hm<sup>3</sup> y Solís con 800 hm<sup>3</sup>, además del Lago de Chapala con un almacenamiento de 4 500 millones de metros cúbicos.

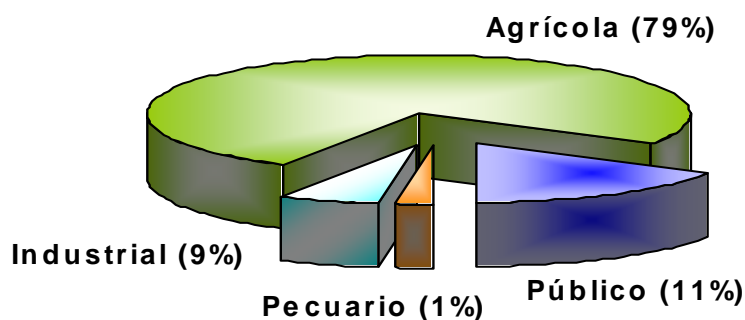


Figura 50. Usos Consuntivos de la Región VIII Lerma-Santiago-Pacífico.



## El Balance Hidráulico de la Región Lerma

### Agua superficial

Desde el punto de vista hidrográfico, la Región Lerma es parte del sistema denominado Lerma-Santiago, el cual tiene un colector principal de aproximadamente 1,180 km. de longitud, desde sus orígenes en la laguna de Almoloya del Río en el estado de México, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, en el estado de Nayarit. Este colector se encuentra dividido por una depresión que dio origen al almacenamiento natural más grande del país, el Lago de Chapala. Desde sus orígenes hasta el lago, el colector recibe el nombre de río Lerma, con una longitud de 705 km, y un área de aportación directa de 50,136 km<sup>2</sup>. Dentro de la Región se encuentran tres cuencas cerradas Pátzcuaro, Cuitzeo y Sayula (Tabla 57), las cuales en conjunto representan un área de 8,199 km<sup>2</sup>, 14% del total regional (Fig. 51).

**Tabla 57. Regionalización en la Región Lerma.**

Subregión/cuenca		Área de las cuencas		
No.	Nombre	km <sup>2</sup>	% Regional	% Subregional
1	ALZATE	2,540	4	18
2	RAMIREZ	390	1	3
3	TEPETITLAN	650	2	5
4	TEPUXTEPEC	2,320	4	17
5	SOLIS	2,980	5	22
18	PATZCUARO	1,111	2	8
19	CUITZEO	3,790	6	28
<b>1</b>	<b>ALTO LERMA</b>	<b>13,781</b>	<b>24</b>	<b>100</b>
6	LA BEGOÑA	6,592	11	22
7	AMECHE	3,555	6	12
8	PERICOS	1,587	3	5
9	YURIRIA	1,297	2	4
10	SALAMANCA	2,622	4	9
11	ADJUNTAS	3,169	5	10
12	ANGULO	2,180	4	7
13	CORRALES	7,039	12	23
14	YURECUARO	2,500	4	8
<b>2</b>	<b>MEDIO LERMA</b>	<b>30,541</b>	<b>52</b>	<b>100</b>
15	DUERO	2,238	4	16
16	ZULA	2,650	5	19



17	CHAPALA	5,827	10	42
20	SAYULA	3,298	6	24
<b>3</b>	<b>BAJO LERMA</b>	<b>14,013</b>	<b>24</b>	<b>100</b>
<b>TOTAL LERMA</b>		<b>58,335</b>	<b>100</b>	

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico. Áreas por Estado, Región y cuenca. Documento de las Isoyetas de 1931-1990*

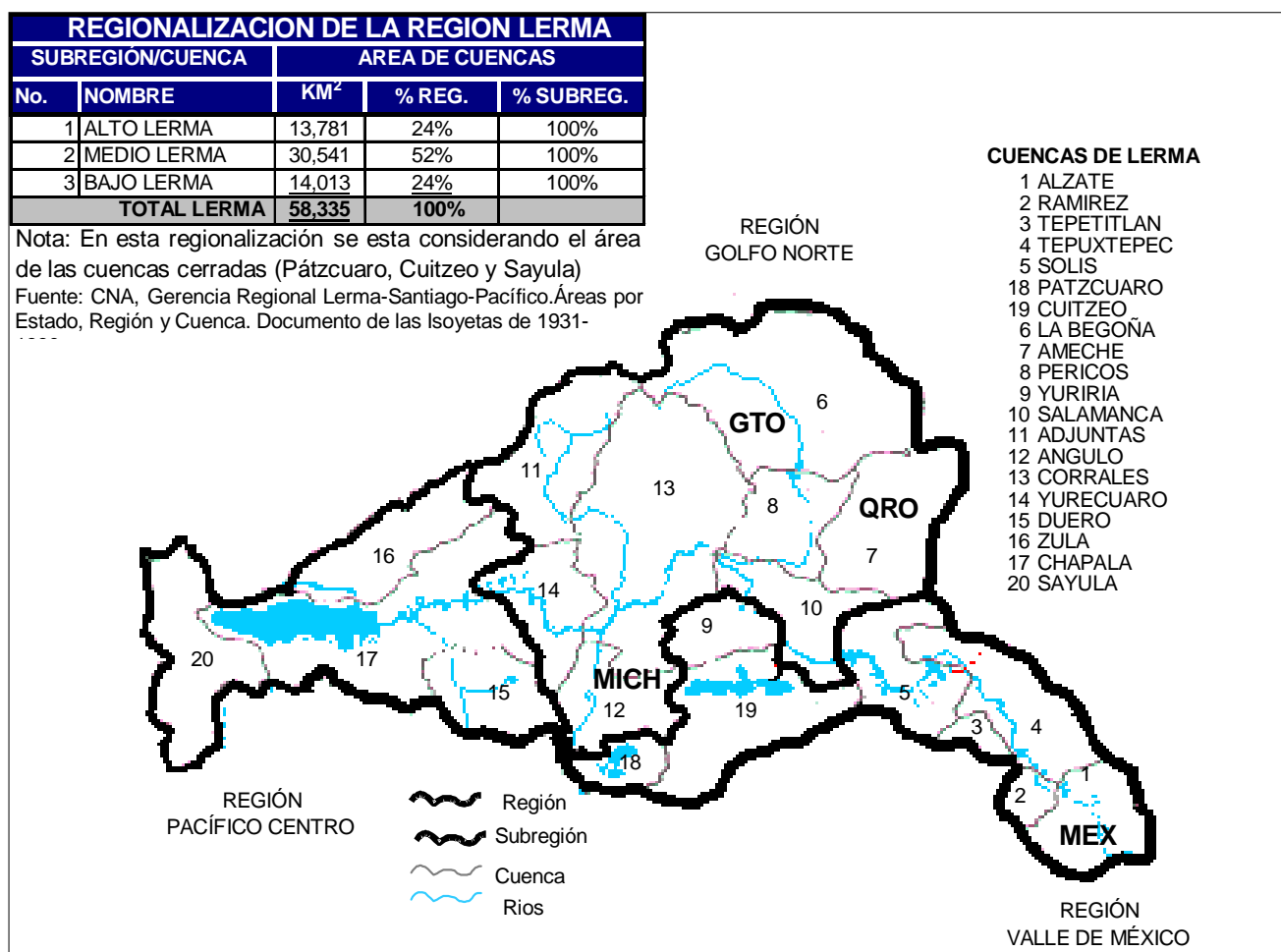


Figura 51. Regionalización de la Región Lerma.

### Disponibilidad de aguas superficiales

El escurrimiento superficial virgen promedio anual, incluyendo cuencas cerradas, es de 6,413 Mm<sup>3</sup>. Al nivel de subregión, en el Bajo Lerma, se genera la mayor parte del escurrimiento superficial, 35% del total regional, seguido por



el Alto y Medio Lerma, con el 34% y 31% respectivamente. Analizando la disponibilidad virgen bajo el punto de vista rendimiento de agua por unidad de área ( $Mm^3/km^2$ ), se ratifica un valor alto para las Subregiones del Alto y Bajo Lerma con un valor de 0.16 y 0.15 respectivamente, y al final la subregión del Medio Lerma, con un valor de 0.07, o sea  $70,000 m^3/Km^2$ . El promedio Regional es de  $0.11 Mm^3/km^2$ . Cabe destacar que el escurrimiento que se genera en las cuencas cerradas es de  $1,187 Mm^3$ , 18% del total Regional. En la figura 52 se presenta la disponibilidad per cápita del escurrimiento superficial natural en la Región Lerma.

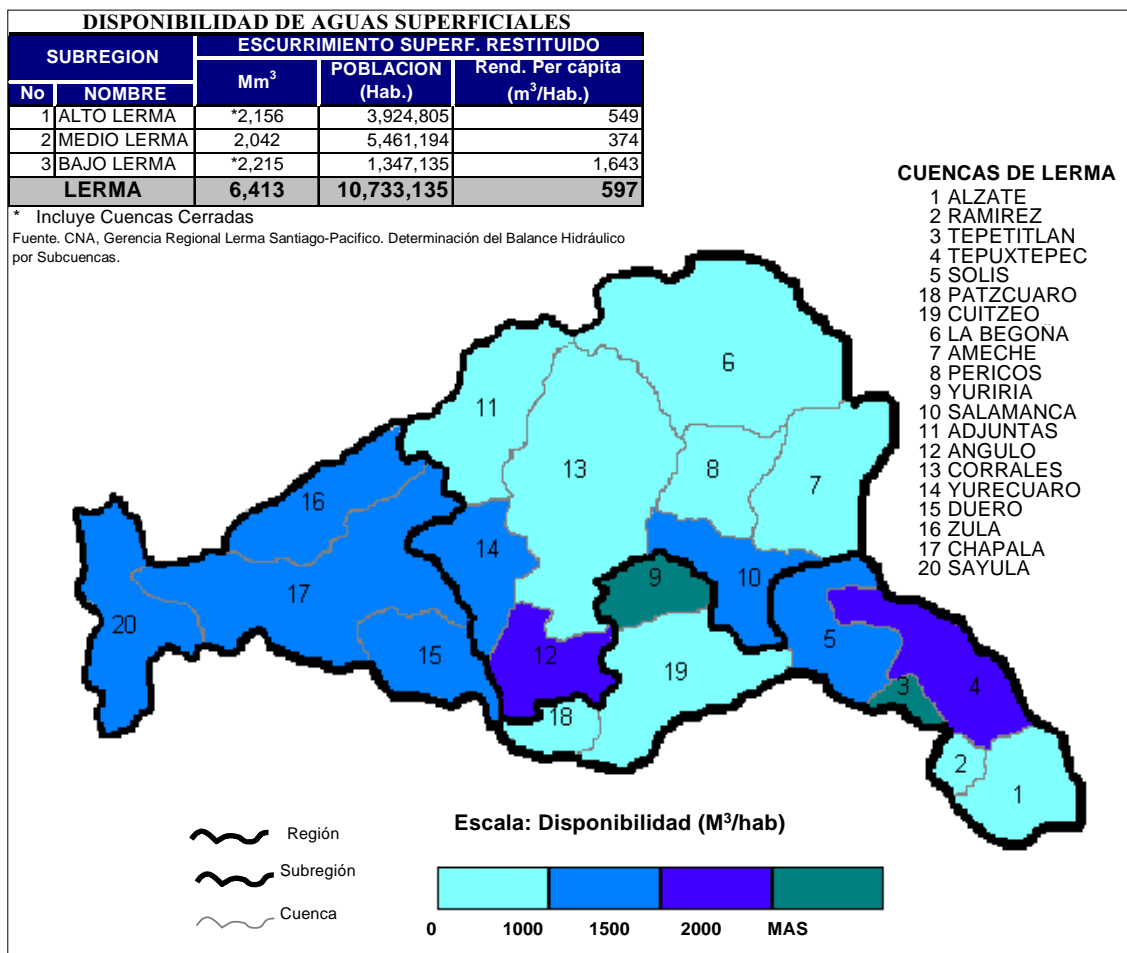


Figura 52. Disponibilidad per cápita del escurrimiento superficial natural en la Región Lerma.



## Cuencas de la Región Lerma

### Subregión Alto Lerma

Comprende desde los orígenes del río Lerma, en el estado de México, 25 Km al sureste de la ciudad de Toluca, Capital del Estado (así como 55 Km al suroeste del centro de la Ciudad de México, capital de la República Mexicana), hasta la presa Solís, incluyendo las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo. El área drenada por estos sistemas hidrológicos es de 13,781 km<sup>2</sup>, con un escurrimiento superficial natural de 2,156 Mm<sup>3</sup>, 34% de la disponibilidad regional (Tabla 58) escurrimiento que se presenta en ellas es 763 Mm<sup>3</sup>, 36% del subregional.

**Tabla 58. Volumen de escurrimiento medio anual por cuenca en el Alto Lerma.**

Subregión / cuenca		Volumen medio anual		
No	Nombre	Mm <sup>3</sup>	% Regional	% Subregional
1	ALZATE	275	4	13
2	I. RAMIREZ	98	1	4
3	TEPETITLAN	108	2	5
4	TEPUXTEPEC	435	7	20
5	SOLIS	476	7	22
18	PATZCUARO (C. C.)	188	3	9
19	CUITZEO (C. C.)	575	10	27
<b>ALTO LERMA</b>		<b>2.156</b>	<b>34</b>	<b>100</b>

Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas

La parte más alta de la cuenca se ubica al poniente de las mismas en el Nevado de Toluca, a más de 4,560 m.s.n.m. El río Lerma abandona el área de las lagunas recibiendo por margen izquierda las descargas de los ríos Verdiguél, Tejalpa, y por margen derecha el río Oztolotepec antes del vaso de la presa J. A. Alzate, aguas debajo de la cual se recibe por margen izquierda los ríos de la Gavia y Jaltepec.

Continuando sobre el colector principal se ubican las zonas de riego de Tepetitlán, Atlacomulco y Temascalcingo del distrito de riego del Estado de México, aguas abajo se ubica el vaso de la presa Tepuxtepec que opera para la generación de energía eléctrica, para apoyar el riego de la zona de Maravatio, y además forma parte del sistema Tepuxtepec - Solís, que proporciona agua al distrito de riego Alto Lerma. Continuando por el colector principal, por la margen izquierda se reciben las aportaciones del río Tlalpujahuá y posteriormente se



---

ubica la presa Solís, que representa el embalse artificial más grande sobre el río Lerma, con una capacidad de 800 Mm<sup>3</sup>. Además, en esta subregión se incluyen las cuencas cerradas de los lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo.

### ***Subregión Medio Lerma***

Comprende el tramo del río Lerma, definido desde la presa Solís hasta el sitio donde se ubica la estación hidrométrica Yurécuaro, incluyendo la Laguna de Yuriria con un desarrollo del colector principal de 290 Km y un área drenada de 30,541 km<sup>2</sup>, con un escurrimiento superficial natural de 2,042 Mm<sup>3</sup>, 39% de la disponibilidad regional (Tabla 59).

Aguas abajo de la presa Solís se reciben las descargas del río de la Laja, que drena toda la porción noreste de la cuenca del río Lerma; además comienzan ahí los principales canales que alimentan la zona de riego del Bajío Guanajuatense, así como el canal que alimenta artificialmente la laguna de Yuriria y la recepción de las excedencias de dicha laguna, antes de la estación hidrométrica de Salamanca. Posteriormente, siguiendo el desarrollo del colector principal se recibe por margen derecha las aportaciones de los ríos Temascatío, Guanajuato y Turbio y se ubica la derivadora Markazuza, donde nacen los canales Huanímaro y Santa Ana, que riegan las unidades Huanímaro del distrito de riego Alto Lerma y Pastor Ortiz del Rosario Mezquite. Después se reciben las aportaciones del río Angulo, uno de los dos más importantes aportadores por margen izquierda del río Lerma.



**Tabla 59. Volumen de escurrimiento medio anual por cuenca en el Medio Lerma.**

Subregión / cuenca		Volumen medio anual		
No	Nombre	Mm <sup>3</sup>	% Regional	% Subregional.
6	LA BEGOÑA	267	5	13
7	AMECHE	96	2	6
8	PERICOS	73	1	2
9	YURIRIA	116	2	6
10	SALAMANCA	293	6	14
11	ADJUNTAS	249	5	12
12	ANGULO	390	7	19
13	CORRALES	325	6	16
14	YURECUARO	233	4	11
<b>MEDIO LERMA</b>		<b>2,042</b>	<b>39</b>	<b>100</b>

Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas

### Subregión Bajo Lerma

Corresponde al último tramo del río Lerma, el que empieza en la estación hidrométrica Yurecuaro y termina en la desembocadura en el lago de Chapala; teniendo como límite la estación hidrométrica de Poncitlán. Recibe por su margen derecha las aportaciones de los ríos Huáscato y Zula, y por la margen izquierda al río Duero. Su área de aportación es de 14,013 km<sup>2</sup>, en la que se genera un escurrimiento superficial natural de 2,215 Mm<sup>3</sup>; esto es 35% de la disponibilidad regional. En esta Subregión se encuentra la cuenca cerrada de Sayula, la cual tiene un área de aportación de 3,298 km<sup>2</sup> y un escurrimiento de 424 Mm<sup>3</sup> (Tabla 60).

En esta parte se ubica el Lago de Chapala, el vaso natural que opera como el principal regulador de los escurrimientos del río Lerma; y que es considerado como el más grande del país y como el tercero en Latinoamérica, con una longitud máxima de 77 km. y un ancho máximo de 23 kilómetros. Cuando está completamente lleno almacena 8,125 Mm<sup>3</sup>, y forma un espejo de agua de alrededor de 111,000 hectáreas, con profundidad media de 7.2 m, y una máxima de 10 metros. La presa Poncitlán es utilizada para el control de las extracciones, al igual que las compuertas y plantas de bombeo de Ocotlán.



**Tabla 60. Volumen de escurrimiento medio anual por cuenca en el Bajo Lerma**

<b>Subregión / cuenca</b>		<b>Volumen Medio Anual</b>		
<b>No</b>	<b>Nombre</b>	<b>Mm<sup>3</sup></b>	<b>% Regional</b>	<b>% Subregional</b>
15	DUERO	521	8	24
16	ZULA	181	3	8
17	CHAPALA	1089	17	49
20	SAYULA (C. C.)	424	7	19
<b>BAJO LERMA</b>		<b>2,215</b>	<b>35</b>	<b>100</b>

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas*

## **Balance de aguas superficiales**

### **Usos del agua superficial**

La demanda consuntiva de agua superficial en la Región es de 3,566 Mm<sup>3</sup>; 56% de su disponibilidad natural. Cabe señalar que prácticamente toda el agua, el 89%, se utiliza para prestar el servicio de riego a las áreas agrícolas establecidas en la misma; siguen en importancia las demandas de los usos Doméstico y Pecuario, con 6% y 3% respectivamente. La demanda Industrial representa un valor mínimo.

Desde el punto de vista de las Subregiones, la principal demanda proviene del uso agrícola, en el caso del Medio Lerma. Mientras que en el caso del Bajo Lerma, debido a las extracciones que se realizan en Lago de Chapala para el abastecimiento de agua a la ciudad de Guadalajara, la importancia relativa de la demanda de agua agrícola es menor.

### **Balance**

El balance hidráulico de las aguas superficiales de la región, muestra que gran parte de las cuencas que la integran presentan una situación deficitaria. Al nivel de las subregiones, las tres son deficitarias (Fig. 53).

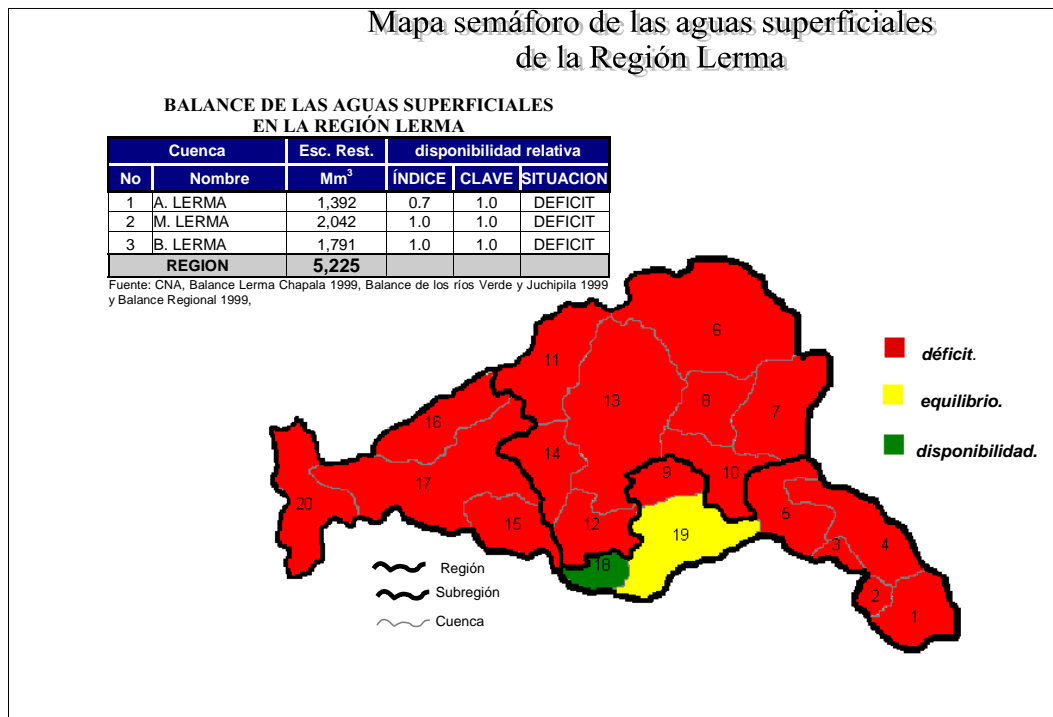


Figura 53. Plano del Balance de las aguas superficiales en la Región Lerma.

## EL BALANCE HIDRÁULICO DE LA REGIÓN SANTIAGO

### Agua superficial

La región Santiago, que es parte del sistema denominado como Lerma-Santiago, tiene un colector principal, el cual, desde sus orígenes en la laguna de Almoloya del Río, en el estado de México, hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, en el estado de Nayarit, mide aproximadamente 1,180 km. de longitud. Este colector se encuentra dividido por una depresión que dio origen al almacenamiento natural de agua más grande del país, el Lago de Chapala. Desde sus orígenes hasta el lago, el colector recibe el nombre de río Lerma, con una longitud de 705 km, y un área de aportación directa de 50,136 km<sup>2</sup>. A partir del lago de Chapala, hasta su desembocadura en el mar, el colector de 475 km de longitud recibe el nombre de río Santiago, y cuenta con un área de aportación de 78,809 km<sup>2</sup> (Tabla 60 y Fig. 54).



**Tabla 60. Regionalización en la Región Santiago**

Subregión/cuenca		Área de las cuencas		
No.	Nombre	Km <sup>2</sup>	% Regional	% Subregional
21	NIAGARA	5,879	7	16
22	PASO DEL SABINO	4,584	6	13
23	SAN GASPAR	5,170	7	14
24	LA CUÑA	4,303	5	12
25	JUCHIPILA	8,858	11	24
26	STA. ROSA	7,673	10	21
<b>4</b>	<b>ALTO SANTIAGO</b>	<b>36,467</b>	<b>46</b>	<b>100</b>
27	BOLAÑOS	11,890	15	28
28	CAIMAN	2,955	4	7
29	CARRIZAL	24,796	32	59
30	CAPOMAL	2,260	3	5
31	DESEMBOCADURA (S)	441	1	1
<b>5</b>	<b>BAJO SANTIAGO</b>	<b>42,342</b>	<b>54</b>	<b>100</b>
<b>TOTAL SANTIAGO</b>		<b>78,809</b>	<b>100</b>	

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico. Áreas por Estado, Región y cuenca. Documento de las Isoyetas de 1931-1990*

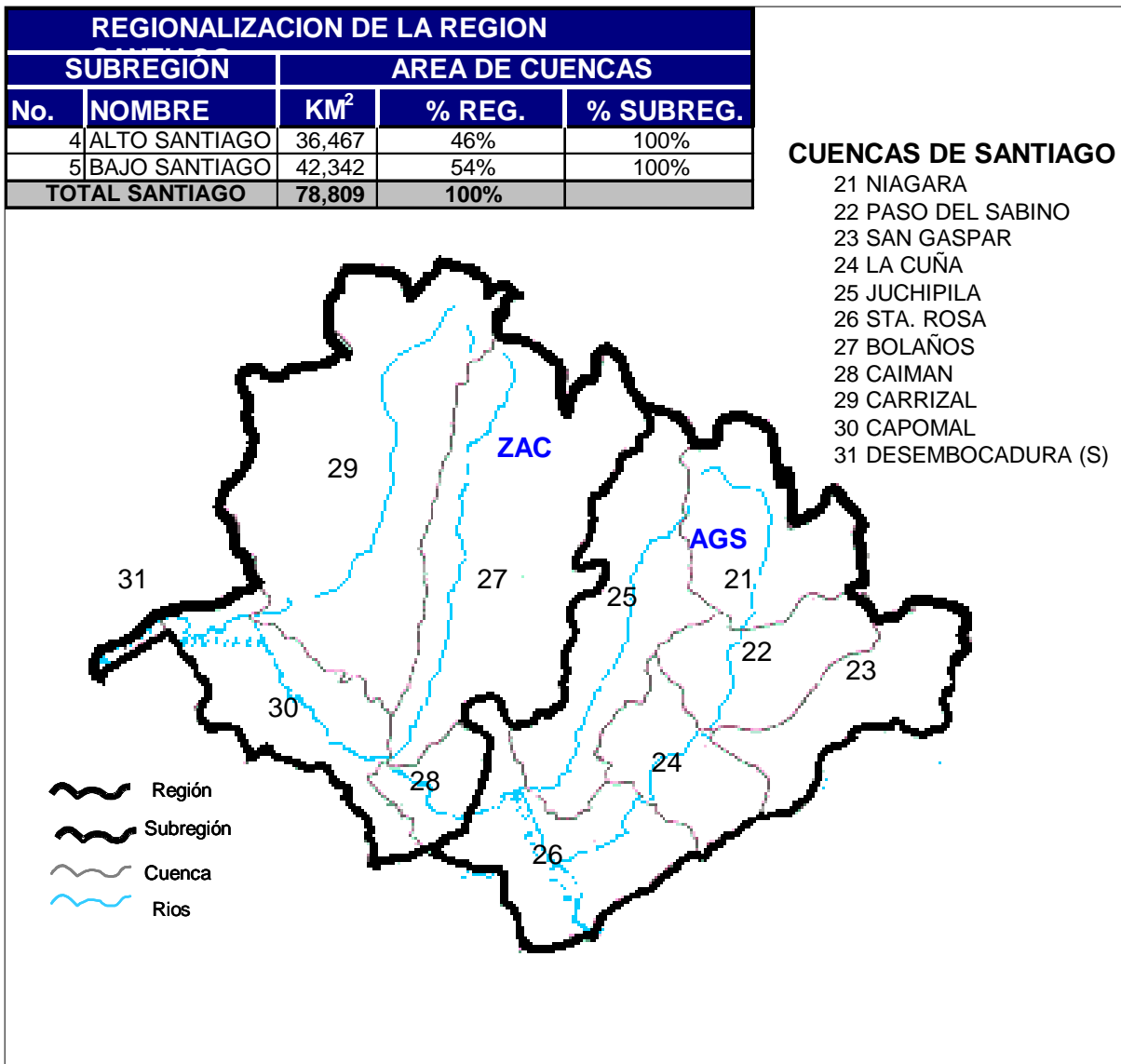


Figura 54. Disponibilidad de aguas superficiales de la Cuenca del Santiago.

El escurrimiento superficial virgen promedio anual es de 9,415 Mm<sup>3</sup> (Fig. 55); caracterizado por ocurrir el mayor volumen en la parte baja del río Santiago, en un 64%. Analizando la disponibilidad virgen, bajo el punto de vista rendimiento de agua por unidad de área (Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>), se ratifica un valor alto para las subregiones del Bajo Santiago, del 0.14, seguido por el correspondiente a la subregión del Alto Santiago, que es de 0.09, o sea 90,000 m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>. El promedio Regional es de 0.12 Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

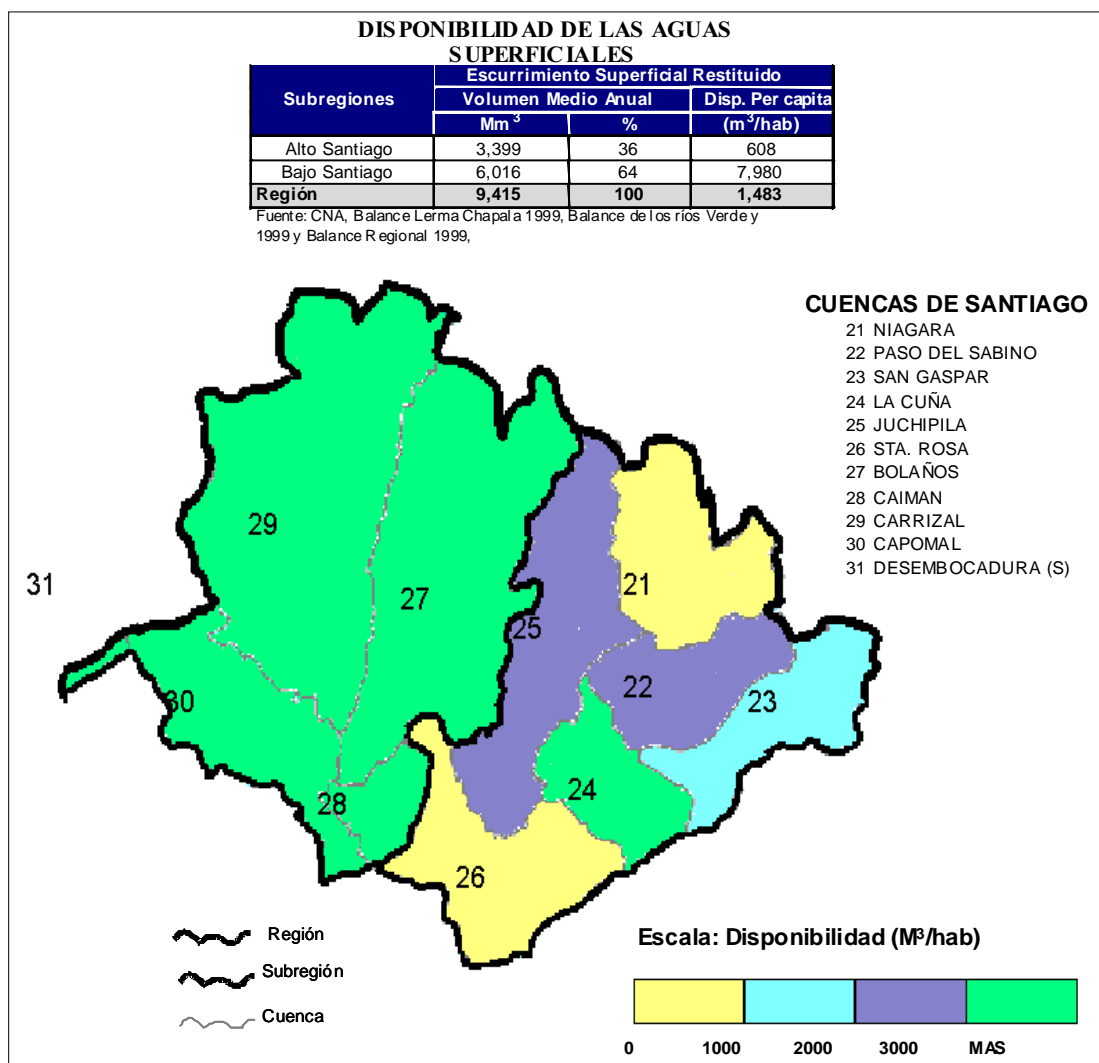


Figura 55. Disponibilidad per cápita del escurrimento natural en la Región Santiago

## Cuencas de la Región Santiago

### Subregión Alto Santiago

Corresponde al tramo del cauce principal del río Santiago que va desde la estación hidrométrica Corona hasta el vaso de la presa Santa Rosa, con un desarrollo del colector principal de 175 km, y un área drenada de 36,467 km<sup>2</sup>. En este tramo se tienen dos aportadores principales, los ríos Verde y Juchipila, y un río secundario, el Calderón; todos por margen derecha. El escurrimento superficial natural alcanza los 3,399 Mm<sup>3</sup>, 36% de la disponibilidad regional (Tabla 61).



**Tabla 61. Volumen de escurrimiento medio anual por cuenca en el Alto Santiago.**

Subregión / cuenca		Volumen medio anual		
No	Nombre	Mm <sup>3</sup>	% Reg	% Subr.
21	NIAGARA	225	2	6
22	PASO DEL SABINO	264	8	8
23	SAN GASPAR	297	3	9
24	LA CUÑA	470	5	14
25	JUCHIPILA	538	6	16
26	STA ROSA	1605	17	47
4	A. SANTIAGO	3,399	36	100

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas*

### **Subregión Bajo Santiago**

Último tramo del río Santiago, que va desde la presa Santa Rosa hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, con 300 km de desarrollo del colector principal, y un área drenada de 42,342 km<sup>2</sup>. En este tramo se reciben las aportaciones de los ríos Bolaños y Huaynamota, por margen derecha. Se ha determinado un escurrimiento superficial natural de 6,016 Mm<sup>3</sup>, 64% de la disponibilidad regional (Tabla 62).

**Tabla 62. Volumen de escurrimiento medio anual por cuenca en el Bajo Santiago**

Subregión / cuenca		Volumen medio anual		
No	Nombre	Mm <sup>3</sup>	% Reg	% Subr.
27	BOLAÑOS	871	9	14
28	CAIMAN	279	3	5
29	CARRIZAL	3097	33	51
30	CAPOMAL	1492	16	25
31	DESEMBOCADURA (S)	277	3	5
5	B. SANTIAGO	6,016	64	100

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas*



## Balance de aguas superficiales

### Usos del agua superficial

La demanda consuntiva de agua superficial en la región es de 1,634 Mm<sup>3</sup>, 38% de su disponibilidad natural. Cabe señalar que prácticamente toda el agua, el 75%, se utiliza para prestar el servicio de riego a las áreas agrícolas establecidas en la misma, le sigue en importancia el uso Doméstico con un 18%; el resto del agua se destina a los usos pecuario e industrial.

Desde el punto de vista de las Subregiones, la demanda de mayor importancia sigue siendo la correspondiente al uso agrícola; principalmente en el Alto Santiago donde ésta asciende a 901 Mm<sup>3</sup>.

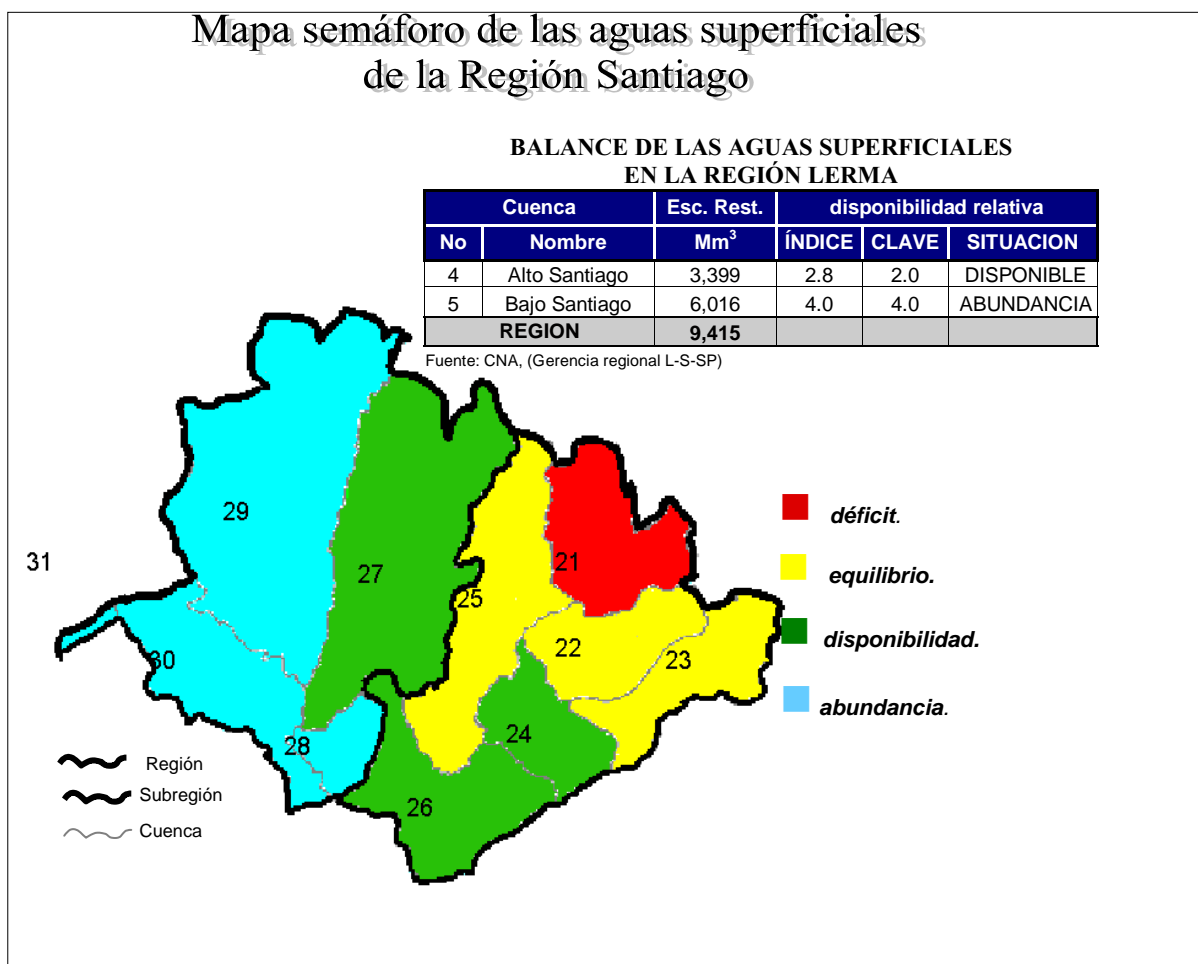


Figura 56. Balance de agua superficial en la Región Santiago.



## **Balance**

El balance hidráulico de las aguas superficiales en la región, muestra que existe una gran disponibilidad, principalmente en la desembocadura del río Santiago (Fig. 56).

Al nivel de las Subregiones, en el Río Santiago, la situación en general va desde disponibilidad, hasta abundancia del recurso.

## **EL BALANCE HIDRÁULICO DE LA REGIÓN PACÍFICO**

### **Agua superficial**

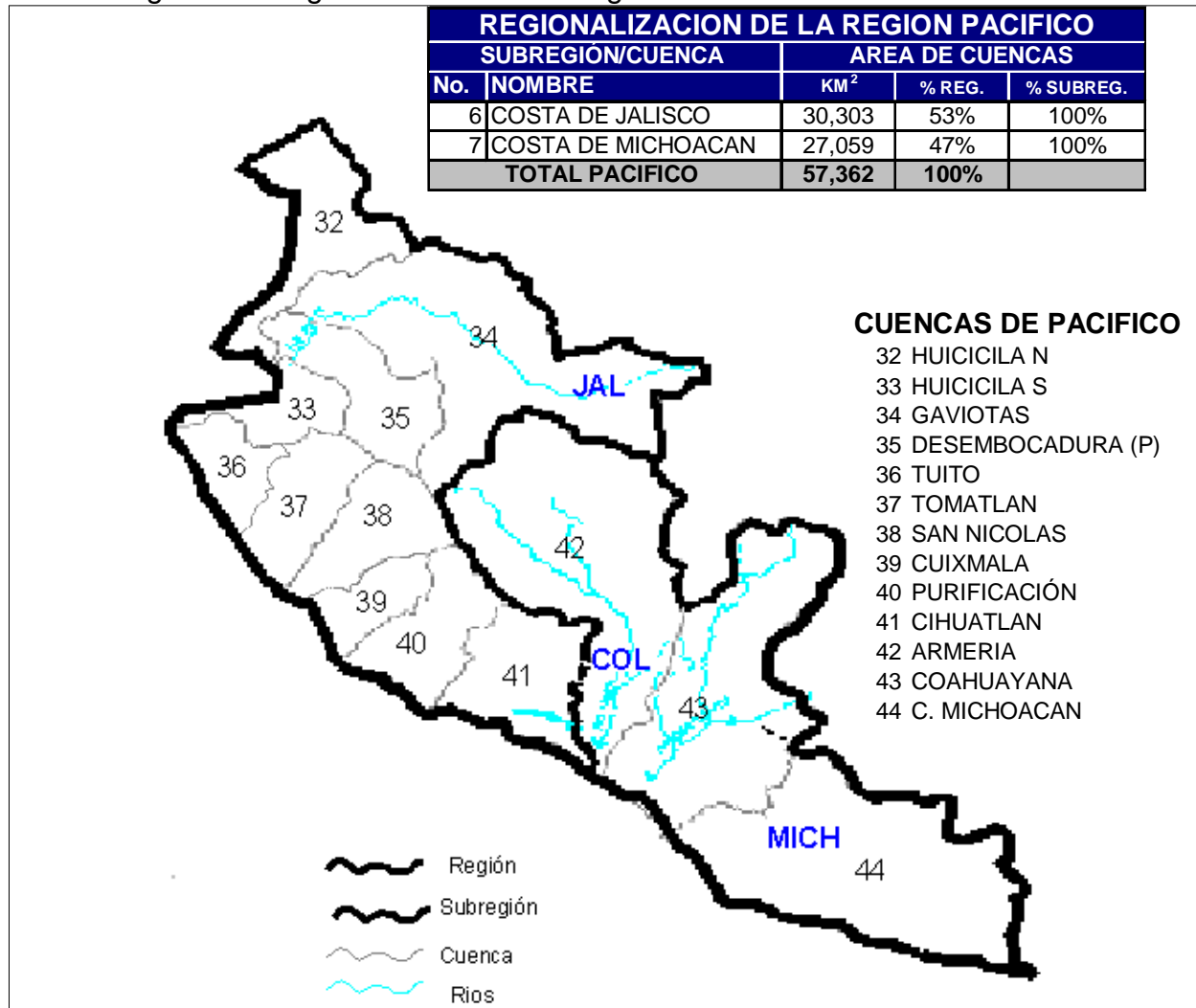
La Región, desde el punto de vista hidrográfico, está conformada por un sistema de corrientes de corto desarrollo y pendiente pronunciada que desembocan al Océano Pacífico (Fig. 57), destacando por la magnitud de área drenada los ríos de Ameca, Armería y Coahuayana. Todo el conjunto de ríos drena una superficie de 57,362 km<sup>2</sup> (Tabla 63).

<b>Tabla 63. Regionalización de la Región Pacífico</b>				
<b>Subregión/Cuenca</b>		<b>Área de las cuencas</b>		
<b>No.</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>% Regional</b>	<b>% Subregional</b>
32	HUICICILA N	3,546	6	12
33	HUICICILA S	1,526	3	5
34	GAVIOTAS	9,608	17	32
35	DESEMBOCADURA (P)	2,056	4	7
36	TUITO	1,477	3	5
37	TOMATLAN	2,390	4	8
38	SAN NICOLAS	2,979	5	10
39	CUIXMALA	1,114	2	4
40	PURIFICACIÓN	2,445	4	8
41	CIHUATLAN	3,162	6	10
<b>6</b>	<b>COSTA DE JALISCO</b>	<b>30,303</b>	<b>53</b>	<b>100</b>
42	ARMERIA	9,803	17	36
43	COAHUAYANA	8,060	14	30
44	C. MICHOACAN	9,196	16	34
<b>7</b>	<b>COSTA DE MICHOACAN</b>	<b>27,059</b>	<b>47</b>	<b>100</b>
<b>TOTAL PACIFICO</b>		<b>57,362</b>	<b>100</b>	

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico. Áreas por Estado, Región y cuenca. Documento de las Isoyetas de 1931-1990*



Figura 57. Regionalización de la Región Pacífico.



### Disponibilidad de aguas superficiales

El escurrimiento superficial virgen promedio anual es de 16,783 Mm<sup>3</sup>. En la subregión costa de Jalisco se genera la mayor parte del escurrimiento superficial, el 64%, del total regional; el 36% restante se obtiene en Costa de Michoacán. Analizando la disponibilidad virgen, bajo el punto de vista rendimiento de agua por unidad de área (Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>), se ratifica un valor alto para la Costa de Jalisco, de 0.35, y para la subregión de la costa de Michoacán, de 0.23; o sea 230,000 m<sup>3</sup>/Km<sup>2</sup>. El promedio Regional es de 0.29 Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>.

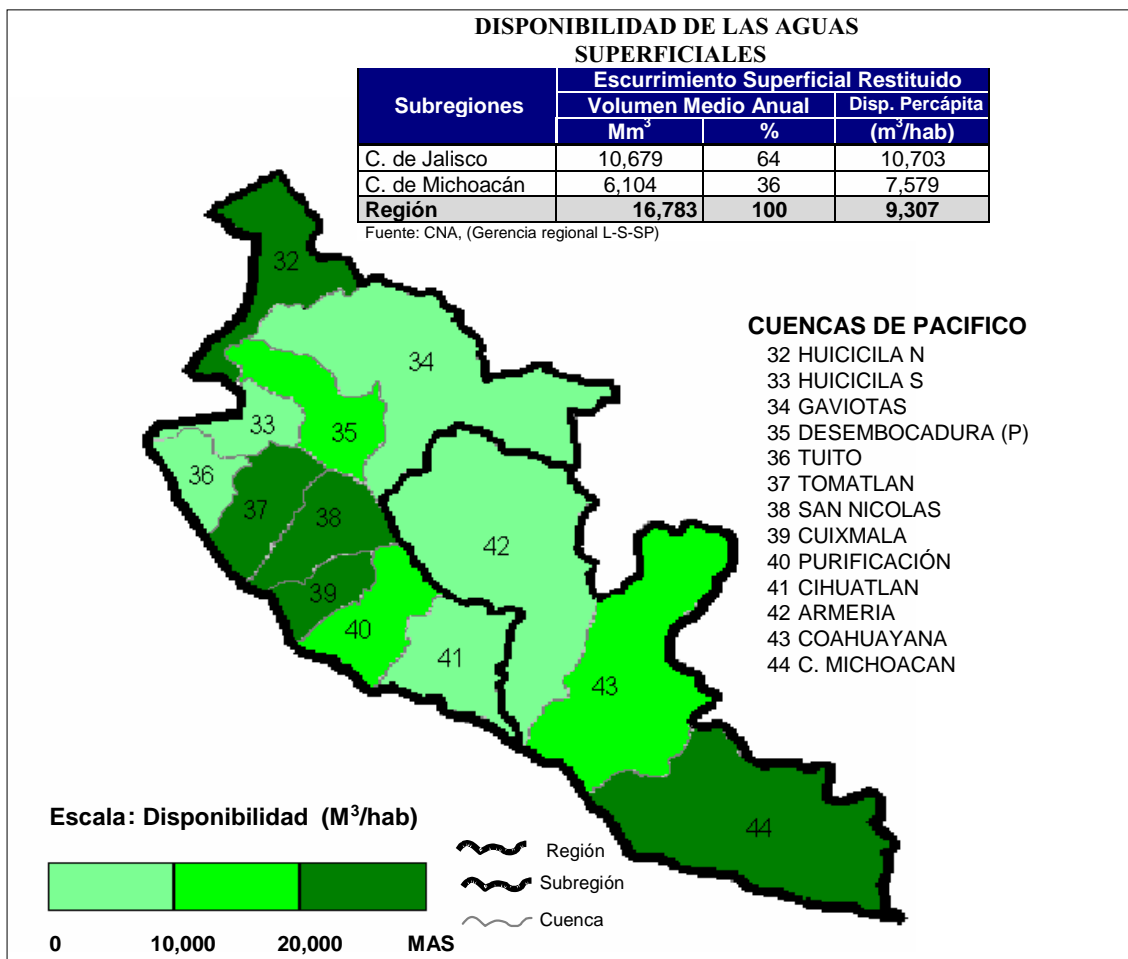


Figura 58. Disponibilidad per cápita del escurrimiento superficial natural en la Región Pacífico.

## Cuencas de la Región Pacífico

### *Subregión Costa Jalisco*

Está constituida por una serie de ríos, paralelos entre sí, que descargan directamente al Océano Pacífico. Hidrológicamente, estos ríos son considerados como de respuesta rápida, dados los cortos desarrollos de sus colectores principales, y sus fuertes pendientes. De este conjunto de ríos destacan por la magnitud de área drenada los ríos Ameca, Tomatlán y Cihuatlán. En consecuencia, se dividió la subregión en diez cuencas. El área drenada por este sistema de ríos es de 30,303 km<sup>2</sup>, área en la que la



precipitación genera un escurrimiento superficial natural de 10,679 Mm<sup>3</sup>, 64% de la disponibilidad regional (Tabla 64).

Subregión / cuenca		Volumen medio anual		
No	Nombre	Mm <sup>3</sup>	% Reg	% Subr.
32	HUICILA N.	1,062	6	10
33	HUICILA S.	555	3	5
34	GAVIOTAS	1,660	10	16
35	DESEMBOCADURA (A)	560	3	5
36	TUITO	660	4	6
37	TOMATLAN	1,354	8	13
38	SAN NICOLAS	1,644	10	15
39	CUIXMALA	269	2	3
40	PURIFICACION	1,492	9	14
41	CIHUATLAN	1,423	8	13
6	C. JALISCO	10,679	64	100

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas*

### **Subregión Costa Michoacán**

Otro conjunto de ríos paralelos de corto desarrollo y fuerte pendiente, del que destacan, por su extensión superficial, Armería, y Coahuayana. En atención a estas características, la subregión se dividió en tres cuencas, drenadas por los ríos costeros mencionados, que en conjunto miden 27,059 km<sup>2</sup>, y generan un escurrimiento superficial natural de 6,104 Mm<sup>3</sup>, 36% de la disponibilidad regional (Tabla 65).



**Tabla 65. Volumen de escurrimiento medio anual por cuenca en la costa de Michoacán.**

<i>subregión / cuenca</i>		<b>Volumen medio anual</b>		
<b>No</b>	<b>Nombre</b>	<b>Mm<sup>3</sup></b>	<b>% Reg</b>	<b>% Subr.</b>
42	ARMERIA	2,076	12	34
43	COAHUAYANA	2,281	14	37
44	COSTA MICHOACAN	1,747	10	29
<b>7</b>	<b>C. MICHOACAN</b>	<b>6,104</b>	<b>36</b>	<b>100</b>

*Fuente: CNA Gerencia Regional Lerma Santiago Pacifico, Determinación del Balance Hidráulico por Subcuencas*

## **Balance de aguas superficiales**

### ***Usos del agua superficial***

La demanda consuntiva de agua superficial en la Región asciende a 3,431 Mm<sup>3</sup>, 20% de su disponibilidad natural. Cabe señalar que prácticamente toda el agua, el 94%, se utiliza para prestar el servicio de riego a las áreas agrícolas establecidas en la Región; siguen en importancia el uso pecuario y la industria, con un 2% cada uno, y el uso doméstico con un valor mínimo.

Desde el punto de vista de las Subregiones, la principal demanda sigue siendo principalmente la del uso agrícola.

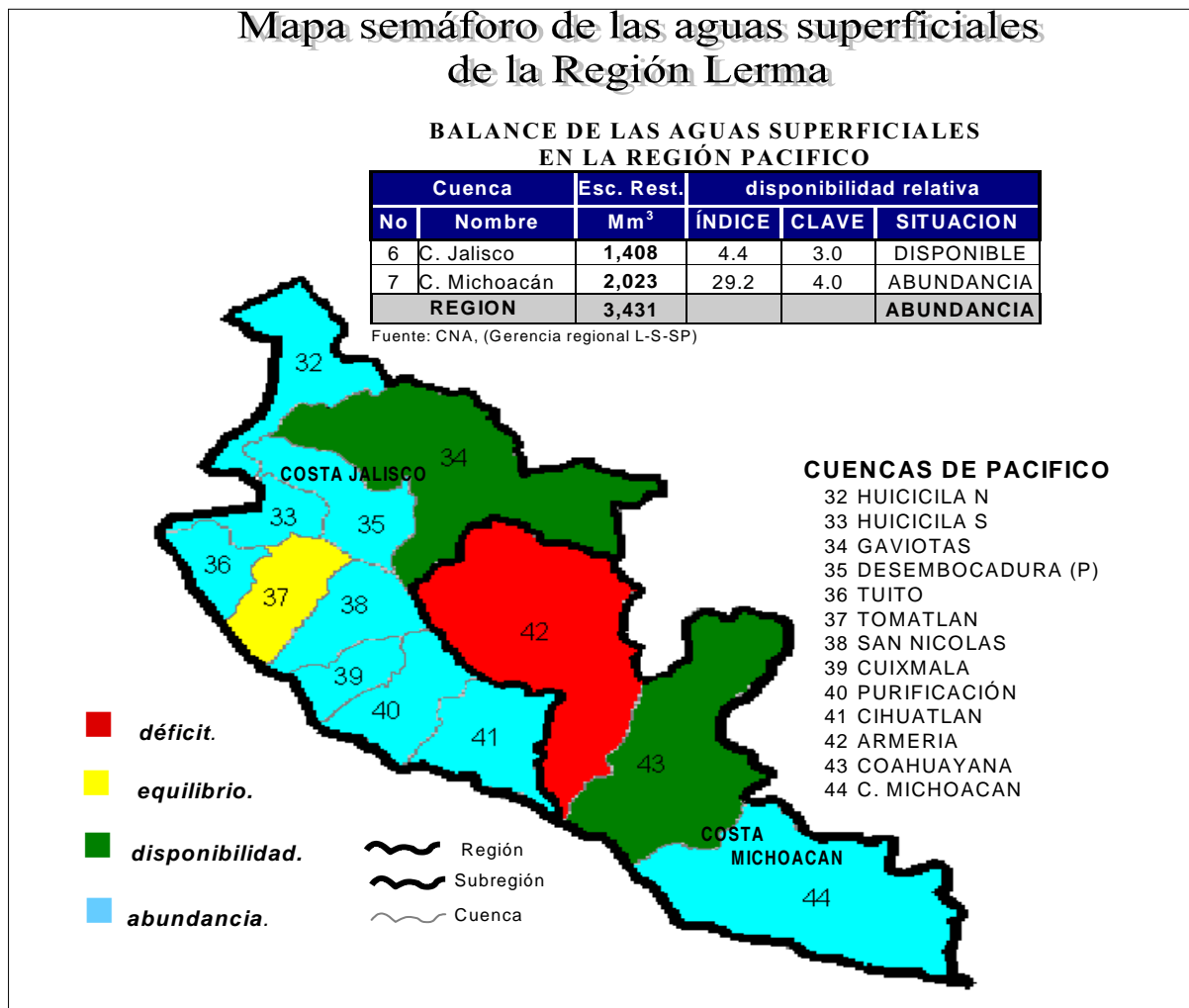


Figura 59. Balance de las aguas superficiales en la Región Pacifico.

### **Balance**

El balance hidráulico de las aguas superficiales en la Región de Costa Jalisco muestra disponibilidad, y en la de Costa de Michoacán, abundancia. Al nivel de las subregiones, se puede decir que la situación es de abundancia (Fig. 59).



---

## Problemática Hidráulica de la Región

### Región Lerma

#### Definición de la problemática actual

Con base en la información y documentos disponibles sobre la región, y los comentarios y observaciones de los usuarios del agua se identificaron los principales problemas en materia de agua que existen en la subregión.

#### Oferta insuficiente para satisfacer la demanda

Este problema se debe principalmente a la importante concentración de demanda de agua agrícola y público-urbana; y a bajos índices de escurrimiento, adicionalmente se ve influenciado por las condiciones de descuido de la vegetación y suelo de la cuenca, que incide en un entorno de altas temperaturas y menor humedad, que reducen la potencialidad de las lluvias, y se reduce también la posibilidad de retención del agua de lluvia, en la temporada de lluvias, las avenidas arrastran sólidos, que reducen la capacidad de conducción de cauces y de almacenamiento de embalses, al presentar estos últimos, para un volumen almacenado igual, una mayor área expuesta, se propicia una mayor evaporación del agua (Fig. 60).

El crecimiento de la población impacta de manera importante a las cuencas de Antonio Alzate y Cuitzeo, las tasas actuales de crecimiento de la población son de 1.62 y 1.17 respectivamente, cuando la tasa promedio en la Subregión Lerma-Chapala es de 1.25. Adicionalmente, la Zona Metropolitana de Guadalajara sigue extrayendo del Lago de Chapala, aproximadamente el 60% de sus requerimientos de agua, aun cuando cuenta con otras fuentes de suministro que no ha desarrollado del todo.

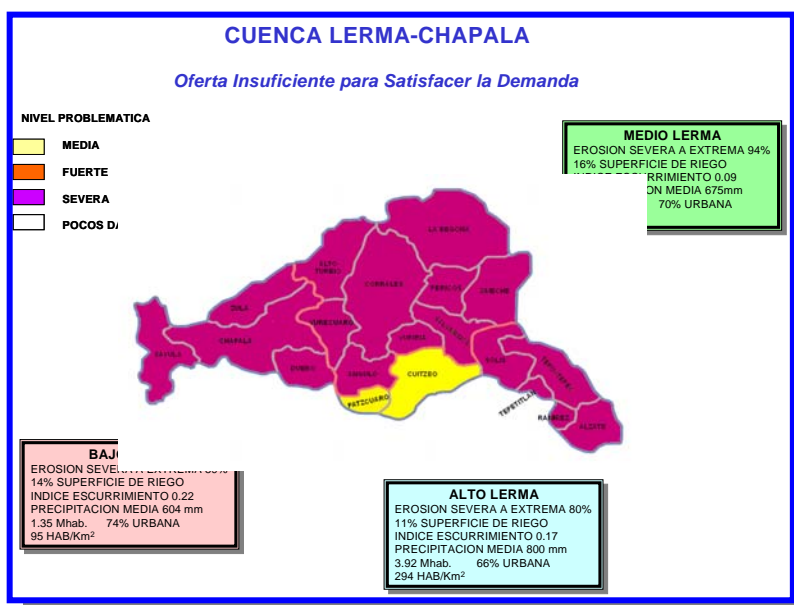
Por otro lado, la tasa media de crecimiento pecuaria es del 10% anual, propiciado por los apoyos que en los últimos años se ha dado a este sector, como lo es la venta a precios subsidiados por parte del gobierno, de pies de crías importados. Ese crecimiento también agrava la disponibilidad del agua, ya que la mayor parte del ganado depende de esta fuente.

A continuación se mencionan algunos números que dan idea de la problemática desde el punto de vista del sistema global, ya que no es posible separar en componentes individuales un sistema con el grado de aprovechamiento y la complejidad con la que se realiza en esta subregión hidrológica.



En el **Alto Lerma** el 80% de la erosión en esta subregión es de severa a extrema; el 11% de la superficie se destina a usos agrícolas de riego; se tiene una población de 3.9 millones de habitantes, de los cuales el 66% se concentra en las áreas urbanas; la densidad de población es de 294 habitantes por kilómetro cuadrado; la precipitación media es de 800 milímetros anuales y el índice de escurrimiento es de 0.17.

En el **Medio Lerma** el 94% de la erosión en esta subregión es de severa a extrema; el 16% de la superficie se destina a usos agrícolas de riego; se tiene una población de 5.4 millones de habitantes, de los cuales el 70% se concentra en las áreas urbanas; la densidad de población es de 162 habitantes por kilómetro cuadrado; la precipitación media es de 675 milímetros anuales y el índice de escurrimiento es de 0.09.



Fuente.- Diagnostico de la Region Lerma-Santiago, Comisión Nacional del Agua, 1996; Resultados Preliminares del Censo del Año 2000, INEGI

Figura 60. Oferta Insuficiente para Satisfacer la Demanda.

Para el caso del **Bajo Lerma** el 89% de la erosión en esta subregión es de severa a extrema; el 14% de la superficie se destina a usos agrícolas de riego; se tiene una población de 1.3 millones de habitantes, de los cuales el 74% se concentra en las áreas urbanas; la densidad de población es de 95 habitantes



por kilómetro cuadrado; la precipitación media es de 604 milímetros anuales y el índice de escurrimiento es de 0.22.

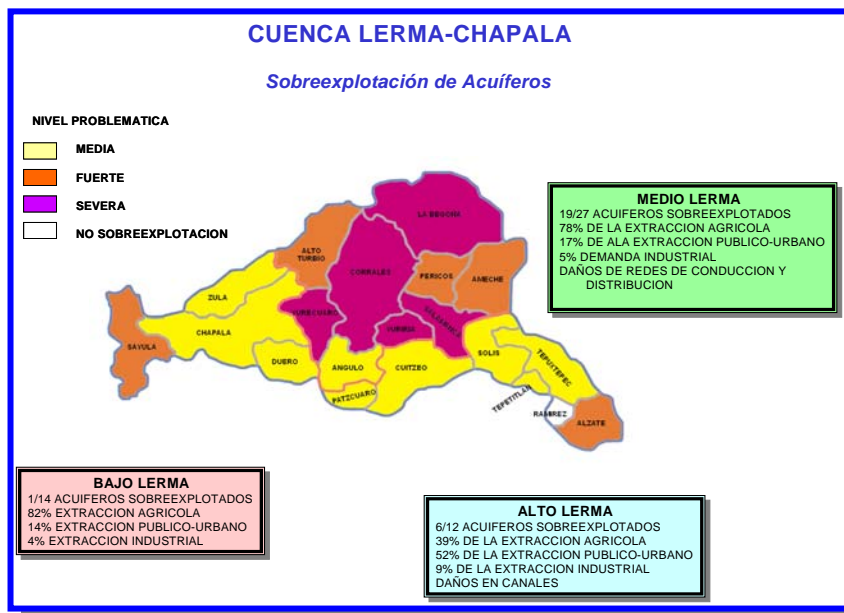
Los análisis por subcuenca, se observa que salvo las cuencas cerradas de Pátzcuaro y Cuitzeo, donde los problemas de insuficiencia de agua superficial son de nivel medio, el resto presentan un nivel severo.

### **Sobreexplotación de Acuíferos**

La situación de los acuíferos en la cuenca es grave, ya que de 52 acuíferos que se aprovechan, 22 se encuentran sobre explotados, en los que se extrae el 73% del volumen total aprovechado en la Subregión Lerma-Chapala (Fig. 61).

En el **Alto Lerma** seis de los doce acuíferos se encuentran sobre explotados, de la extracción de agua subterránea el 39% es para uso agrícola, el 52% para uso público urbano, y el 9% para industria. Algunos de los efectos son los daños a canales de riego, por los asentamientos diferenciales que se presentan en el terreno por la consolidación de los materiales, con la consecuente pérdida de agua en la conducción.

En el **Medio Lerma** diecinueve de los veintisiete acuíferos que se aprovechan se encuentran sobre explotados, de la extracción de agua subterránea el 78% es para uso agrícola, el 17% para uso público urbano, y el 5% para industria. Se observan también daños a canales de riego.



Fuente.- Diagnóstico de la Región Lerma-Santiago, Comisión Nacional del Agua, 1996

Figura 61. Sobreexplotación de Acuíferos.

En el **Bajo Lerma**, la situación no es tan grave, ya que solo uno de los catorce acuíferos de esta subregión se encuentra sobre explotado, de la extracción de agua subterránea el 82% es para uso agrícola, el 14% para uso público urbano, y el 4% para industria.

### Baja eficiencia en el aprovechamiento del agua, uso agrícola

El sector agrícola de riego ha sido en los últimos años el principal usuario con menor eficiencia en el uso del agua, pero independientemente de ello, es importante señalar que este sector impacta de manera importante en la disponibilidad del agua en la subregión Hidrológica Lerma-Chapala, baste decir que se estima una eficiencia global promedio en la cuenca por debajo del 60% (Fig. 62).

En el **Alto Lerma**, el 58% de los canales se encuentran sin revestir, se estima una eficiencia de conducción en los sistemas entre 55 y 69%. El nivel de autosuficiencia financiera de los Distritos de Riego en promedio es del 26%, lo que implica no contar con recursos económicos propios para el mantenimiento adecuado de la infraestructura. Destaca una baja eficiencia parcelaria y un bajo control de medición de los volúmenes de agua empleados. La lámina promedio



de riego con aguas superficiales es de 67 cm y con aguas subterráneas de 32 cm, este aspecto puede indicar que se realiza un excelente y adecuado uso del agua, sin embargo estas láminas resultan por que en una gran porción de las áreas de riego, solo se da punteo, gracias a la precipitación que es superior a la media de la cuenca. Un aspecto que puede impactar en el sentido de no poder avanzar en un adecuado uso del agua es que el 83% de la superficie de riego es ejidal, ya que normalmente este sector presenta dificultades de carácter económico y de organización para hacer frente a este tipo de problemas.

En el **Medio Lerma** la problemática se distingue debido a que el 74% de los canales se encuentran sin revestir. Las eficiencias de conducción van del 59 al 84%, esta última se observa en el D. R. 085 “La Begoña”, se observa también una baja eficiencia parcelaria y un bajo control de medición de los volúmenes suministrados al riego. El promedio del nivel de autosuficiencia financiera de los distritos de riego de esta Subregión Hidrológica es del 91%, lo que refleja una posibilidad de mejorar los sistemas de riego. Las láminas de aplicación son de 107 cm para las aguas superficiales y de 88 cm para las aguas subterráneas. El 85% de la superficie de riego es ejidal. Casos críticos se presentan en el D. R. 085 “La Begoña” que tiene un 34% eficiencia global de riego con una lamina bruta 97 cm; en el D. R. 011 “Alto Lerma” con un 22% eficiencia global y laminas brutas de 122 cm; en Distrito de Riego 087 “Rosario Mezquite” se aplica una lamina bruta 147 cm, y se sabe que se tiene un 19% de pérdidas en conducción.

En la subregión **Medio Lerma** solo el 23% de los canales se encuentran sin revestir, sin embargo, se observan eficiencias de conducción del 69 al 71% y una baja eficiencia parcelaria y bajo control de medición. Las láminas registradas de riego son de 76 cm para el caso de las aguas superficiales y de 47 cm para las subterráneas. De la superficie de riego, el 68% es ejidal, aspecto que puede influir en obstaculizar las acciones para reducir las pérdidas de agua en este sector, ya que normalmente este sector tiene dificultades de carácter económico y de organización para hacer frente a este tipo de problemas. El nivel de autosuficiencia financiera promedio de los Distritos de Riego en esta Subregión de Planeación es de un 64%

## **Baja eficiencia en el aprovechamiento del agua, Uso Público Urbano**

La mayor parte del volumen suministrado a la población proviene de aguas del subsuelo, por lo que las bajas eficiencias repercuten de manera importante en los acuíferos (Fig. 63).

Algunos de los problemas que originan la baja eficiencia del servicio de agua potable en el **Alto Lerma** son que no se autoriza el corte del servicio por falta de



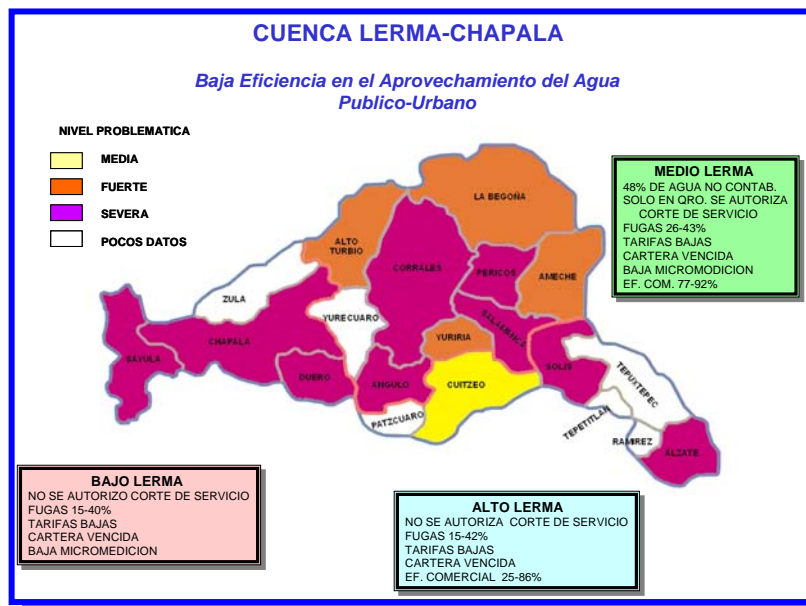
pago, lo que propicia un dispendio del agua al no tener la obligación de pagar por el servicio; la mala operación o falta de mantenimiento propicia las fugas en las redes de conducción y distribución que en esta Subregión fluctúan entre 15 y 42%, las tarifas en la mayoría de los casos no son suficientes para pagar los gastos de operación, mantenimiento, reemplazo y ampliación del servicio, por lo que las redes no reciben un adecuado mantenimiento, otro aspecto es la cartera vencida de una gran cantidad de usuarios en diversas localidades, que no permite contar con recursos económicos suficientes para la operación de los sistemas.

La eficiencia comercial fluctúa entre 25 y 86%, situación que reduce la capacidad de autosuficiencia de los organismos operadores de sistemas de abastecimiento de agua potable, en lo que se refiere a establecer programas de mantenimiento preventivo, atención oportuna a la detección y reparación de fugas y en su momento a la ampliación del servicio.

En algunas localidades se observan dotaciones altas, comparadas con las normas de Agua Potable, debido a la baja eficiencia del sistema de abastecimiento, pero en algunos casos, que habría que determinar con detalle, a la atención de la demanda industrial y del comercio, sin embargo, es conveniente que se observen porcentajes adecuados de estos, ya que con frecuencia se confunde la prioridad de atención que tiene el uso doméstico sobre el resto de los usos con el uso público urbano, aspecto que aprovechan algunos organismos operadores para obtener mayores volúmenes de asignación en zonas con baja o nula disponibilidad, afectando a otros sectores usuarios.

Destacan por sus altas dotaciones las localidades de Metepec (518 lhd), Jerécuaro (521) Tarnadacua (555) y Coroneo (470). Por el nivel estimado de fugas en las redes sobresalen Toluca, Metepec, Moroleón, Uriangato, Yuriria, Acámbaro, Coroneo, Jerécuaro y Tarandacuao con más del 40% de pérdidas.





Fuente.- *Diagnostico de la Región Lerma-Santiago, Comisión Nacional del Agua, 1996; Plan Estatal Hidráulico de Guanajuato 2000-2025, Comisión Estatal de Agua y Saneamiento de Guanajuato, Resultados Preliminares del Censo del Año 2000, INEGI*

Figura 63. Baja Eficiencia en el Aprovechamiento del Agua del sector Público-Urbano.

Los indicadores generales de la Subregión **Bajo Lerma** son: no se autoriza corte de servicio por falta de pago, fugas entre 15 y 40%, tarifas bajas, cartera vencida, baja micro medición. De la información disponible se identificaron a Zamora, Sahuayo y Ciudad Guzmán como localidades con dotaciones superiores a 400 lhd.

### Sequías

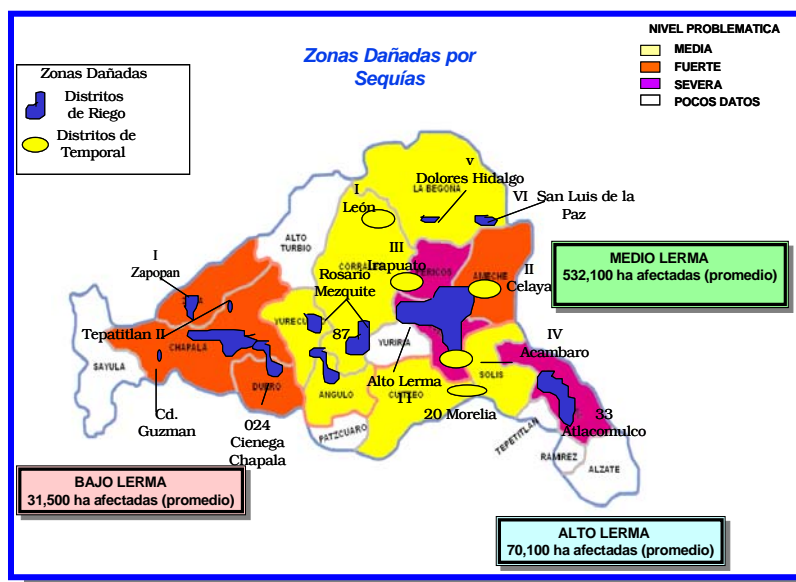
El impacto de las sequías es importante en el sistema Lerma-Chapala, pero lo es más la baja disponibilidad del agua en la mayor parte de la cuenca, ya que este aspecto está presente año con año, sin embargo, es importante conocer los problemas que se presentan con cierta frecuencia. Para ello, en el presente documento se considera como sequía a un periodo continuo de varios años en el que la precipitación anual se encuentra por debajo del 90% de la precipitación media. Los sitios con mayores afectaciones son los siguientes (Fig. 64):

**Alto Lerma.-** El Distrito de Riego 033 Estado de México, en su unidad Atlacomulco, el módulo Acámbaro del Alto Lerma y la unidad Morelia del distrito de riego 020. Del análisis de sequías dentro del periodo 1930-1995, se



determinó un periodo seco de 20 años, y dentro de este un periodo de sequía de 14 años.

**Medio Lerma.-** Las unidades Celaya y Irapuato del distrito Alto Lerma, las zonas de riego de San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo y León y algunas zonas del distrito 087 Rosario Mezquite. Dentro del análisis se determinó un periodo seco de 21 años con sequía de 8 años.



Fuente.- Diagnostico de la Región Lerma-Santiago, Comisión Nacional del Agua, 1996;

Figura 64. Zonas Dañadas por Sequías.

**Alto Lerma.-** La Ciénega de Chapala, y las zonas de riego de Zapopan, Tepatitlán y Ciudad Guzmán. El análisis de la precipitación determinó, para el periodo 1930-1995 un ciclo seco de 21 años, y dentro de este un periodo de sequía de 16 años.

La Zona con mayores afectaciones es el medio Lerma, durante el periodo con datos de 1979 a 1985, con daños que se pueden observar en la siguiente tabla, que van de 200,000 hectáreas hasta más de 600,000 hectáreas en un año.

### Inundaciones (Fig. 65).

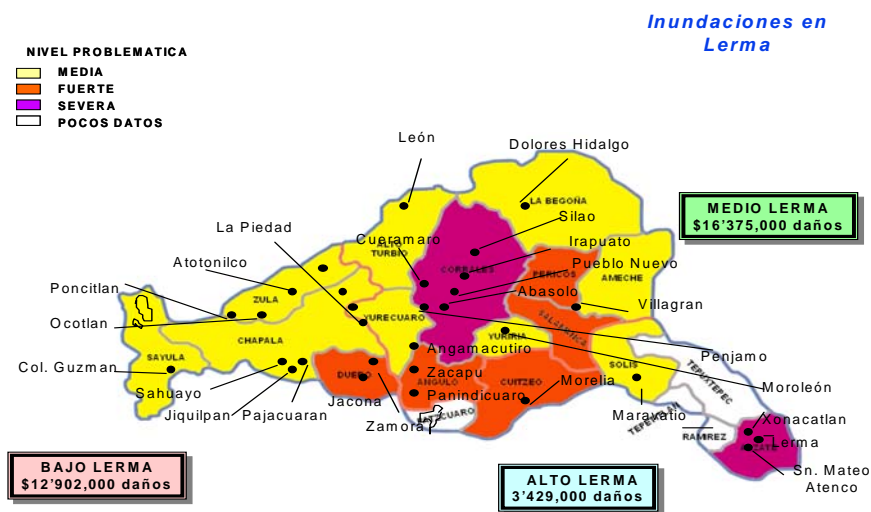
En el periodo de 1955-1979, se observaron los siguientes casos:



Río Lerma, en el tramo delimitado por las presas Tepuxtepec y Solís, se presentaron dos eventos superiores a la capacidad de conducción del cauce principal con una frecuencia de inundaciones de cinco años. En la estación Salamanca se contabilizan seis eventos que superan la capacidad de conducción del cauce dando una frecuencia de inundaciones esperadas de 4.2 años. Donde se ubica la estación de Corrales, se tienen cinco eventos que rebasan la capacidad del cauce con una frecuencia de avenidas de 4.5 años. En la estación hidrométrica Yurécuaro, nueve casos en los que se superó la capacidad del cauce, con una frecuencia de inundaciones de 2.7 años.

Río de La Laja, se presentan seis eventos que superan la capacidad de conducción del cauce, con una frecuencia de inundaciones de 3.6 años.

Río Turbio, siete casos en que se rebasa la capacidad de conducción del cauce con una frecuencia de 3.4 años.



Fuente.- Diagnóstico de la Región Lerma-Santiago, Comisión Nacional del Agua, 1996;

Figura 65. Inundaciones en Lerma.

Otros sitios que históricamente presentan problemas de inundaciones son:

Ciudad de Toluca.- Problemas de inundaciones en la mancha urbana provocadas por la falta de capacidad del río Verdiguél, en su tramo entubado.



Ciudad de Querétaro.- Problemas de inundación en la mancha urbana principalmente en las zonas bajas por la falta de drenaje pluvial, y ante la coincidencia de las crecientes de las corrientes que llegan al río Querétaro a su paso por la ciudad, rebasa su capacidad de conducción de 60 m<sup>3</sup>/s.

Ciudad de León.- Problemas de inundación en la mancha urbana por la falta de red pluvial y cuando se rebasa la capacidad de la infraestructura de control, ubicada aguas arriba de la ciudad.

Ciudad de Celaya.- se tienen problemas de inundación cuando coinciden las crecientes del río Lerma y del río de La Laja, al no permitir libremente la entrada de las crecientes de este último.

Ciudad de Salvatierra.- Problemas de inundación en la mancha urbana cuando el río Lerma conduce fuertes crecientes.

Ciudad de Irapuato.- Problemas de inundación en la mancha urbana ante las crecientes de los formadores del río Guanajuato, principalmente cuando son rebasadas las capacidades de la infraestructura de control ubicada aguas arriba.

Pueblo Nuevo y Pastor Ortiz.- Inundación en estos valles al presentarse fuertes crecientes en el río Lerma que no permiten la incorporación libre de los ríos Guanajuato y Turbio.

Río Turbio, a la altura de Manuel Doblado.- Se presentan inundaciones ante las crecientes generadas en la parte alta de la cuenca del río, las cuales se desbordaron por la baja capacidad hidráulica del cauce principal.

Sin embargo, la infraestructura y el nivel actual de aprovechamiento reducen sustancialmente el impacto de las lluvias, por lo que es conveniente efectuar una revisión caso por caso y realizar las acciones necesarias según la situación actual de cada sitio.

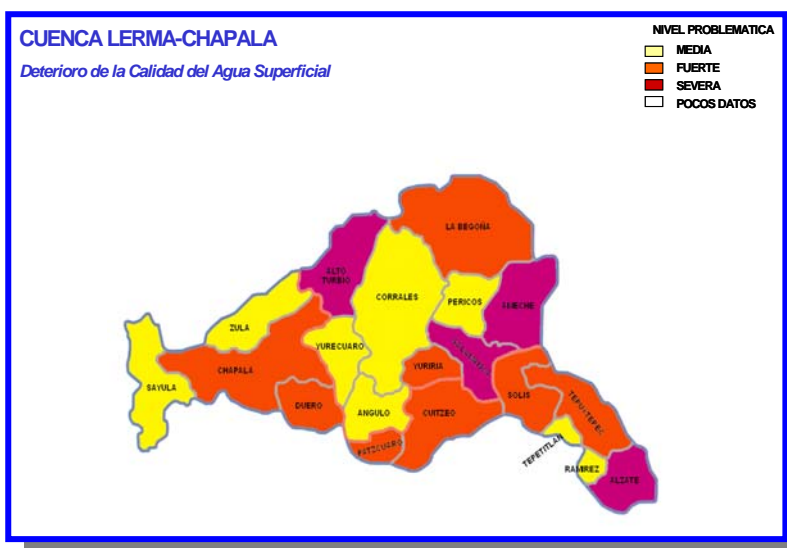
### **Deterioro de la calidad del Agua Superficial**

En el **Alto Lerma**, existe un gran deterioro de los cuerpos de agua como los ríos Lerma y Grande de Morelia y lagos de Pátzcuaro y Cuitzeo (Fig. 66). El promedio del ICA para el río Lerma entre Almoloya del Río y la presa Solís fue 45 entre 1985 y 1995. De acuerdo a estos valores el agua se clasifica como: contaminada para uso agrícola. Con esto se limita la capacidad de auto depuración de los ríos y lagos y se afecta la calidad del agua para usos como el acuícola y el agrícola. Otro problema que afecta a los embalses es la



deforestación de la cuenca (por ello el lago de Pátzcuaro presenta gran asolvamiento). Además, ha disminuido la producción agrícola y han desaparecido algunas especies piscícolas.

En cuanto a maleza acuática, en la presa Alzate se tiene el 20% de la superficie cubierta, mientras que en el lago de Cuitzeo la infestación de malezas acuáticas ha alcanzado cerca de 12,000 hectáreas, en donde cerca del 51% corresponde a maleza enraizada y sumergida, conocida como "cola de caballo", el 41% de tule y el 8% de lirio acuático.



Fuente.- Diagnostico de la Región Lerma-Santiago, Comisión Nacional del Agua, 1996

Figura 66. Deterioro de la Calidad del Agua Superficial.

En el **Medio Lerma**, el ICA promedio fue de 55, clasificando el agua como levemente contaminada para usarse en riego, en el río Laja el valor promedio del ICA de 1987 a 1995 el ICA promedio fue 45, lo que lo clasifica como contaminado. Se reporta que el ICA del río Querétaro varía entre 36 y 49 (mala calidad). El ICA del río Turbio en 1995 fue de 25, lo que lo clasifica como fuertemente contaminado y como el cuerpo de agua con el más alto grado de contaminación de toda la región. El río Angulo tiene un valor promedio de ICA de 60, por lo que se clasifica como levemente contaminado para su uso en riego agrícola. El río Guanajuato tiene un ICA promedio entre 1985-1995 de 55, por lo que su calidad del agua corresponde a levemente contaminada para un uso agrícola.



La laguna de Yuriria ha reportado infestación de lirio acuático de hasta un 40% de su espejo de agua. Las descargas de las ciudades de Yuriria, Moroleón y Uriangato, junto con los retornos agrícolas de las zonas de riego aledañas a la laguna, son las principales fuentes de nutrientes que contribuyen a la hiperfertilización de la laguna. La presa El Rosario, los canales de riego y drenes presentan un alto grado de infestación de lirio y tule.

El ICA promedio en el **Bajo Lerma** fue de 59, clasificando el agua como levemente contaminada para usarse en riego. Entre 1978 y 1995 el Río Duero tuvo valores de ICA entre 40 y 60. La contaminación es principalmente por descargas municipales, pecuaria y aguas de retorno agrícola. La ciudad de Zamora además de contaminar las aguas del Río Duero, también vierte sus aguas residuales a canales o drenes agrícolas del distrito de riego de Duero. La presa Urepetiro, sobre el río Duero, sus canales de riego y drenes presentan un alto grado de infestación de lirio y tule.

### **Deterioro de la calidad del Agua Subterránea**

La contaminación de las aguas subterráneas reviste gran importancia, debido a que la gran mayoría de las fuentes de abastecimiento de agua potable son de tipo subterráneo. Otro factor importante es el que concierne a la complejidad de los procesos que se llevan a cabo y en los que participan no sólo las propiedades intrínsecas del agua, sino también del medio que las almacena. Se debe señalar también que muchos de estos procesos son prácticamente irreversibles, es decir, una vez que un manto acuífero se ha contaminado su recuperación puede ser sumamente difícil y lenta.

En el **Alto Lerma**, los principales problemas identificados en materia del deterioro del agua subterránea son los siguientes. En el acuífero del valle de Toluca, la zona conurbada de esta ciudad y el corredor industrial Lerma - Toluca representan un alto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, aunque no se han encontrado hasta la fecha evidencias significativas de contaminación. En Cuitzeo se tiene presencia natural de arsénico y boro, afectando principalmente al sector pecuario.

En el **Medio Lerma** los acuíferos de Acámbaro y San Luis de la Paz presentaron en 1994 arsénico y boro en algunos pozos, respectivamente. Los contaminantes son de origen natural. Por el tipo de contaminación, estos pozos dejaron de operar para el abastecimiento de agua a la población. En la zona del Alto Turbio se ha incrementado la concentración de sales, por el aumento de la profundidad de los niveles del agua subterránea, lo cual inhibe la función de minerales como el hierro y el zinc en los cultivos como sorgo, maíz y trigo. El



acuífero se encuentra contaminado hasta una profundidad de 120 m. con cloruro de sodio, proveniente del proceso de curtidos de pieles que es la base para la industria de la piel. También se ha detectado cromo (hexavalente) en el agua de algunas norias cercanas a la industria Química Central, que produce materias para el curtido de pieles. En el **Bajo Lerma** el acuífero de la Ciénega de Chapala presenta algunas zonas con niveles altos de contaminación de origen natural, Tizapán presenta un nivel moderado y el acuífero de La Barca manifiesta contaminación de origen agrícola (pesticidas y fertilizantes) aún no cuantificada.

## Resumen de la Problemática

Otro aspecto que los usuarios consideraron como un problema actual de importancia, es que no se cuenta con información disponible al público en general, o esta es muy difícil de obtener o no se actualiza con la frecuencia debida, por lo que su actuación esperada para atender los problemas de la región no se da por falta de esa desinformación.

En la tabla 66 se resume el tipo de problemática, su calificación en cuanto a magnitud y por cuencas.



**Tabla 66. Problemática de la Región Lerma**

Problemática	ALTO LERMA					MEDIO LERMA										BAJO LERMA				
	1	2	3	4	5	18	19	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	20
<b>Oferta insuficiente de agua superficial</b>	G	G	G	G	G	B	B	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
Sobreexplotación de acuíferos	M			B	B	B	B	G	M	M		M	G		M	M		M		
Baja eficiencia en el uso agrícola	M	M	M	M	G	B	G	M	B	M	G	G	B	M	M	G	M	B	M	B
Baja eficiencia en el uso público-urbano	G						B	B	M	B	B	G	G	G	G		G		M	B
Inundaciones	G				B		M	B	B	M	B	M	B	M	G	B	M	B	B	B
Sequías				G	B		B	B	M	G		G	B	B	B	B	M	M	M	
Deterioro de la calidad del agua superficial	G	B	B	M	M	B	M	M	G	B	M	G	G	B	B	B	M	B	M	B
Deterioro de la calidad del agua subterránea	B						M	G				M	G		M		B		M	

**MAGNITUD DEL PROBLEMA**

	Despreciable
B	Baja
M	Mediana
G	Grande

La problemática de la insuficiencia del agua superficial está referida a los índices de balance que maneja la CNA

**Cuencas**

- |                 |                |            |
|-----------------|----------------|------------|
| 1 <b>ALZATE</b> | 6 BEGOÑA       | 15 DUERO   |
| 2 RAMIREZ       | 7 AMECHE       | 16 ZULA    |
| 3 TEPETITLAN    | 8 PERICOS      | 17 CHAPALA |
| 4 TEPUXTEPEC    | 9 YURIRIA      | 20 SAYULA  |
| 5 SOLIS         | 10 SALAMANCA   |            |
| 18 PATZCUARO    | 11 ALTO TURBIO |            |
| 19 CUITZEO      | 12 ANGULO      |            |
|                 | 13 CORRALES    |            |
|                 | 14 YURECUARO   |            |

**Análisis sintético de la problemática actual**

La problemática relativa a la Oferta Insuficiente del Agua Superficial es la que mayor impacto tiene en al Región, ya que salvo Pátzcuaro y Cuitzeo presenta baja oferta de este recurso en relación con la demanda. Otro aspecto importante se refiere a la Sobreexplotación de los acuíferos, que en algunos casos muestra ya asentamientos del terreno natural y en ocasiones agrietamiento del mismo; en algunos otros se observa contaminación de origen natural, al extraer agua a mayor profundidad y de mayor antigüedad. El tercer aspecto importante en cuanto a la problemática se refiere a la Baja Eficiencia en el uso del agua en el Sector Agrícola, siendo esta además el mayor demandante del recurso y el que emplea el agua con muy baja eficiencia, considerando que esto es un dispendio del líquido. El cuarto problema en el orden de acuerdo al numero de cuencas afectadas y a su nivel de impacto, es el relativo al deterioro de la Calidad del Agua.

Considerando estos principales problemas, atendiendo de manera vigorosa la baja eficiencia en el sector agropecuario se reducen sustancialmente el nivel de las problemáticas primera y segunda. Por otro lado, al resolver el problema del



deterioro de la calidad del agua superficial, se incrementa la disponibilidad del recurso al poder utilizar el agua superficial en distintos usos.

## **Impacto de la problemática en el sector salud**

Las principales enfermedades provocadas por el agua contaminada son del tipo infeccioso intestinal, como el cólera, fiebre tifoidea, amibiasis y shigelosis. Afortunadamente en abril de 1991 se estableció el Programa de Agua Limpia, con el objeto de reducir las enfermedades infeccioso-intestinales con origen en el agua.

Desde su establecimiento, se han realizado importantes acciones que mostraron una disminución de este tipo de padecimientos entre 1990 y 1993, de esta forma se observó que en lo que se refiere a la amibiasis, por ejemplo, se redujo de 48 muertos en 1990 a 22 en 1993 en la subregión Alto Lerma, de 59 a 31 en la Subregión Medio Lerma y de 21 a 5 en el Bajo Lerma.

Aunque se ha avanzado en la reducción de estas enfermedades en relación con el agua, es importante no abandonar la tarea de desinfección, y sobre todo continuar con los esfuerzos de tratar las aguas residuales y evitar que se rieguen con aguas negras sin tratamiento, cultivos que se acostumbran comer crudos. Así mismo, es importante monitorear la calidad del agua de pozos, sobre todo para consumo humano, con el objeto de detectar contaminación de estos y atender oportunamente este problema.

## **Impacto de la problemática en el sector eléctrico**

En la región se cuenta con la Presa Tepuxtepec, en Michoacán, y las Centrales Termoeléctricas de Salamanca y de Celaya, en Guanajuato, donde se genera la energía eléctrica. Estos sistemas se ven afectados, la primera por la disminución de agua superficial, lo que lleva también a una reducción en la cantidad de energía generada, también la calidad de la misma afecta la producción, al menos en lo que se refiere a los gastos de mantenimiento de los equipos de hidrogenación. Este sector se ve afectado o en su caso afecta al sector agrícola de riego, ya que es necesario que se concilien los periodos de producción.

En lo que se refiere a las termoeléctricas, estas se ubican precisamente sobre los acuíferos que muestran evidencias de asentamientos y agrietamiento del terreno debidos a la sobreexplotación del agua subterránea, adicionalmente, aun cuando los pozos de estas termoeléctricas son profundos y aparentemente explotan un acuífero de mayor profundidad, ocasionan también una disminución



de la disponibilidad del acuífero, y por lo tanto agravan la situación de sobreexplotación. En el caso de Salamanca, y dentro del Acuerdo de Coordinación de la Cuenca Lerma-Chapala, se utiliza agua residual tratada, proveniente de las descargas de aguas residuales de la Ciudad, en los procesos de la planta, con lo que se ha liberado una parte del volumen que se extraía del acuífero.

## Región Santiago

### DEFINICIÓN DE LA PROBLEMÁTICA ACTUAL

La región Santiago se divide en dos subregiones de planeación: Alto Santiago, delimitada por el inicio del río en la presa Poncitlán y la presa Santa Rosa; y Bajo Santiago, definida como la superficie delimitada por la presa Santa Rosa hasta la desembocadura en el mar (Fig. 67). Para facilitar la comprensión de la problemática y hacer un análisis más preciso, se tomó en cuenta una discretización a nivel subcuenca. En el Alto Santiago: Niágara (21), Paso del Sabino (22), San Gaspar (23) y La Cuña (24), todas en la cuenca del río Verde-Grande; Juchipila (25) en la cuenca de este río, y Santa Rosa (26); y en el Bajo Santiago: Bolaños (27), El Caimán (28), Carrizal (29), Capomal (30) y Desembocadura (31).

El escurrimiento medio anual generado en la región Santiago es de 7,910 millones de  $m^3$  el cual, aunado a los volúmenes transferidos desde el lago de Chapala (507 millones) y los retornos del sistema (335.7 millones), representa una disponibilidad de 8753.2 millones de  $m^3/año$ . Del total acumulado por cuenca propia, el 37.8% se genera en el Alto Santiago (2990.0 millones) y el 62.2% restante en el Bajo Santiago (4920.5 millones). La tabla 67 presenta la cuantificación de volúmenes superficiales de la región Santiago, expresados por subregión de planeación ( $C_p$  se refiere al escurrimiento de cuencas e  $Im$  a transferencias).

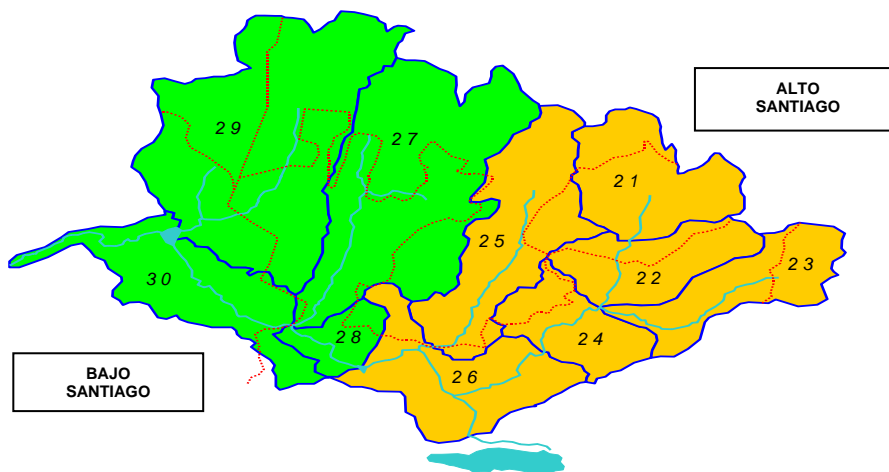


Figura 67. Subregiones del: Alto Santiago (subcuenas 21 a 26) y Bajo Santiago (27 a 31)

**Tabla 67. Disponibilidad superficial media en la región Santiago (millones m<sup>3</sup>/año)**

Subregión	Cp	Entrada	Im	Retornos	OFERTA
Alto Santiago	2990.0	–	507.0	295.9	3792.9
Bajo Santiago	4920.5	3793.0	0.0	39.7	8753.2
<b>SANTIAGO</b>	<b>7910.5</b>		<b>507.0</b>	<b>335.6</b>	<b>8753.1</b>

La escasez de agua, en áreas como Aguascalientes y Zacatecas, ha propiciado la sobreexplotación de acuíferos. El suministro a grandes zonas urbanas, como Guadalajara, obliga a considerar posibles transferencias de cuencas vecinas, como la del río Verde y a mejorar el aprovechamiento de los volúmenes que se traen desde el lago de Chapala. Por otro lado, la extracción en acuíferos del Alto Santiago excede en 66 millones de m<sup>3</sup> a los volúmenes de recarga (Tabla 68). El problema está localizado en las siguientes tres zonas acuíferas: estado de Aguascalientes, con un balance negativo de más de 250 millones de m<sup>3</sup>/año, en los acuíferos de Aguascalientes, Chicalote, El Llano, Venadero y Calvillo; estado de Zacatecas, donde el acuífero Ojo Caliente está sobreexplotado con 36.5 millones de m<sup>3</sup> anuales; y los acuíferos que subyacen a la ZMG, Atemajac y Toluquilla, con una sobreexplotación conjunta de 3.0 millones de m<sup>3</sup>/año.



**Tabla 68. Balance vertical de aguas subterráneas de la Región Santiago**

Subregión	Superf. acuífera (km <sup>2</sup> )	Volumen (M(m <sup>3</sup> ))			Uso (M(m <sup>3</sup> ))			
		Recarga	Extracción	Oferta	Agrícola	Pub-urbano	Industrial	TOTAL
Alto Santiago	14,868.14	1,073.74	1,139.56	-65.82	762.86	293.24	83.46	1,139.56
Bajo Santiago	5,185.15	241.86	130.44	111.42	65.32	59.05	6.08	130.45
<b>SANTIAGO</b>	<b>20,053.29</b>	<b>1,315.60</b>	<b>1,270.00</b>	<b>45.60</b>	<b>828.18</b>	<b>352.29</b>	<b>89.54</b>	<b>1,270.01</b>

La situación más crítica es en Aguascalientes, ya que todos sus acuíferos están sobreexplotados, al grado que la extracción excede a la recarga en 85%, comprometiendo la sustentabilidad del desarrollo económico estatal. Las manifestaciones de este problema se dan en forma de abatimiento sostenido de los niveles estáticos, por ejemplo: 2.0 m en el acuífero de Aguascalientes (y conos de hasta 3 m), 1.5 m en Calvillo, 1.16 m en Chicalote, 0.9 m en el Llano y 0.5 en valle de Venadero (Fig. 68).

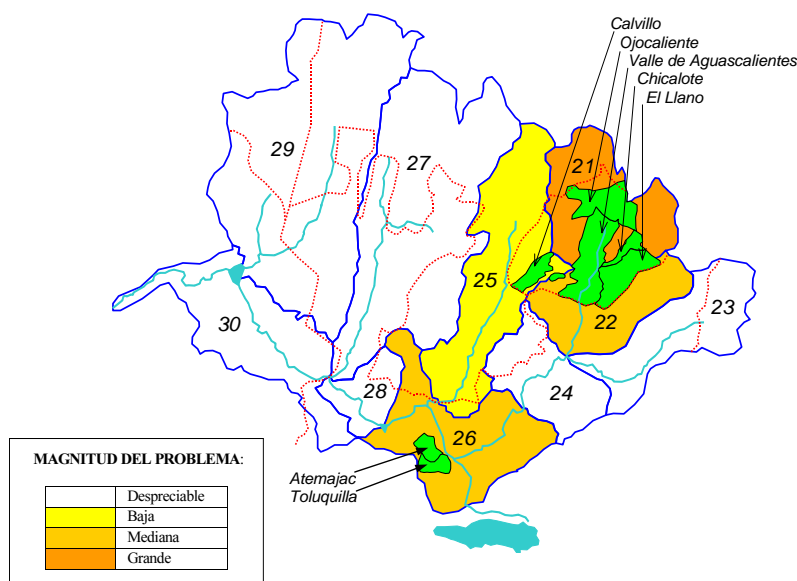


Figura 68. Disponibilidad del agua subterránea en la región del río Santiago. Se indican los acuíferos sobre-explotados y las cuencas con mayor problema.

En la región Santiago, la eficiencia de conducción por gravedad para el riego agrícola es de 60%, inferior aún a la de los distritos de riego de la región Lerma. Con respecto a la aplicación del agua a nivel parcelario, la eficiencia varía de acuerdo con el sistema utilizado –métodos tradicionales o tecnificados– en



alguna de sus variantes. Esto da como resultado que la eficiencia global del riego sea, en la mayoría de los casos, menor al 50%.

Por otro lado, la demanda actual del sector agrícola está representada por los volúmenes de agua superficial de los distritos de riego, la pequeña irrigación así como las unidades que se abastecen mediante pozos de bombeo. La tabla 69 expresa en forma sintética tales volúmenes, distribuidos por cada una de las subregiones del Santiago. Eliminando el uso para generación hidroeléctrica, la agricultura de riego consume 71% del total en la región, con un volumen anual cercano a 1108 millones de m<sup>3</sup> de agua superficial (55.1%) y 903 millones de subterránea (44.9%). Aplicando a este volumen una eficiencia global promedio de 55%, se tiene que las pérdidas son alrededor de 900 millones de m<sup>3</sup>/año. La figura 69 expresa de manera sintética el nivel de esta problemática.

**Tabla 69. Demanda actual para uso agrícola en la Región Santiago**

Subregión	Distritos De riego	Pequeña Irrigación	Agua subterránea	TOTAL
Alto Santiago	229	554	838	1621
Bajo Santiago	48	277	65	390
<b>SANTIAGO</b>	<b>277</b>	<b>831</b>	<b>903</b>	<b>2011</b>

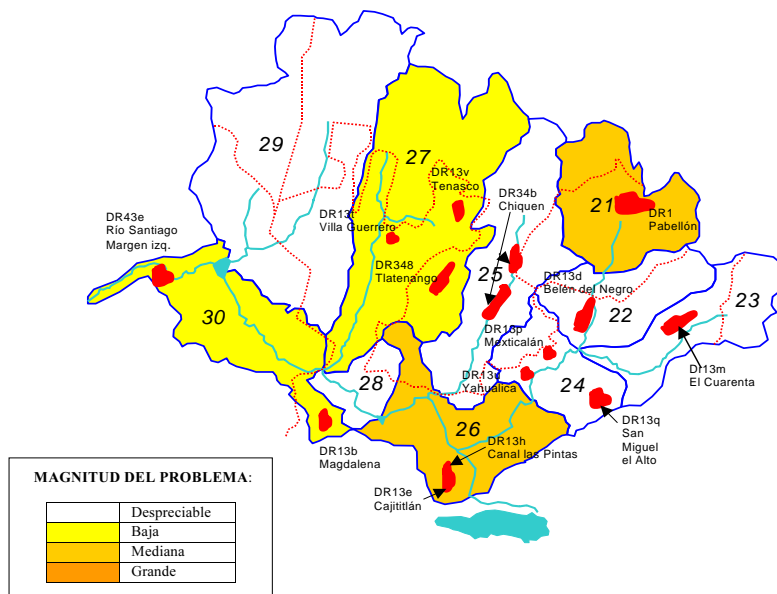


Figura 69. Zonas de aprovechamiento agrícola. Calificación de la problemática de disponibilidad y baja eficiencia en los distritos de riego por cuenca.



La tabla 70 presenta el volumen extraído actualmente de fuentes superficiales y subterráneas para abastecer los centros de población en la región del Santiago. Los valores están diferenciados por subregión, tanto para el medio urbano como el rural. Las dotaciones actuales obtuvieron con base en los resultados del Diagnóstico de la Región Lerma-Santiago, adoptándose el valor medio a nivel de subregión. El nivel de servicio se determinó de acuerdo con el censo 1995 de INEGI, aplicado a la población del censo 2000. Los volúmenes reportados incluyen las importaciones provenientes del Lago de Chapala para la ZMG.

Uno de los problemas más evidentes del sector público-urbano es la magnitud de las pérdidas en los sistemas de agua potable. Simplemente, elevando la eficiencia actual de 60% a un nivel de 73%, se tendría capacidad para dotar de agua a los más de 550,000 habitantes que aún no cuentan con el servicio, haciendo factible además incrementar el volumen actual de extracción hasta en 20%. Expresado como volumen, las pérdidas físicas representan un total de 242 millones de m<sup>3</sup>/año, de los cuales 67% corresponden a la ZMG.

**Tabla 70. Extracción y demanda actual de agua para la población  
Región Santiago**

Subregión	Tipo	Volumen M(m <sup>3</sup> )/año
Alto Santiago	Urbana	529.94
	Rural	19.11
Bajo Santiago	Urbana	48.77
	Rural	7.43
SANTIAGO	Urbana	578.71
	Rural	26.55

Otro problema observado en la región Santiago se refiere a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Inmediatamente aguas abajo de su origen, en el Lago de Chapala, el río Santiago muestra signos de contaminación producto de las descargas de agua residual, tratada y cruda de la ciudad de Ocotlán, así como de los vertidos importantes de empresas alimenticias y petroquímicas. A partir de la confluencia con el arroyo de El Ahogado se acentúa el deterioro en la calidad del agua, ya que esta corriente drena las aguas negras municipales de la zona sur de Guadalajara y de numerosas empresas industriales del sector alimenticio, químico y metal-mecánico, que conforman la zona industrial del Periférico Sur y El Salto. Contribuye tal situación el escaso caudal que conduce el río durante gran parte del año, por lo que su capacidad de autopurificación es muy limitada. Aguas abajo, el río recibe más de 650,000 m<sup>3</sup>/día de aguas residuales crudas procedentes de la ZMG.



El río Verde presenta condiciones regulares de calidad en su parte alta (índices ICA de 72 y 69) debido principalmente a las descargas de Aguascalientes, Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos y Nochistlán. Antes de la confluencia con el río Lagos (cuenca San Gaspar, 24), el Verde logra mejorar muy poco su calidad (ICA de 47.15), aunque observa un deterioro posterior (con valores cercanos a 41), prácticamente en todo su recorrido por la cuenca denominada La Cuña (24). En la zona de estos cauces, además, se presenta una alta concentración de oxígeno disuelto y baja concentración de materia orgánica, menor a 5 mg/l de DBO. Después de la confluencia con el río Verde, el Santiago mejora ligeramente su calidad, sobre todo a partir de la presa Santa Rosa, a costa de que este embalse se encuentre infestado de lirio y funcione prácticamente como laguna de estabilización. Después de Santa Rosa, el río Santiago recupera su calidad, afectada ligeramente por las descargas de industrias tequileras, la descarga municipal de Tepic, ingenios y aguas de retorno agrícola. Sin embargo, los aportes de agua de los ríos Bolaños y Huaynamota, que drenan amplias zonas de baja actividad económica, contribuyen a restablecer la calidad del agua, a lo cual se suman el tiempo de retención y depuración natural de la presa Aguamilpa.

La tabla 71 presenta un resumen sobre el nivel de saneamiento que existe en la región del río Santiago, en función del número de plantas de tratamiento totales y el número de habitantes beneficiados, según el inventario nacional disponible (CNA, Gerencia Regional Lerma– Santiago–Pacífico). Con respecto a los residuos industriales, se tienen reportadas 3,073 conexiones de este sector, ubicadas principalmente en las ciudades de Guadalajara, Lagos de Moreno, Aguascalientes y Zacatecas. Los giros predominantes de las industrias son: textil, alimentos, química, manufactura y metal–mecánica. Finalmente, el mapa de la figura 70 expresa las condiciones de calidad del agua superficial en la región del río Santiago

**Tabla 71. Servicio actual de saneamiento en la Región Santiago**

Subregión	Plantas		Gasto (L/s)		Población n	Población beneficiada		
	Tot	Op.	Diseño	Oper.		Urbana	Rural	TOTAL
Alto Santiago	124	98	3240.2	2202.4	863,157	713,742	42,607	756,349
Bajo Santiago	22	13	829.4	690.5	388,858	356,854	6,337	363,191
SANTIAGO	146	111	4069.6	2892.9	1'252,015	1'070,596	48,944	1'119,540

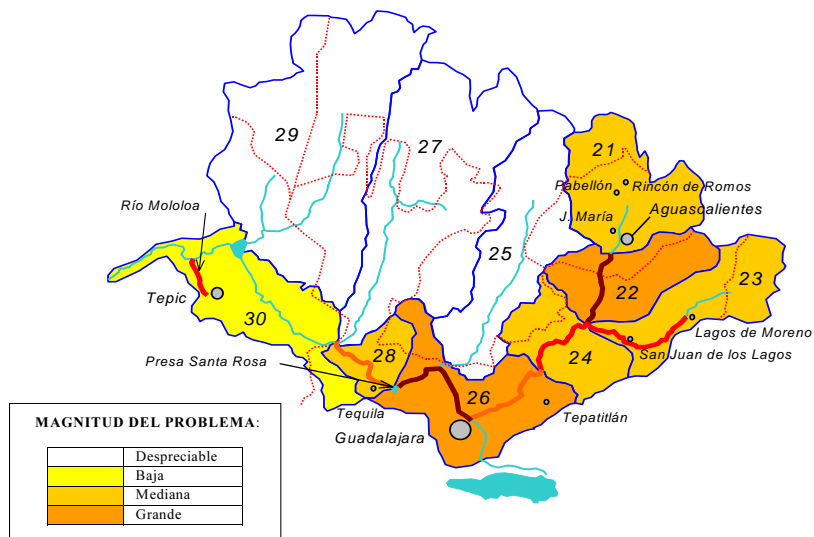


Figura 70. Calidad de las aguas superficiales en la región del río Santiago. Calificación de la problemática y señalamiento de los ríos más contaminados.

Por cuanto hace al agua subterránea, en la región también se detectan algunos problemas de contaminación. En el acuífero de Atemajac existe contaminación por hidrocarburos (estaciones de ferrocarril y almacenamiento de Petróleos Mexicanos). Los acuíferos de Toluquilla, Poncitlán y Ocotlán reportan concentraciones de nitratos por arriba de lo normal. En la región se identifican algunos acuíferos que presentan concentraciones elevadas de sólidos disueltos totales, entre los que destacan Toluquilla, Amatitán-Arenal, Chicalote y Aguascalientes. Otro problema significativo en el acuífero del valle de Aguascalientes, es la presencia de concentraciones altas de flúor por arriba de los límites que establecen las normas de calidad. La figura 71 resume el problema de calidad del agua subterránea en la región Santiago:

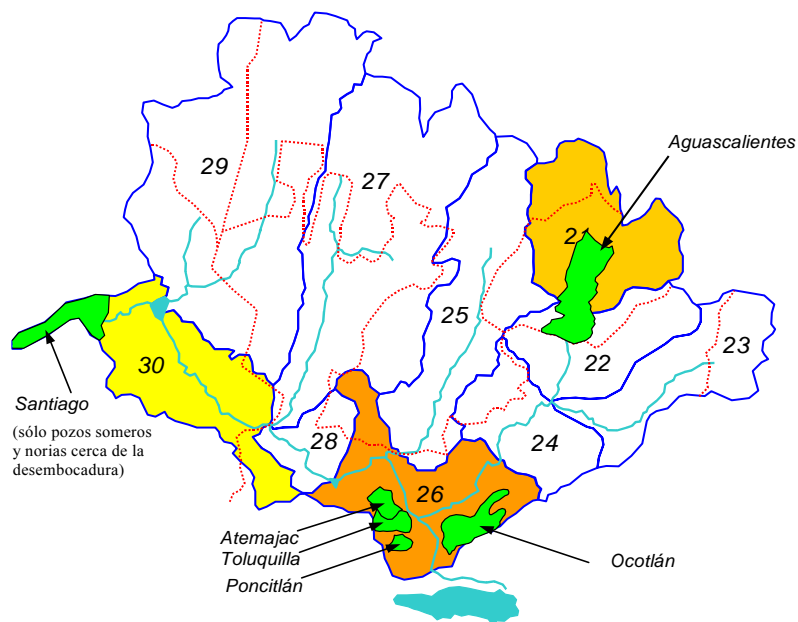


Figura 71. Calidad de las aguas subterráneas en la región del río Santiago. Calificación de la problemática y señalamiento de acuíferos contaminados.

Desde que entró en operación Aguamilpa, el problema de las inundaciones del Bajo Santiago ha quedado prácticamente bajo control. El problema de inundaciones en la región más bien se restringe a zonas urbanas y a distritos de riego ubicados en terrenos de muy baja pendiente, particularmente cuando ocurren eventos estacionales por lluvias de origen ciclónico. Como era de esperarse, tales inundaciones son más significativas en el área de las ciudades principales y sus alrededores: Aguascalientes (subcuenca 21), Guadalajara (26) y Tepic (30).

De acuerdo con la problemática descrita, puede hacerse una clasificación de la misma por cuanto hace a dos de sus principales características tabla 72: cantidad (I, grado de disponibilidad) y calidad (II, nivel de contaminación). El grupo de problemas inherente a cada característica, puede a su vez agruparse según la fuente u origen del recurso: superficial (Sp) y subterráneo (Sb). Dentro de cada grupo se tendrán luego diversidad de problemas particulares relacionados: con la propia disponibilidad (D), con la infraestructura hidráulica (I) y con la planeación, operación y control (P, llamados también problemas no



estructurales). Por otro lado, las cuencas están expuestas a problemas relacionados con eventos extremos, como el caso de las sequías e inundaciones (III), así como a otros de tipo no estructural tales como la conservación de cuencas (IV) y el fortalecimiento de los llamados consejos de cuenca (V).



**Tabla 72. Problemática del agua por cuenca. Región del río santiago**

Cve	Fuente	Abrev	Problemática	ALTO SANTIAGO				BAJO SANTIAGO					
				Río Verde				J	SR	Bolaños		H	C-D
				21	22	23	24	25	26	27	28	29	30-1
I	Sp	D	Baja disponibilidad y eficiencia en agua para riego	M				B	M	B			B
		I	Falta de servicios de agua potable							B		B	M
			Mediciones hidrométricas y climatológicas deficientes							B	B	B	B
	Sb	D	Sobreexplotación de acuíferos	G	M			B	M				
		P	Baja eficiencia de organismos operadores	M		M			M				M
II	Sp	D	Contaminación por aguas residuales	M	G	M	M		G		M		B
			Malezas acuáticas en embalses						M		M		M
			Salinidad en aguas para riego										
		I	Falta de servicios de alcantarillado y tratamiento	B		B				B		B	M
	P	Baja eficiencia operativa de plantas de tratamiento	M		M			M					M
	Sb	N	Contaminación de acuíferos (natural)	B					B				
P		Contaminación de acuíferos (antropogénica)	M					G					
III	Sp	N	Inundaciones	B		B			B				B
IV		P	Manejo de cuencas hidrográficas (conservación)	M	M			B	M				B
V		P	Fortalecimiento de consejos de cuenca	M	B	B		B	M				M

**MAGNITUD DEL PROBLEMA:**

	Despreciable
B	Baja
M	Mediana
G	Grande

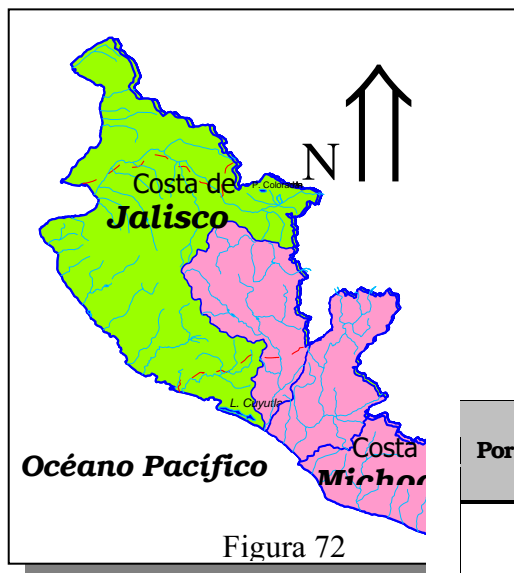
**CUENCAS:**

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| (21) Niágara         | (27) Bolaños       |
| (22) Paso del Sabino | (28) El Caimán     |
| (23) San Gaspar      | (29) Carrizal      |
| (24) La Cuña         | (30) Capomal       |
| (25) Juchipila       | (31) Desembocadura |
| (26) Santa Rosa      |                    |



### Región Pacífico (Fig. 72)

Los principales aspectos de la problemática referente al agua en la región, se relacionan con la carencia de infraestructura hidráulica, la contaminación de las aguas superficiales, así como con los aspectos legales y administrativos que norman la gestión y el aprovechamiento del mismo.



En la tabla 72, se muestra la clasificación de la problemática de la región.

- V** Cantidad de recurso
- C** Calidad del recurso
- Sp** Superficial
- Sb** Subterráneo

Por	Fuente	Clave	Problemática
V	Sp	D	Desbalance entre escurrimiento y demanda
			Baja disponibilidad y eficiencia en agua para riego
		I	Falta de infraestructura hidráulica
		N	Inundaciones
	P	Problemas de planeación y operativos	
	Sb	D	Sobreexplotación de acuíferos
P		Baja eficiencia de organismos operadores	
C	Sp	D	Contaminación por aguas residuales domésticas
			Contaminación por aguas residuales industriales
			Contaminación por agroquímicos
			Contaminación por actividades pecuarias
			Maleza acuática
	I	Falta de infraestructura de saneamiento	
	P	Baja eficiencia de organismos operadores	
		Plantas de tratamiento fuera de operación	
	Pago operativo elevado		
Sb	N	Contaminación de acuíferos (natural)	



## Sector Hidro-agrícola

La problemática en este sector tiene que ver con las láminas medias aplicadas en la Costa de Jalisco, ya que son las más altas de la región, del orden de 240 cm/año (Fig. 73)

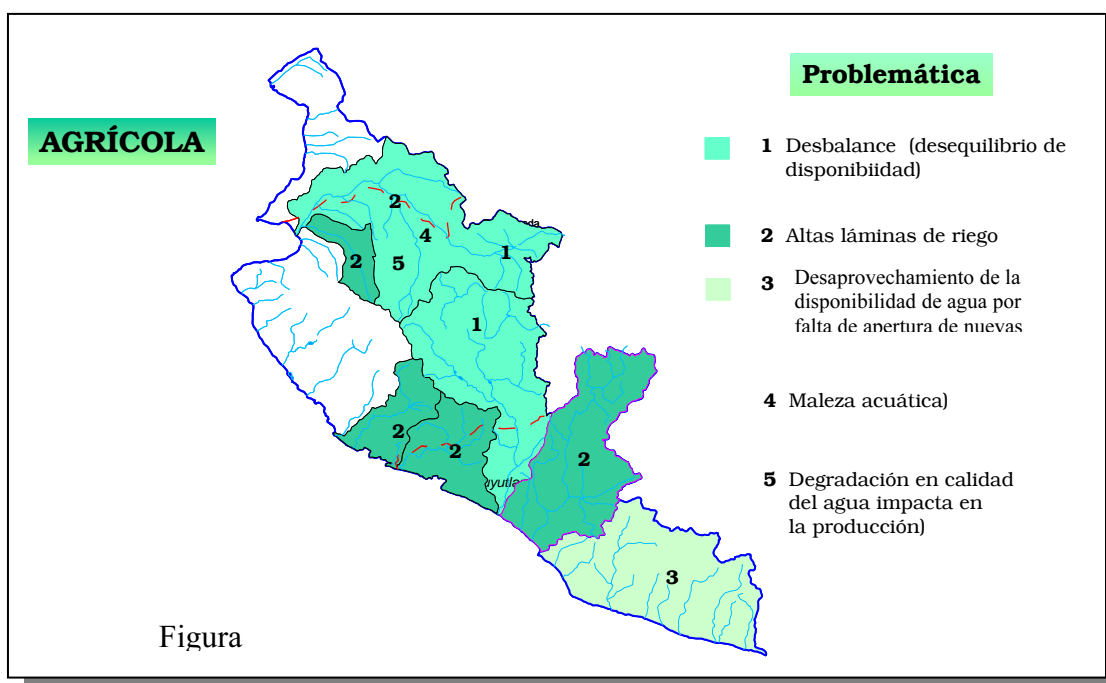


Figura 73. Problemática Hidro-agrícola de la Región Pacífico.

## Abastecimiento a la población

El nivel de servicio de agua potable en las zonas urbanas, rebasa 92% y en las zonas rurales el 70%, con excepción de la cuenca de Tomatlán que alcanza tan sólo el 59% (INEGI: *Conteo de Población y vivienda, 1995*).

## Sistema Hidrológico de la Región

La Costa de Jalisco es la que tiene un mayor número de estaciones hidrométricas localizadas en los diferentes ríos que la conforman.

Las cuencas Huicicila (norte y sur) y Ameca presentan insuficiente número de estaciones hidrométricas. Por otro lado, en la cuenca Costa de Michoacán no existen estaciones hidrométricas. En general, existe insuficiencia tanto en la red de monitoreo como en la red de estaciones climatológicas en toda la región Pacífico.



## Calidad del agua

En la figura 74 se observa la problemática de calidad del agua detectada en la región bajo estudio.

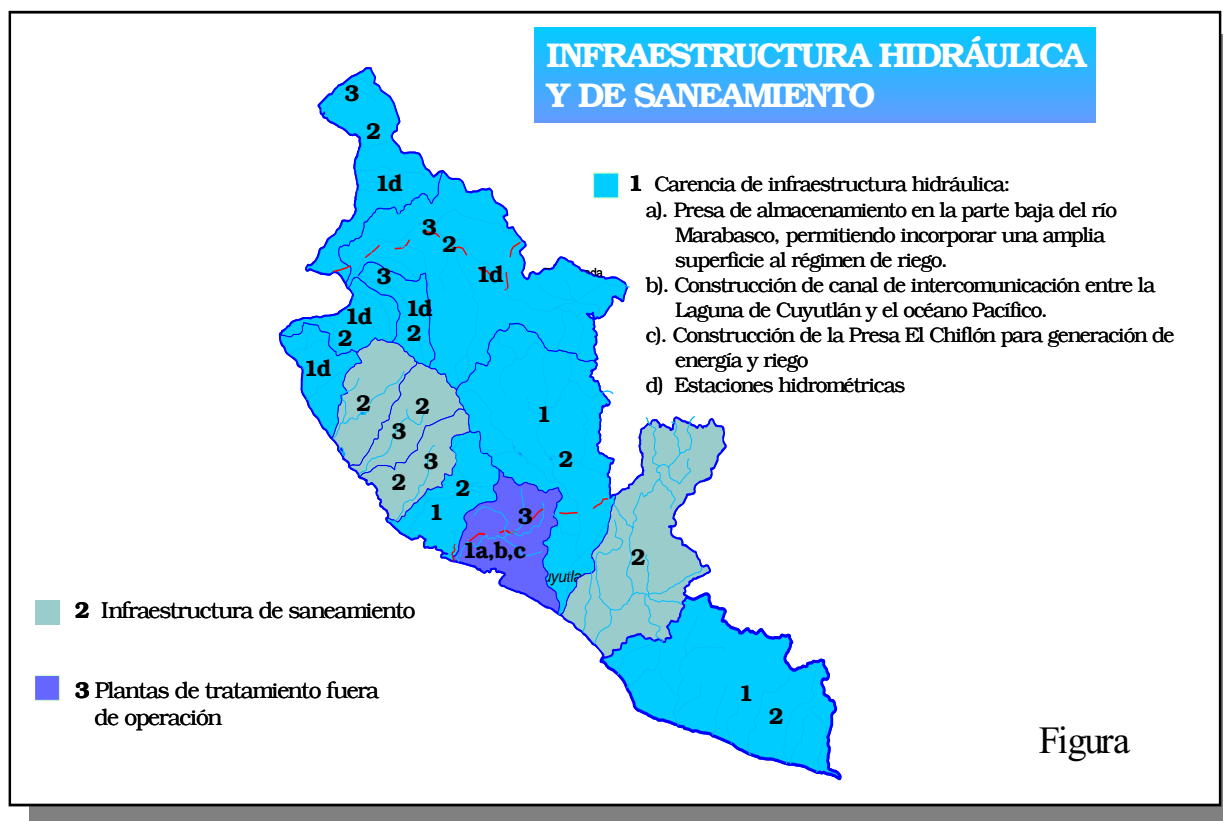


Figura 74. Contaminación superficial y subterránea de la Región Centro Occidente.

## Aguas residuales municipales

La generación de agua residual municipal en la Costa de Jalisco es de 2,198 l/s para la zona urbana y 315 l/s para la zona rural; para la Costa de Michoacán dicha generación es de 1796 l/s para la zona urbana y de 246 l/s para la zona rural.

En la figura 75 se observa la problemática relativa a este uso del recurso hídrico.



Figura

Figura 75. Problemática de la infraestructura hidráulica y de saneamiento.

### Aguas residuales industriales

La cuenca Armería–Coahuayana, que forma parte de la subregión de planeación Costa de Michoacán, está clasificada como la octava más contaminada en el país, por la masa de DBO de origen industrial que recibe. Esta situación resulta de la actividad de transformación de productos del sector primario, en particular por la presencia de cuatro ingenios en: Tamazula, Quesería, Autlán y Tecalitlán, así como de la planta productora de celulosa y papel en Atenquique, Jalisco. Además los ríos Purificación y Salado, afluente del río Ameca, son cuerpos receptores de las descargas de los ingenios azucareros ubicados en Casimiro Castillo, Ameca y Tala (Fig. 76).

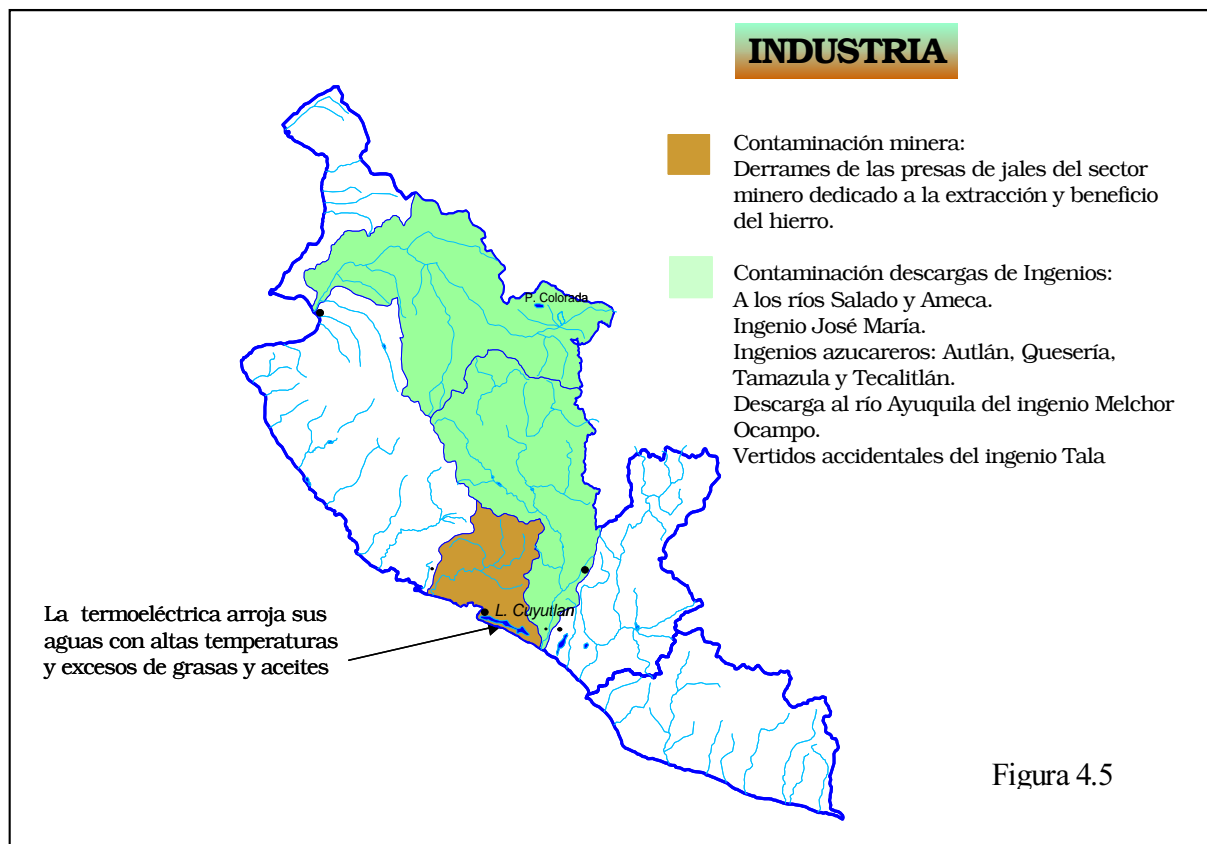


Figura 76. Problemática de las Aguas industriales de la Región Pacífico.

### Malezas Acuáticas

Como resultado de la insuficiente infraestructura de tratamiento de agua residual municipal e industrial en la Costa de Jalisco, aunado a las corrientes de retorno agrícola, la mayoría de los embalses naturales y presas muestran infestación por lirio acuático. En las presas de Tacotán y Trigomil se ha aplicado con éxito el control químico de malezas.

### Eventos extremos

En la región Pacífico es frecuente el fenómeno de las inundaciones (Fig. 77), que ocasionan situaciones de desastre en las comunidades. Tal es el caso de Coahuayana, Puerto Vallarta, Cihuatlán, Melaque, Tecomán, Boca de Apiza y Abelardo R. Rodríguez; así como en las ciudades de Colima y Manzanillo.



Figura 77. Inundaciones en la Región Pacífico.

Finalmente, en la tabla 73 se observa la problemática de la Región Pacífico por cuenca hidrológica.



**Tabla 73. Problemática de la Región Pacífico**

Por	F	Clave	Problemática	COSTA JALISCO								C.M.					
				H		A		Costa Jalisco				AC					
				32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
V	Sp	D	Desbalance entre escurrimiento y demanda			X							X			2	
			Altas Láminas de riego			X	X					X	X	X	X		6
		I	Falta de infraestructura hidráulica	X	X	X	X	X				X		X		X	8
		N	Inundaciones		X		X	X					X	X	X		6
		P	Problemas de planeación y operativos						X	X	X	X		X	X		6
	Sb	D	Sobreexplotación de acuíferos									X					1
		P	Baja eficiencia de organismos operadores						X	X	X	X					4
	C	Sp	D	Contaminación por aguas residuales domésticas	X	X	X	X						X			6
Contaminación por aguas residuales industriales						X	X					X			X		4
			Contaminación por agroquímicos	X											X		2
			Maleza acuática			X											1
I		Falta de infraestructura de saneamiento y baja efic.	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	11	
P		Plantas de tratamiento fuera de operación	X		X	X			X	X		X					6
Sb		N	Contaminación de acuíferos (natural)	X													1
				6	4	8	7	3	3	4	4	8	3	6	6	2	

La problemática señalada en la tabla anterior, se agrupó en los siguientes cinco grandes rubros:

- Desequilibrio en el sistema hidrológico de la cuenca.
- Baja calidad del agua en el sistema hidrológico de la cuenca.
- Daños provocados por eventos extremos.
- Manejo no conservativo de cuencas.
- Desorganización entre usuarios de la cuenca.

En la tabla 74, se agrupa la problemática detectada en la región de acuerdo con los cinco rubros indicados anteriormente.



**Tabla 74. Problemática de la región agrupada por rubro**

PROBLEMÁTICA PRINCIPAL	PROBLEMÁTICA DETECTADA EN LAS REUNIONES CON USUARIOS
<b>Desequilibrio en el sistema hidrológico de la cuenca</b>	Falta de macromedición en los sistemas de abastecimiento de agua potable
	Baja eficiencia en las redes de distribución de agua potable
	Pérdidas por fugas, en la conducción de agua potable en zona conurbada de Manzanillo.
	Problema de desabasto de agua potable en Manzanillo y Colima.
	Tarifas de agua potable muy por abajo del costo real en las ciudades de Colima y Manzanillo.
	Carencia de programas de mantenimiento de las redes de agua potable en Colima y Manzanillo.
	Baja disponibilidad del recurso en zonas agrícolas, principalmente de frutales, en época de estiaje.
	Fugas de agua en los canales de conducción en zonas agrícolas.
	Baja eficiencia en el aprovechamiento de agua en la zona de la cuenca del río Armería
	Falta de infraestructura hidráulica (obras de cabeza) y de tecnificación del riego en la cuenca del río Ameca.
<b>Baja calidad del agua en el sistema hidrológico de la cuenca</b>	La descarga del Ingenio Melchor Ocampo aún no cumple por completo con la norma para DBO (norma ECOL-001/96).
	Insuficiente red de alcantarillado en las ciudades de Manzanillo y Colima
	Falta de plantas de tratamiento, en Colima-Tecomán, Comala.
	Contaminación en las lagunas de Ameca y Alcutahue por agroquímicos.
	Contaminación en esteros y lagunas por residuos de la industria del limón.
	Contaminación de los ríos Ayuquila y Armería por desechos sólidos domésticos.
<b>Daños provocados por eventos extremos</b>	Inundaciones de las ciudades de Colima y Manzanillo.
<b>Manejo no conservativo de cuencas</b>	Inundaciones en las partes bajas de los ríos.
<b>Manejo no conservativo de cuencas</b>	No existen políticas de conservación de las cuencas Armería y Coahuayana.
<b>Desorganización entre usuarios de la cuenca</b>	No existe consejo de cuenca en toda la región.
	Falta inculcar la cultura del agua entre la población de Colima y Manzanillo.
	Falta una buena cultura del agua, para evitar tirar basura en alcantarillas.



Región Centro Occidente

PROGRAMA DE DESARROLLO

AGUASCALIENTES · COLIMA · GUANAJUATO · JALISCO · MICHOACAN  
· NAYARIT · QUERETARO · SAN LUIS POTOSI · ZACATECAS

---

## Región IX Golfo Norte

---

---



## Región IX Golfo Norte



La Región IX Golfo Norte se localiza en la vertiente del Golfo de México, se caracteriza por un relieve que varía desde zonas planas y de lomerío suave en la planicie costera, hasta las serranías de gran altitud y pendiente abrupta de la Sierra Madre Oriental.

Presenta una gran diversidad de flora y fauna y una alta incidencia ciclónica que es causa de severas inundaciones en las partes bajas, esto propicia situaciones de riesgo en poblaciones y daños a las áreas productivas. Abarca una superficie de 127 000 km<sup>2</sup>, que representan 6.5% del territorio nacional y dentro de la Macrorregión Centro-Occidente abarca los estados de San Luis Potosí con 36 municipios, 14 de Querétaro y cinco de Guanajuato. La Región Hidrológica Pánuco

es la que corresponde a la región y dentro de esta se encuentran las cuencas de: río Tamuín, Moctezuma, Pánuco y Tamesí representando el 11.97% de la región (Tabla 75).

La Subregión Pánuco esta conformada por 55 municipios de 3 entidades federativas: 36 de San Luis Potosí, 14 de Querétaro, 5 de Guanajuato, Representan 6.5% del territorio nacional, de los cuales el 22.0% San Luis Potosí, Querétaro el 7.5% y Guanajuato, el 2.1%.

Para efectos de planeación, la Región ha sido dividida en tres Subregiones de Planeación: San Fernando que ocupa el 14% de la superficie hidrológica, Soto la Marina con el 19% y Pánuco que abarca el 67%.

**Tabla 75. Subregión Pánuco, Región IX Golfo Norte**

Subregión	Municipios	Superficie Municipal (Km <sup>2</sup> )	Población (Hab.)	No. de Cuencas	Superficie Hidrológica
<b>Pánuco</b>	137	87 209	4 201 298	5	84 956
	<b>137</b>	<b>87 209</b>	<b>4 201 298</b>	<b>5</b>	<b>84 956</b>

Fuente: Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-20025 de la Región IX, Golfo Norte. CNA, 2000



### Sistema hidrológico

Las características climáticas presentan una gama muy amplia, que va desde clima semicálido con invierno benigno, hasta semicálido-subhúmedo con lluvias en verano. En la cuenca del río Pánuco varía desde semiseco hasta templado subhúmedo con lluvias en verano.

La precipitación media anual es de 851 mm anuales, aunque llega a sobrepasar los 2,000 mm en la zona conocida como la Huasteca. El 70% de la precipitación se concentra en el periodo de junio a octubre y la evaporación potencial es de aproximadamente 1,570 mm al año. El balance superficial se presenta en la tabla 76.

**Tabla 76. Balance aguas superficiales de la Región Golfo Norte**

Subregión	Escurre- miento virgen (hm <sup>3</sup> /año)	Aguas arriba (hm <sup>3</sup> /año)	Retornos (hm <sup>3</sup> /año)	Importación (hm <sup>3</sup> /año)	Usos consuntivos (hm <sup>3</sup> /año)	Evaporación (hm <sup>3</sup> /año)	Exportación (hm <sup>3</sup> /año)
<b>Pánuco</b>	18,129.0	91.0	936.0	0.0	2,820.0	316.0	0.0
L. Madre							
L. Morales- San Andrés							
L. Tamiahua							
<b>Región</b>	<b>18 129.0</b>	<b>91.0</b>	<b>936.0</b>	<b>0.0</b>	<b>2 820.0</b>	<b>316.0</b>	<b>0.0</b>

Fuente: Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025 de la Región IX, Golfo Norte. CNA, 2000

Se tienen identificados 31 acuíferos en la Subregión, los cuales tienen una recarga media anual en conjunto de cerca de 1,135 hm<sup>3</sup>. Localmente existen tres acuíferos sobreexplotados: Huichapan-Tecozautla, Tulancingo y San Juan del Río. En conjunto, de estos tres acuíferos se extrae el 37% del agua subterránea para abastecer a los diferentes sectores usuarios.

### Usos del agua

Para usos consuntivos, se aprovechan 4,236 hm<sup>3</sup>; 433 hm<sup>3</sup> (9.5%) para uso público urbano, 3,459 hm<sup>3</sup> (84%) para el sector agrícola, 332 hm<sup>3</sup> (6.2%) aprovecha la industria en la región y 12 hm<sup>3</sup> (0.2%) más se utilizan para la generación de energía eléctrica en tres plantas termoeléctricas (Tabla 77). Adicionalmente se extraen en para la generación de energía en hidroeléctricas 476 hm<sup>3</sup> de agua. De los 4,236 hm<sup>3</sup> que se extraen para usos consuntivos, 1,144 hm<sup>3</sup> corresponden a aguas subterráneas y 3,092 hm<sup>3</sup> se aprovechan de aguas superficiales.



**Tabla 77. Resumen de usos del agua por Subregión de Planeación (hm<sup>3</sup>)**

Subregión	Agrícola y Pecuario	Público Urbano	Industrial	Termo-eléctrica	Suma
Pánuco	3,459.0	433.0	332.0	12.0	4,236
	<b>3,459.0</b>	<b>433.0</b>	<b>332.0</b>	<b>12.0</b>	<b>4,236</b>

Fuente: Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025 de la Región IX, Golfo Norte. CNA, 2000.

### Coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento

En lo que a cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado se refiere, la Subregión Pánuco acusa fuertes rezagos, sobre todo en ciudades urbanas medias y en las zonas rurales (Tabla 78).

**Tabla 78. Cobertura de servicios en la subregión Pánuco (%)**

Subregión	Agua Potable			Alcantarillado		
	Total %	Urbana %	Rural %	Total %	Urbana %	Rural %
Pánuco	73.79	94.66	56.68	48.93	80.38	23.14
	<b>73.79</b>	<b>94.66</b>	<b>56.68</b>	<b>48.93</b>	<b>80.38</b>	<b>23.14</b>

Fuente: Gerencia de Planeación Hidráulica con información de INEGI.

En la Subregión Panuco se generan anualmente alrededor de 120 hm<sup>3</sup> de aguas residuales municipales, 271 hm<sup>3</sup> de aguas residuales de origen industrial y se producen 246 mil toneladas de contaminantes medidos como carga orgánica (DBO<sub>5</sub>). De esta carga contaminante, solamente se remueve el 9.0%. La capacidad instalada es de 1,018 l.p.s. (Tabla 79), sin embargo el reporte indica que sólo se tratan 485 l.p.s. lo que representa una eficiencia de operación del 46%.

**Tabla 79. Plantas de tratamiento municipales de la subregión Pánuco**

Subregión	Plantas Municipales		
	No. Plantas	Capacidad en lps	
		Instalada	Operada
Pánuco	59	1 018	485
<b>Total</b>	<b>59</b>	<b>1018</b>	<b>485</b>

Fuente: Inventario de Plantas de Tratamiento, Subdirección General de Construcción, CNA 2002.



## Infraestructura hidroagrícola

La superficie disponible para las labores agrícolas de riego en la Subregión Pánuco es de poco más de 171,742 hectáreas. De este total 27,479 hectáreas (16%) se encuentran ociosas y las restantes 144,263 hectáreas corresponden a la superficie regada.

El 29% de la superficie de riego corresponde a 2 Distritos de Riego; el 71% restante pertenece a 1,687 Unidades de Riego (URDERALES). Dentro de las URDERALES el 72% (1,230) son organizadas y el otro 28% (451) son no organizadas.

Los métodos de riego son tradicionales en la mayor parte de la superficie bajo riego y la eficiencia promedio en el uso del agua se estima en 45%.

**Tabla 80. Aspectos climáticos de la Subregión Pánuco**

SUBREGIÓN	PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL(mm/año)	TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°C)	EVAPORACIÓN POTENCIAL MEDIA ANUAL (mm/año)	CLIMA
PÁNUCO	953	22.0	1,300	BS1K, BSh y BS1h en lo que corresponde a la Altiplanicie; ACm, A(w), AC(w), BS1h, en la zona media y CW, A(w), Acf, BS1K, BSh y ACm en la zona huasteca
REGIÓN	851			

FUENTE: SUBGERENCIA TÉCNICA, GERENCIA REGIONAL GOLFO NORTE

Figura 78. Climas de la Región Golfo Norte





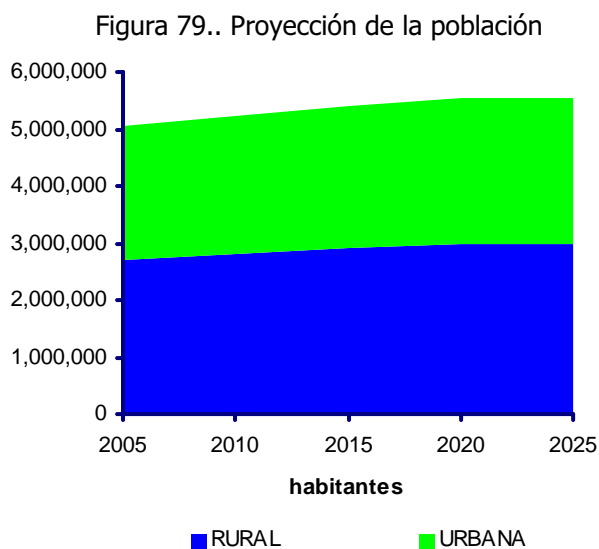
**Tabla 83. Balance de aguas superficiales de la Subregión Pánuco**

SUBREGIÓN	ESC. VIRGEN (hm <sup>3</sup> /año)	AGUAS ARRIBA (hm <sup>3</sup> /año)	RETORNOS (hm <sup>3</sup> /año)	IMPORT. (hm <sup>3</sup> /año)	USOS CONS. (hm <sup>3</sup> /año)	EVAPORACIÓN (hm <sup>3</sup> /año)	EXPORT. (hm <sup>3</sup> /año)
PÁNUCO	18,129.0	91.0	936.0	0.0	2,820.0	316.0	0.0
<b>Total</b>	<b>18,129</b>	<b>91</b>	<b>936</b>	<b>0.0</b>	<b>2,820.0</b>	<b>316.0</b>	<b>0.0</b>

FUENTE: PROGRAMA HIDRÁULICO DE GRAN VISIÓN 2001-2025 DE LA REGIÓN, DIAGNÓSTICO HIDRÁULICO Y LINEAMIENTOS ESTRATEGICOS PARA EL DESARROLLO HIDRÁULICO INTEGRAL DE LA REGIÓN IX GOLFO NORTE  
NOTA: LOS RETORNOS CORRESPONDEN AL ESCURRIMIENTO AGUAS DEBAJO DE LA CUENCA DEL RÍO TULA, AFLUENTE DEL ALTO PÁNUCO, PERTENECIENTE A LA REGIÓN XIII VALLE DE MÉXICO.

**Tabla 84. Usos del Agua de la Subregión Pánuco**

SUBREGIÓN	USOS CONSUNTIVOS	VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (hm) <sup>3</sup>			
		SUPERFICIAL	SUBTERRÁNEO	TOTAL	%
PÁNUCO	Público	257.3	175.7	433.0	10.2%
	Agrícola	2,543.4	835.6	3,379.0	79.8%
	Industrial	305.6	26.4	332.0	7.8%
	Pecuario	61.1	18.9	80.0	1.9%
	Termoeléctrica	0.0	12.0	12.0	0.3%
<b>SUBTOTAL CONSUNTIVOS</b>		<b>3,167.4</b>	<b>1,068.6</b>	<b>4,236.0</b>	<b>100%</b>



De acuerdo con las proyecciones propuestas por el CONAPO para las tasas de crecimiento, se espera que la Subregión en el año 2025 alcance los 4.9 millones de habitantes, de los cuales 2.71 millones (42%) será población rural y 2.87 millones (58%) habitarán en localidades urbanas (Fig. 79).

El 8% de la población presenta un grado de marginación muy alto, 37% alto, 15% medio, 24% bajo y el 16% un grado muy bajo. Los grupos indígenas de la región suman más de 680,000 habitantes.



**Tabla 85. Subregiones de la Región IX Golfo Norte**

Subregión	Localidad	Población	Estado
Pánuco	San Juan del Río	99 483	Querétaro
	Ciudad Valles	105 721	San Luis Potosí
<b>Región</b>		<b>205 204</b>	

Fuente: XII Censo General de Población y Vivienda 2000, INEGI.

**Tabla 86. Balance aguas subterráneas de la Subregión Pánuco**

Subregión	Nombre acuífero (hm <sup>3</sup> /año)	Recarga (hm <sup>3</sup> /año)	Extracción (hm <sup>3</sup> /año)	Factor de explotación	Condición geohidrológica
Pánuco	Palmillas - Jaumave	74	56	0.76	Subexplotado
	Llera - Xicotencatl	49	32	0.65	Subexplotado
	Ocampo - antiguo morelos	15	6	0.40	Subexplotado
	Zona Sur	239	219	0.92	Subexplotado
	Buena Vista				Subexplotado
	Cerritos-Villajuaréz	7	7	1.00	Equilibrio
	Río Verde	83	79	0.95	Equilibrio
	San Nicolas Tolentino	8	7	0.88	Subexplotado
	Santa Maria del Río	9	9	1.00	Equilibrio
	Huasteca	11	8	0.73	Equilibrio
	Tamuín	6	3	0.50	Subexplotado
	Tampico				Subexplotado
	Zimapán	4	5	1.25	Equilibrio
	Orizatlán	2	1	0.50	Subexplotado
	Jaltocán	2	0	0.00	Subexplotado
	Huejutla	3	1	0.33	Subexplotado
	Atlapexco-Candelaria	6	1	0.17	Subexplotado
	Calabozo	5	0	0.00	Subexplotado
	Huichapan-Tecoautla	48	60	1.25	Sobreexplotado
	Metztitlán	8	7	0.88	Subexplotado
	Huasca-Zoquitán	5	3	0.60	Subexplotado
	Tulancingo	39	56	1.44	Sobreexplotado
	El Astillero				Equilibrio
	San Juan del Río	309	422	1.37	Sobreexplotado
	Tequisquiapan	108	84	0.78	Subexplotado
	Cadereyta	1	1	1.00	Equilibrio
	Tolimán	8	10	1.25	Equilibrio
	Moctezuma				Subexplotado
	Tampacán-Zona de Sierra				Subexplotado
	Xichu-Atarjea	40	35	0.88	Subexplotado
Polotitlán	46	46	1.00	Equilibrio	
<b>Subtotal</b>		<b>1,136</b>	<b>1,156</b>	<b>1.02</b>	<b>-20</b>

Fuente: Subdirección Técnica, Gerencia Regional Golfo Norte.



**Tabla 86. Resumen de usos del agua por tipo de fuente (hm<sup>3</sup>) de la Subregión Pánuco**

Subregión	Volumen de Extracción (Hm <sup>3</sup> )			
	Superficial	Subterráneo	Total	%
Pánuco	3 167	1 069	4 236	79.5%
Total	3 167	1 069	4 236	79.5%

Fuente: Programa Hidráulico de Gran Visión 2001-2025 de la Región IX, Golfo Norte. CNA, 2000.

### **Coberturas de agua potable, alcantarillado y saneamiento**

En lo que a cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado se refiere, la Región Golfo Norte acusa fuertes rezagos, sobre todo en ciudades urbanas medias y en las zona rurales (Tabla 87).

**Tabla 87. Cobertura de servicios (%) de la Subregión Pánuco**

Subregión	Agua Potable	Alcantarillado
Pánuco	73.79	48.93
Regional	<b>73.79</b>	<b>48.93</b>

Fuente: Gerencia de Planeación Hidráulica con información de INEGI.

En cifras globales a nivel regional pudiera parecer que la cobertura de servicios es buena, sin embargo si se revisan por separado las coberturas por tipo de población, se aprecia claramente el rezago existente en zonas rurales (Tablas 88 y 89).

**Tabla 88. Cobertura de agua potable (%) de la Subregión Pánuco**

Subregión	Urbana %	Rural %
Pánuco	94.66	56.68
Región	<b>94.66</b>	<b>56.68</b>

Fuente: Gerencia de Planeación Hidráulica con información de INEGI.

**Tabla 89. Cobertura de alcantarillado (%) de la Subregión Pánuco**

Subregión	Urbana %	Rural %
Pánuco	80.38	23.14
Región	<b>80.38</b>	<b>23.14</b>

Fuente: Gerencia de Planeación Hidráulica con información de INEGI.



En la Región Golfo Norte se generan anualmente alrededor de 120 hm<sup>3</sup> de aguas residuales municipales, 271 hm<sup>3</sup> de aguas residuales de origen industrial y se producen 246 mil toneladas de contaminantes medidos como carga orgánica (DBO<sub>5</sub>). De esta carga contaminante, solamente se remueve el 9.0%.

La agricultura de riego utiliza el 85% del agua extraída en la Región. Los métodos de riego son tradicionales en la mayor parte de la superficie bajo riego y la eficiencia promedio en el uso del agua se estima en 45%. Dada la magnitud de los volúmenes ocupados en el riego, aumentos modestos en la eficiencia de los sistemas de conducción, distribución y aplicación del agua, permitirían liberar volúmenes apreciables para otros usos en diversas regiones (Tablas 90 y 91).

Los factores que afectan el desarrollo sustentable del riego agrícola se encuentra: la escasa capitalización de la mayoría de los usuarios, la dificultad para controlar el volumen de agua entregado, la aplicación de tarifas insuficientes por los servicios de riego y de energía eléctrica para bombeo agrícola y la exención de pago por el uso de agua empleada en el riego.

**Tabla 90. Infraestructura en Distritos de Riego de la Subregión Pánuco**

Subregión	Nombre Del Distrito	Entidad Federativa	Superficie Media Cultivada (Ha)	Lámina Bruta Promedio de Riego (cm)	Eficiencia Promedio (%)	Vol. Prom. (Hm <sup>3</sup> )
	023 San Juan del Río	Querétaro	9 366	82.8	36	78
	049 Río Verde	San Luis Potosí	3 787	145.3	30	55
	092 B Río Pánuco (Chicayan-Pujal Coy)	Veracruz-S.L.P	20 103	21.7		44
<b>Total</b>			<b>33 256</b>			<b>177</b>

Fuente: CNA, Subdirección General de Operación, Gerencia de Unidades y Distritos de Riego.

**Tabla 91. Infraestructura en Unidades de Riego Organizadas de la Subregión Pánuco**

Subregión	No. de URDERALES	No. de Obras	URDERALES por fuentes de abastecimiento						Total general
			Almacena- miento	Derivació n	Mananti al	Mixto	Planta de bombeo	Pozo profund o	
<b>Pánuco</b>	1 230	1750	173	60	72	44	298	583	1,230
<b>Total General</b>	<b>1 230</b>	<b>1750</b>	<b>173</b>	<b>60</b>	<b>72</b>	<b>44</b>	<b>296</b>	<b>583</b>	<b>1,230</b>

Fuente: Unidades de Riego Organizadas, CNA, Subdirección General de Operación, 2000



---

## **Fenómenos meteorológicos extremos**

La ocurrencia de las sequías, en general, no está suficientemente respaldada con registros consistentes y confiables de los daños que ocasiona, debido por una parte a que la identificación de la ocurrencia de una sequía no se hace desde su inicio, sino cuando sus efectos son evidentes, por otra, al registrarse los daños existe una tendencia de los usuarios en sobreestimarlos, con la esperanza de recibir apoyos adicionales por parte de la autoridad.

De manera también importante, se presentan inundaciones en la región, debido a la presencia de intensas precipitaciones, situación que agrava con la ocurrencia de los ciclones que se registran en el Océano Atlántico, Mar Caribe y Golfo de México.

Según los datos registrados en los últimos 50 años, 19 ciclones afectaron directamente el territorio de la región. El mes de septiembre, es el de mayor incidencia en éste tipo de fenómenos.

## **Problemática Principal**

Un análisis detallado permitió establecer la significancia y prevalencia de los problemas que más preocupan a usuarios y autoridades dentro de la Región. Sobresale el énfasis que tiene la problemática relacionada con daños provocados por los fenómenos meteorológicos extremos, tanto de sequías como de inundaciones.

Por otro lado y no menos importante resultan los problemas relacionados con el deficiente servicio de agua potable y alcantarillado en ciudades medias, así como la baja cobertura de estos servicios en las zonas rurales de la Región.

El problema del control de la contaminación es otro de los grandes retos que se deberán afrontar desde ahora y hacia el futuro, si se quiere procurar el desarrollo sustentable.

## **Problemática principal de otros recursos naturales en la región**

El patrimonio forestal de México encierra una riqueza biológica y ecológica con la que muy pocas naciones rivalizan. Los bosques y selvas de México así como los bienes públicos de valor estratégico que ellos producen se pierden rápidamente.



### **Superficie degradada**

Los datos oficiales más recientes reportan tasas anuales de deforestación superiores a las 500 mil hectáreas, con mucha mayor incidencia en el sur y sureste de México (donde paradójicamente sobreviven los ecosistemas más valiosos). Otras estimaciones han llegado a ubicar las tasas de deforestación en cerca de 1.5 millones de hectáreas anuales. De acuerdo con información de la SEMARNAT, en la región Noreste del país, se deforestan 92.5 mil ha al año.

### **Índice de calidad del agua**



**Tabla 92. Escala de clasificación de la calidad del agua para usos específicos, según su Índice de Calidad del Agua (ICA)**

ICA		USOS DEL AGUA					
Valor (%)	Criterio general	Abastecimiento Público	Recreación General	Pesca y vida acuática	Industrial y agrícola	Navegación	
100	Excelente	No requiere purificación			No requiere purificación		
90							
80	Aceptable	Requiere purificación ligera	Aceptable para cualquier deporte acuático	Aceptable para todos los organismos	Requiere purificación ligera para algunos procesos	Aceptable	
70							
60	Contaminado	Mayor necesidad de tratamiento	Aceptable mas no recomendable	Aceptable, excepto para especies muy sensibles	No requiere tratamiento para uso en la industria		
50				Dudoso para especies sensibles			
40	Fuertemente contaminado	Dudoso	Dudoso	Sólo organismos muy resistentes	Requiere tratamiento para uso en la mayor parte de la industria		
30							
20	Inaceptable	Inaceptable	Evitar contacto con el agua		Uso muy restringido	Contaminado	
10			Señal de contaminación				
0			Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	Inaceptable	

Fuente: Semarnap, Comisión Nacional del Agua, 1999.



## c.2.- Diversidad Biológica

El valor de los ecosistemas acuáticos y de las aguas epicontinentales como un recurso para las poblaciones humanas (alimento, agua y energía) está generalmente bien entendido. Sin embargo, el valor de las funciones y los servicios ambientales que ellos proporcionan al hombre frecuentemente no están reconocidos y son tan obvios que paradójicamente no se perciben con claridad; sólo se aprecian cuando se han perdido (p.ej., el lago de Chapala, río Tula) (UNEP, 1997). La biodiversidad acuática no puede ser manejada en forma sustentable de manera aislada, sin tomar en cuenta estos servicios ambientales, sus funciones y sus relaciones con los componentes de la biodiversidad. Algunos de estos servicios se mencionan a continuación:

- Abastecimiento de agua.
- Continuidad de procesos evolutivos.
- Control biológico de plagas.
- Control de erosión y formación del suelo.
- Control de inundaciones.
- Depuración de agua.
- Generación de energía eléctrica.
- Obtención de compuestos para productos farmacéuticos y naturistas.
- Producción de alimentos.
- Recarga de acuíferos.
- Reciclamiento de nutrientes.
- Reciclamiento de materiales de desecho.
- Recreación.
- Refugio y hábitat de especies residentes y migratorias.
- Regulador del clima local y global.
- Transporte.

Un factor crucial para el mantenimiento de los servicios ambientales, según el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (UNEP, 1995), es la conservación de la biodiversidad. La habilidad de un sistema acuático para mantener estos servicios con una biodiversidad menguada se ve disminuida si se consideran periodos de tiempo largos. Un bosque monoespecífico puede proveer varios servicios ambientales por décadas, pero puede ser más vulnerable a enfermedades o eventos catastróficos que un bosque natural con su biodiversidad original. La presencia de muchas especies generalmente incrementa la probabilidad de que ante una reducción drástica de su número, el ecosistema se recupere con aquellas especies más tolerantes al cambio. Entre más uniformidad genética exista, más vulnerables serán las especies y por tanto los servicios ambientales que la biodiversidad provee.



---

La variabilidad genética de las especies les permite responder mejor a los cambios bruscos en las condiciones ambientales. Existe una serie de servicios ambientales que pueden ser afectados por la pérdida de especies, poblaciones o diversidad genética; el aprovisionamiento de alimento y el mantenimiento de la variabilidad genética son los mejores ejemplos.

Más aún, la extinción de una especie a menudo conduce a la extinción de otras; por ello, los esfuerzos de conservación deben enfocarse no sólo a las especies, sino a los procesos ecológicos y evolutivos que ocurren en las comunidades y en los ecosistemas. Los servicios ambientales dependen significativamente de la diversidad de especies y, sobre todo, de la diversidad poblacional, ya que son las poblaciones las que presentan los servicios ambientales a escalas local, regional y global (Daly et al., 1997).

La preservación de la biodiversidad involucra costos. Según el PNUMA, cerca de 11% de la superficie de la tierra está cubierta por cultivos en lugar de ecosistemas más diversos (unep. 1995). La necesidad de proveer a la humanidad de alimento se duplicara en siguiente siglo, lo que conducirá a una conversión del uso del suelo. De ecosistemas naturales a agrícolas. Es necesario mejorar el entendimiento de las relaciones entre la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas para poder predecir si los riesgos de destruirla son mayores que los de incrementar los costos para preservarla.

De acuerdo con Constanza *et al.* (1997), los servicios ambientales derivados de los sistemas ecológicos y de su capital natural son esenciales para el funcionamiento de los sistemas vivos del planeta. Contribuyen al bienestar de la humanidad de manera directa e indirecta y, por lo tanto, representan parte del valor económico total del planeta. Debido a que estos servicios no son incluidos en el mercado comercial o adecuadamente cuantificados en términos económicos y de capital manufacturado, no se toman en cuenta o se les da poco peso en la toma de decisiones. Esta negligencia compromete hoy día la sustentabilidad de la humanidad en la biosfera.

Las funciones de un ecosistema se refieren a las propiedades o procesos que se llevan a cabo dentro de él y que se reflejan como productos servicios benéficos para la humanidad. Es importante hacer notar que muchas veces un servicio ambiental está dado por dos o más ecosistemas o que un ecosistema puede proporcionar varios servicios ambientales. Se debe enfatizar también la naturaleza interdependiente de estas funciones ambientales.

En general, el capital es considerado como el acervo de materiales o información que existe en un momento dado. Cada forma de capital genera, ya sea de manera autónoma o en conjunción con otro tipo de capital, un flujo de



---

servicios que pueden usarse para transformar materiales en beneficio del ser humano. Llamamos capital natural a las formas físicas de naturaleza, como árboles, animales, minerales, ecosistemas y atmósfera; capital manufacturado, a las máquinas, edificios e infraestructura; y capital humano, los seres humanos.

Los servicios ambientales constan de un flujo de materiales, energía e información provenientes del acervo de capital natural que, combinados con servicios de los capitales manufacturado y humano, procuran satisfactores al hombre. Así, los capitales manufacturado y humano requieren capital natural para su construcción. Resulta trivial preguntarse cuál es el valor de la atmósfera para la humanidad o cuánto valen los minerales y el suelo que aportan la infraestructura para la agricultura. Podemos decir que su valor es infinito y total.

Se torna necesario preguntarse cómo afectan a la sociedad los cambios en cantidad o calidad de los diferentes tipos de capital natural y de servicios ambientales. Estos cambios incluyen los pequeños cambios a gran escala y los grandes cambios a pequeña escala. Un ejemplo del primer caso sería un cambio en la composición de la atmósfera producidos por pequeños cambios locales, como un incremento en la producción de CO<sub>2</sub>, y que afectaría la viabilidad y bienestar especies de un bosque puede alterar la estabilidad de los ecosistemas acuáticos y terrestre adyacentes, provocando un fuerte impacto sobre las humanas locales y regionales. En general, cualquier cambio en las formas de capital natural y los servicios ambientales alterará los costos o beneficios del mantenimiento del bienestar humano.

Así, la valoración de los sistemas ecológicos resulta necesaria e indispensable en la toma de decisiones a pesar de las dificultades e incertidumbres que esto conlleva. Una de las maneras de hacerlo es a través de los costos y beneficios que los servicios ambientales nos brindan para llevar a cabo nuestras actividades. La cadena de efectos provenientes de estos servicios puede variar desde algo muy simple hasta algo extremadamente complejo. Un bosque proporciona madera, pero también asegura humedad, conserva el suelo y crea un microclima, todo lo cual contribuye al bienestar humano y generalmente este valor no está incluido en el mercado.

Entre los sistemas más dinámicos y productivos, que además proporcionan una gran variedad de servicios ambientales, están los humedales al mismo tiempo, estas características han propiciado que el hombre los convierta en sistemas con un propósito único de uso (principalmente para cultivos) a costa de la pérdida de otras de sus funciones y de una disminución en la superficie inundable. Esto ha traído consecuencias graves en el control de inundaciones y el la pérdida de hábitats. En términos económicos y sociales, el valor de la pérdida de estas funciones depende de la situación económica y geográfica del



país. No es la misma valoración para un país desarrollado que para uno subdesarrollado, ya que los valores del mercado y de la economía informal son diferentes. Un ejemplo claro es el contraste del valor del mercado y de la economía valoración para un país desarrollado que como Estados Unidos, y en uno subdesarrollado, como Malasia. En EUA esta función está valuada en USD 15 095/ha/año (Gupta y Foster, 1975), y en Malasia en USD 104/ha/año (Kumari, 1995); esto es debido, en parte, a las diferencias en los estándares de calidad, costos y disponibilidad del agua, y al valor del mercado. En México, el agua es gratuita sólo se paga el costo de aprovisionamiento. Otras de las funciones de particular importancia económica son el control de inundaciones, reciclamiento de nutrientes y de materiales de desecho, que representan casi 80% de su valor económico. Dependiendo de las características del ecosistema existen funciones que deben ser valoradas por su importancia ecológica, como su influencia sobre el clima local y global, sobre la temperatura, precipitación, intercambio atmosférico, formación de suelo y control de erosión; con relación a su importancia biológica, si se trata de áreas de crianza, alimentación, migración o corredores biológicos; y por su importancia social; en caso de ser áreas con uso recreativo (Constanza *et al.*, 1997).

## VALOR ECONOMICO DEL AGUA

Claramente, el agua es un recurso crucial en muchos aspectos de nuestras vidas. Se puede decir que el valor social del agua incluye todos los beneficios que las actividades humanas obtienen de su uso, ya sea directa o indirectamente. De manera similar, el costo social del agua se define, al igual que todos los costos o daños que afectan que afectan a la sociedad, como el resultado de un uso dado, incluyendo los costos directos e indirectos, ambientales, económicos y sociales de extracción, transportación y saneamiento del agua.

Los usos que se hacen del agua como recurso natural, según Burrell (1997), pueden clasificarse en dos categorías principalmente: extractivos e *in situ*. Los usos extractivos son aquellos en los que el agua se remueve físicamente de su sitio original y se utiliza en procesos económicos como agricultura, silvicultura, acuicultura, industria, comercio, transporte y servicios; para uso doméstico, en bebidas, alimentación, e higiene; y para servicios urbanos de limpieza, como uso domestico, en parques y jardines. Los usos *in situ*

Los usos *in situ* son aquellos en los que el agua se utiliza en su lugar de origen como lagos, corrientes, humedales, estuarios o acuíferos. incluyen usos activos del agua, como transporte, reciclamiento de nutrientes y materiales de desecho, generación de energía eléctrica, pesquerías y recreación (navegación, natación y pesca deportiva). También se consideran usos *in situ* los usos pasivos, en los



---

que el agua no se usa activamente por el hombre pero sirve en funciones como mantenimiento de los ecosistemas naturales, conservación del agua para futuros usos y como apoyo a sistemas éticos y culturales, entendiéndose esto como la función del agua en los aspectos social, cultural y político. En este cubro el agua determina reglas y costumbres de uso dentro de la sociedad, así como derechos territoriales.

En muchas partes del mundo, el agua ha sido administrada tradicionalmente como un recurso ¡limitado; sus costos se refieren exclusivamente a la recuperación del costo por aprovisionamiento, pero el agua normalmente es considerada como un producto gratuito. En las regiones donde la demanda de agua es mayor que su disponibilidad, esta estrategia resulta inapropiado.

La demanda mundial de agua ha crecido considerablemente en las últimas décadas. Esto se debe a una variedad de factores, como el crecimiento poblacional, una mayor diversidad de usos del agua y la expansión de la agricultura tecnificada. Como resultado, en muchas regiones la demanda de agua ha rebasado la capacidad de abasto.

En la sociedad actual, el agua desempeña una gran variedad de funciones; resulta evidente que la escasez de este recurso tiene consecuencias directas en las actividades económicas y pone en peligro sus usos ambientales. En las zonas áridas, el agua es uno de los factores limitantes que determinan el desarrollo económico y social; allí su manejo óptimo y apropiado es un requisito indispensable para asegurar el bienestar social y el desarrollo sustentable de la región.

Adicionalmente, la forma en que se resolvían la escasez de agua y el aumento del abasto disponible era satisfaciendo las demandas sin importar los costos. Para esto el agua se obtenía de las fuentes más baratas y cercanas mediante acciones como la apertura de nuevos pozos, la construcción de reservorios y el entubamiento de ríos, lo cual condujo a la sobreexplotación y agotamiento de acuíferos y corrientes superficiales, así como a problemas de salinización y desecación. Posteriormente, se recurrió a traer el agua desde regiones lejanas o a construir grandes presas, lo cual resultó altamente costoso. En la actualidad, la visión ha cambiado hacia un uso eficiente y sustentable del agua a través de procedimientos técnicos, como plantas desalinizadoras, reutilización del recurso, plantas de tratamiento de aguas residuales y un manejo institucional del recurso con una dimensión común o de bien público (Burrill, 1997).

En la publicación Eficiencia y uso sustentable del agua en México (Cespedes y emic, 1998), se señala que el manejo sustentable y eficiente del agua, al igual que cualquier otro recurso, en particular de aquellos que tienen una dimensión



---

común o de bien público, requiere instituciones adecuadas. En general, las instituciones proveen la estructura de incentivos en una economía, fijan las reglas básicas para el uso de los recursos y establecen las bases para el control o regulación de mercados y procesos administrativos. En este sentido, todos los diseños institucionales para el manejo de recursos hídricos deben considerar ciertas variables de tipo biológico, fisicoquímico, económico y social. Es decir, se deben tomar en cuenta las condiciones de aprovechamiento y uso de los recursos hídricos, la naturaleza ecológica de los cuerpos de agua, el tipo y número de usuarios, la información disponible, la mezcla de intereses locales y públicos, la variabilidad temporal y espacial del recurso, y el tipo e intensidad de los conflictos prevalecientes, así como las tecnologías disponibles, las experiencias anteriores de organización y los costos y beneficios percibidos por los usuarios antes y después del establecimiento de las instituciones.

Una vez establecidas las reglas, es necesario que su aplicación esté garantizada a través de medidas de vigilancia, control y sanción, las cuales implican costos que, por lo general, asume quien lleva a cabo estas funciones. Establecer la propiedad sobre los bienes y servicios que pueden tener una dimensión pública es un tema complicado, ya que normalmente diferentes grupos sociales pugnan por su control y usufructo; más aún, la sociedad carece de criterios suficientemente categóricos para definir a quien o a quienes deben investirse con los derechos de propiedad correspondientes.

Estos derechos de propiedad son conjuntos de relaciones jerarquizadas entre individuos con respecto a los bienes y recursos más que una relación entre un individuo y un recurso: la propiedad es esencialmente una relación social. Cuando los derechos de propiedad están bien determinados, los individuos tienen claro qué acciones pueden llevar a cabo y bajo qué condiciones, algo fundamental para sustentar un sistema de intercambio eficiente. Cuando los derechos de propiedad sobre los recursos son inciertos, no existen incentivos para invertir en su conservación. Se requiere certidumbre sobre la cantidad y calidad del recurso en un tiempo dado y la certeza de protección contra los actos ilegales de otros usuarios.

## **VALOR ECONÓMICO DE LA BIODIVERSIDAD ACUÁTICA**

La destrucción del hábitat es el costo de nuestra civilización y un resultado inevitable de la globalización. Aunque de sus resultados no todos hayamos sido beneficiados, estamos afectados por igual en nuestras expectativas de sobrevivencia como especie. Independientemente del precio relativo que se les otorgue a los recursos naturales, que son la base de la producción de todos nuestros satisfactores, éstos no alcanzan para garantizar su reposición al ritmo que demanda la producción (Noriega, 1998).



---

Las amenazas ambientales en el mundo no podrán ser atacadas de manera eficaz sin cambios profundos al sistema de las relaciones internacionales. Es necesaria, pues, una nueva geopolítica que busque la cooperación entre las naciones como un medio de interacción internacional y como una forma de reducir las amenazas a su futuro común en materia de impacto ambiental y salud (Carmona, 1998).

Nos encontramos, según Noriega (1998), en una etapa del desarrollo de la humanidad en la que los conocimientos sobre el estado y la evolución del hábitat son más profundos y con mayor difusión que nunca antes. Existe conciencia del problema; sin embargo, aquellas sociedades donde la urgencia de las necesidades inmediatas gobierna las decisiones reciben el precio más bajo por la venta de sus recursos naturales y son, a la vez, las que presentan las mayores tasas de deforestación, de especies en extinción y de industrias contaminantes. No son las personas con bajos recursos económicos quienes más contribuyen a la destrucción del planeta, sino la destrucción del hábitat la que genera más pobreza.

Para este autor, los mecanismos de denuncia de la destrucción del hábitat coinciden con ser instituciones públicas y académicas de bajo compromiso con las instancias de poder, y organizaciones no gubernamentales. No son ni la iniciativa privada (fundamento de los sistemas del libre mercado) ni los organismos internacionales, los más preocupados por este asunto. Se trata de un problema cuyas soluciones no son posibles en el marco del libre mercado, puesto que es precisamente éste el mecanismo esencial conducente a la destrucción del hábitat

cuyo costo es mucho más elevado cuanto más pobreza haya en el planeta. No será posible resolver los problemas de daños al hábitat si no se plantean como fenómenos estrechamente relacionados con la pobreza de más de la mitad del mundo y con la debilidad institucional de las economías subdesarrolladas. El hábitat se cotiza en función de los niveles medios de ingreso de las sociedades, de sus niveles de educación y del grado de conocimiento y de conciencia de las instituciones sobre el problema de su destrucción.

La pérdida de biodiversidad ha tenido como causa fundamental la imposición de patrones productivos provenientes de los países industrializados, la presión de la demanda del mercado mundial y los patrones de sobreconsumo de los países ricos, más que el crecimiento demográfico o la contaminación que generan los países pobres (Carmona, 1998). Mucha de la biodiversidad que es necesario conservar se encuentra en los países subdesarrollados, donde la conservación no es precisamente una prioridad. Por este motivo, corresponde a los países desarrollados aportar los recursos necesarios para la conservación de esta



---

biodiversidad y acatar de manera conjunta el cumplimiento de las políticas establecidas (Pearce y Moran, 1994).

De acuerdo con Pearce y Moran (1994), uno de los motivos principales del deterioro de la biodiversidad es la disparidad entre los costos social y privado de la distribución del agua, y entre los beneficios de uso y conservación de ésta. Los costos y beneficios particulares se refieren a las pérdidas y ganancias del usuario inmediato del ambiente: el agricultor, el industrial, el pescador y el consumidor. Los costos y beneficios sociales se refieren a las pérdidas y ganancias que afectan directamente a la sociedad. Así, los intereses sociales y privados a menudo no coinciden y lo que puede ser beneficioso para un individuo supone costos para el resto de la sociedad las llamadas "externalidades". Por otro lado, se considera que lo que es bueno para la sociedad es también beneficioso para el individuo, sin embargo, este valor ambiental es muy difícil de cuantificar o evaluar.

Como resultado de lo anterior, la conversión del uso del suelo es el principal factor que provoca pérdida de biodiversidad. Esta conversión de hábitats naturales a campos agrícolas y ganaderos o a granjas camaronícolas en el caso de manglares y humedales, se lleva al cabo ante el dilema de conservar o desarrollar. Los intereses que motivan al propietario a tomar una decisión están en función de la ganancia en costos y beneficios entre las dos opciones. Desde un punto de vista individual, a corto plazo, el mayor valor económico se obtiene con la explotación del recurso; por el contrario, desde un punto de vista social, a corto y largo plazos, el mayor valor económico se alcanza con la conservación o manejo del recurso. En este sentido, las acciones del gobierno, generalmente en forma de subsidios e incentivos, apoyan la visión individual y, aumentan por lo tanto las expectativas de ganancia al explotar la opción de desarrollar.

Se requiere, entonces, una solución en la que se vean reflejados los beneficios mutuos, tanto para el individuo como para la sociedad, y en la que el uso sustentable de los recursos permita ganancias económicas pero no a costa del ambiente, sino a favor de la conservación de los recursos y del ecosistema.

Existe una gran cantidad de estudios relacionados con la valoración económica de los recursos biológicos; sin embargo, a la fecha no existe una metodología confiable para evaluar económicamente la biodiversidad. La valoración de la diversidad requiere conocimientos sobre todas las especies y hábitats que la componen, y no sólo de los recursos biológicos útiles al hombre. Existe un desconocimiento muy grande del valor potencial de la biodiversidad debido a que sus funciones no están reconocidas en el mercado.



---

Los recursos biológicos son aquellos componentes de la biodiversidad, definida en términos de genes, especies y ecosistemas, que son de utilidad actual o potencial para el hombre. Cuando se habla de valoración de la biodiversidad, se hace sobre la base del valor económico total de uno o varios de sus componentes con la finalidad de integrarlos a las estrategias de diversificación productiva y de conservación.

Según Pearce y Moran (1994), el valor económico total de un componente de la biodiversidad está dado por su valor de uso y su valor intrínseco o de no-uso. Además de los costos de oportunidad presentes e ínter temporales relacionados con los usos directos, el valor económico total de la biodiversidad incluye necesariamente los valores de uso indirecto vinculados a la corriente de bienes y servicios ambientales, el valor de opción y el valor intrínseco de la misma. Por lo tanto, siendo básicamente la suma de los valores de uso directo, indirecto, de opción e intrínseco, es necesario advertir que algunos usos particulares pueden ser no aditivos o excluyentes.

El valor económico total está dado por el uso actual que se le da a un recurso (valores directo e indirecto), por su utilización a futuro (valor de opción) y por sus valores de existencia (valor intrínseco) (wcpa, 1998).

Valor de uso directo: se aplica cuando el valor de los recursos biológicos se deriva de un uso directo el cual puede ser o no consuntivo y que reditúa en distintos bienes para el ser humano. Algunas de las actividades típicas del uso directo son la pesca comercial y deportiva, el comercio de diferentes especies acuáticas de flora y fauna, la explotación de tallos y bejucos para cestería, la utilización de lejía como fuente de energía, la producción de alimentos e insumos industriales diversos como tintes, medicamentos y productos farmacéuticos, entre muchos otros.

La amplia diversidad social y cultural de México hace que exista una multiplicidad de posibles usos adicionales de carácter directo y consuntivo (ceremonial o ritual, artesanal, ornamental, medicinal, simbólico y educativo). Las actividades que demandan estos recursos son principalmente de autoconsumo o bien, en relación con importantes mercados locales, fragmentados y marginales a escala nacional.

Por otra parte, el valor de uso directo no consuntivo de un recurso considera la posibilidad de obtener un beneficio sin suprimir o deteriorar alguno de sus elementos, lo cual ecológicamente es muy provechoso y económicamente puede ser muy rentable. Por ejemplo, el paisaje ofrece el placer de presenciar el despliegue de las especies de flora y fauna en su propio hábitat. En este sentido, pueden realizarse observaciones directas de algunas especies (aves,



---

peces, arrecifes de coral, ballenas, lobos marinos, delfines, plantas de ecosistemas tropicales, templados o semiáridos, entre otros) o indirectas, a través de relatos, fotografías o cintas cinematográficas y de video; en cualquier caso se trata de usos no consuntivos estrechamente ligados a actividades como excursionismo, buceo y ecoturismo.

Valor de uso indirecto: está dado por los bienes derivados de las funciones ecológicas que ofrece la biodiversidad, los cuales se denominan "servicios ambientales" y se definen como las condiciones y procesos naturales de los ecosistemas, incluidos las especies y los genes, que reditúan al hombre un beneficio. Estos servicios mantienen la biodiversidad y la producción de bienes como alimento, agua, energía eléctrica, control de inundaciones, depuración de agua y re- carga de acuíferos, entre otros.

El libre acceso a estos bienes y servicios ambientales explica, en parte, su vulnerabilidad y la necesidad de identificar los procesos económicos y sociales que los ponen en riesgo. Relacionadas con estas funciones ambientales, algunas especies pueden convertirse en indicadores ecológicos cruciales a partir de los cuales pueden identificarse tendencias favorables de utilización de la biodiversidad, así como nuevas oportunidades para su aprovechamiento económico.

Valor de opción: deriva de la opción de utilización del recurso a futuro, ya sea directa o indirecta. Asimismo, el valor de opción representa la buena voluntad individual de pagar para salvaguardar una parte de la biodiversidad para que en el futuro exista la opción de utilizarla. En este sentido, la conservación y el uso sustentable son actitudes éticamente más consecuentes y ecológicamente benéficas que pueden representar opciones económicas de largo plazo más atractivas que las que aparecen con mayores tasas de beneficio en el corto plazo. La pérdida de la biodiversidad equivale a la pérdida irreparable de todos los valores directos o indirectos, consuntivos o no consuntivos. Es decir, significa carecer de alternativas u opciones de uso de la biodiversidad en el futuro debido a su destrucción presente. El ejemplo característico del valor de opción es el uso potencial de la información contenida en los acervos y bancos genéticos.

**Valor intrínseco:** el valor intrínseco de la biodiversidad está dado por los valores de existencia o valor pasivo de uso y de legado. Este último está relacionado con el beneficio que representa el conocimiento que existe sobre un aspecto determinado de la biodiversidad, a partir del cual pueden obtenerse otros satisfactores.



---

La valoración económica de la biodiversidad se vuelve una tarea, si bien a mediano plazo debido a la complejidad que entraña, muy urgente debido a las exigencias derivadas de la inclusión de criterios ecológicos en la definición de nuevas propuestas de aprovechamiento de los recursos naturales.

En particular, México es el país latinoamericano con mayor diversidad de ecosistemas en los cuales se encuentra representado alrededor de 10% de las especies conocidas del orbe. -Además, nuestro país es uno de los centros de origen del germoplasma alimentarlo para todo el mundo. El uso y aprovechamiento de estos recursos biológicos es, sin duda, una de las mayores riquezas que posee nuestro país para promover su desarrollo socioeconómico. Asimismo, esta diversidad representa una gran responsabilidad para nuestra generación, dada la acelerada e irreversible pérdida de hábitats y especies.

En México, no ha sido aprovechada racionalmente la enorme diversidad de ecosistemas, especies silvestres de flora y fauna, recursos genético y funciones ecológicas. Adicionalmente, esta gran riqueza natural ha sido sobrexplotada o subutilizada. La mayoría de las actividades económicas actuales (rurales y urbanas), las cuales usan directa o indirectamente recursos naturales, tienen un marcado énfasis extractivo. Para frenar esas tendencias de deterioro y pérdida del agua, así como para sentar las bases que estimulen su conservación y aprovechamiento sustentable, es imprescindible identificar los atributos, funciones y valores de la misma, así como sus ventajas comparativas y el potencial económico que encierra.

Para dimensionar con objetividad las oportunidades presentes y futuras del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del país, además de considerar sus atributos, funciones y valores, conviene tomar en cuenta algunos de sus principales problemas, los cuales tienen que ver con fallas institucionales y de mercado.

### **Puntos críticos de contaminación que afectan las cuencas**

La principal fuente de contaminación ambiental en las ciudades, es sin duda, el agua sin tratar.

La calidad del agua en los estados de la Región Centro Occidente es un parámetro que se usa con distintos criterios, ya que mientras algunos utilizan el ICA (índice de calidad del agua), otros, o la mayoría clasifica sus recursos hídricos, con base en parámetros como lo son las materias fecales, el DBO (demanda bioquímica de oxígeno), entre otros. Para la región, la calidad del agua, se tiene determinada principalmente para el lago de Chapala (Jalisco-Michoacán), Lago de Pátzcuaro (Michoacán) y para algunos puntos de muestreo



---

de los ríos Lerma, Tula y Lerma-Santiago, así como el río Juchipila y el estado de San Luis Potosí.

Así, la calidad del agua para el Lago de Chapala se comporta de la siguiente forma: Hacia 1989 los niveles de contaminantes vertidos en el río Lerma se podían describir como físico-químicamente aceptables, sin embargo al pasar el tiempo, se han incorporado más y más residuos en el lago, cambiando la calidad de su agua. Los contaminantes más comunes vertidos son bacterias patógenas, materia orgánica, grasas, aceites y detergentes, y las mezcladas con aguas industriales contienen además metales pesados y sales orgánicas sintéticas. Los grados de contaminación varían en diferentes puntos del lago. La zona más contaminada es la que va de la desembocadura del río Lerma hasta Jamay y el área inmediata a la zona turística; esto es frente a Chapala, Ajijic, San Juan Cosalá y Jocotepec. La contaminación de las riberas entre el Lerma, Jamay y el Santiago es de origen químico fundamentalmente, mientras que la que se presenta frente a la zona turística es de origen orgánico, lo anterior aunado al rápido desarrollo de comunidades vegetales, que aunque sirven como captadores de metales pesados, también influyen de manera importantísima en la evapotranspiración y pérdida del espejo de agua, ya que funcionan como bombas de extracción masivas de agua hacia la atmósfera (SEMARNAT).

El Lago de Pátzcuaro, para 1998, mostraba una cantidad alta de materias fecales, que la descarta para cualquier actividad recreativa con contacto primario y de protección de vida acuática, ya que el valor máximo permisible es de 200 y los sólidos suspendidos totales son de 220.6 mg/l, lo cual no permite que el agua sea utilizada para riego agrícola, ya que el límite es de 50 mg/l (SEMARNAP/INEGI). Las fuentes principales de incorporación de contaminantes a este lago son cuatro: a) las aguas residuales municipales vertidas sin tratamiento previo, b) a través de pequeños cauces de arroyos que arrastran agroquímicos y sólidos sedimentables desde las partes altas de la cuenca, c) por acarreo hacia presas o canales donde se acumulan y afectan la vegetación y los organismos que se alimentan de ella y d) por acarreo hacia los cuerpos de agua donde son consumidos por los organismos acuáticos (SEMARNAP/CNA).

La calidad del agua del río Lerma, correspondiente al estado de Michoacán, muestra que las materias fecales se encuentran en concentraciones realmente altas, con esta cantidad queda fuera de cualquier uso, tomando como parámetro los criterios ecológicos de calidad del agua CE-CCA-001/89 (fuente de abastecimiento de agua potable, recreativo con contacto primario, riego agrícola, pecuario y protección a la vida acuática); el parámetro que se encuentra también elevado son los sólidos disueltos (634 mg/l), que no permiten ser fuente de abastecimiento de agua potable, ni utilizados en riego agrícola de cultivos



---

sensibles. Los sólidos suspendidos totales (253.3 mg/l), no permiten que el agua en este punto se utilice en riego agrícola.

La calidad del agua del río Tula, ubicado en Guanajuato, reporta para 1998, que las materias fecales fueron de 330 mil, que al igual que el río Lerma queda fuera de los siguientes usos: fuente de abastecimiento de agua potable y riego agrícola, recreativo con contacto primario y protección de la vida acuática. Su nivel de oxígeno disuelto, esta por encima del permisible para agua potable y vida acuática, y los sólidos disueltos, están por arriba del permisible para agua potable y pueden causar daño en cultivos agrícolas sensibles a esta concentración.

La calidad del agua en el río Juchipila en Zacatecas, se tiene a partir de 20 parámetros analizados (bacteriológicos, fisicoquímicos y de metales pesados) en puntos de muestreo correspondientes a los municipios de Villanueva, Zacatecas, Huanusco, Jalpa, Apozol, Juchipila y Moyahua; de los cuales, el municipio de Villanueva presenta los valores más altos en el 9 de los 20 parámetros muestreados, teniendo por ejemplo que la concentración de coliformes fecales (1 mil 100 NMP/100 ml) en este punto, no permite que el agua sea apta para fuente de abastecimiento de agua potable, recreativo con contacto primario, riego agrícola y de protección a organismos de agua dulce.

En San Luis Potosí, los recursos hidrológicos se ha venido degradando poco a poco, ya sea por las descargas de las industrias, por la disposición inadecuada de los residuos sólidos, por las descargas de aguas residuales domésticas y por el uso de agroquímicos en la agricultura. Una estimación preliminar sobre el total de descargas producidas en el estado, se ubica en 2 millones 379 mil m<sup>3</sup>/día. Esta cifra desglosada por regiones muestra el siguiente panorama: Altiplano con 45 mil 500 m<sup>3</sup>/día, Centro con 186 mil m<sup>3</sup>/día, Media con 47 mil 500 m<sup>3</sup>/día y con 2 millones 100 mil m<sup>3</sup>/día la zona de la Huasteca. De este total, 84% corresponden a las descargas de los ingenios en la Huasteca, que si bien son estacionales, arrojan ese promedio diario. Por otra parte no se incluye al sector agrícola, que contribuye principalmente con aguas usadas en riego agrícola, las cuales contienen residuos de agroquímicos que causan problemas de contaminación en las aguas naturales con sustancias tóxicas e hiperfertilización. Las aguas residuales procedentes de la mancha urbana son descargadas en tres zonas receptoras: Zona Norte, Tanque Tenorio y El Morro. El volumen del efluente es de 58 Mm<sup>3</sup>/año, descargado mediante 16 canales, en su mayoría excavados en tierra, que atraviesan zonas urbanas y suburbanas; 86% de estas descargas son aportación doméstica y comercial, y el 14% corresponde a descargas industriales. Por su parte, los ríos de la Huasteca Sur de San Luis Potosí sufren de presiones ambientales, así el río Moctezuma recibe descargas mineras de Zimapán, Hgo; y de La Negrita, Qro.; además de descargas



---

industriales de la Ciudad de México y de la zona petroquímica de Tula, Hgo., provocando que su agua contenga niveles de arsénico que afecta la vida acuática y eventualmente la vida humana, o que se considere como contaminado a fuertemente contaminado (al utilizar los índices de CNA), ya que al igual que los ríos Axtla y Tancuilín, contienen niveles de DDT, que están sobre la norma. Finalmente todos los ríos de la región reciben descargas puntuales de origen urbano y difusas generadas por diversas actividades humanas, en términos generales se estima que un río puede recibir más de 50 impactos derivados de estas actividades.

En los últimos años, se ha acentuado la contaminación de los cuerpos de agua, debido al manejo inadecuado de las aguas residuales de origen industrial, agropecuario y urbano. Ante tal situación, es necesario promover el desarrollo de tecnologías que coadyuven a mejorar la calidad de los efluentes y que al mismo tiempo sean adecuadas al contexto socioeconómico del país. De ello, se tiene totalmente claro que la reintegración del agua residual a los sistemas de utilización es una de las mejores alternativas para un uso eficiente del agua. La Comisión Nacional del Agua (CNA) es la encargada de realizar de manera sistemática la revisión y actualización de los Inventarios Nacionales de Plantas Potabilizadoras y de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales

Se incluyen plantas de tratamiento de aguas residuales que tratan aguas residuales de origen municipal, indistintamente de quien las haya construido, quién las opere y cual sea el uso final del agua tratada. Esto con la finalidad de conocer el nivel de tratamiento de aguas residuales. Se listan las plantas mayores a un litro por segundo.

1.- No se incluyen plantas de tratamiento provenientes de servicios como centros comerciales, hospitales y escuelas, entre otras.

Se incluyen fosas sépticas aún cuando no son un sistema formal de tratamiento, porque de alguna manera proporcionan cierto grado de remoción de contaminantes.

La Región Centro Occidente cuenta con 375 plantas instaladas para tratamiento de agua residual municipal; de ellas, sólo 84% (315 plantas) están en operación (Tabla 93), trabajando al 69.9% de su capacidad total. Estas representan el 33.6 % del total de plantas de tratamiento municipales en operación registradas para el país a fines del 2001, con un flujo volumétrico (gasto total) de operación del 18.3% nacional (9 mil 308.2 l/s).

La mayor concentración de plantas de tratamiento en operación se encuentran en Aguascalientes con un 26.3% del total regional, en Jalisco se ubican el



23.5%, Nayarit concentra el 15.6%, Querétaro cuenta con un 13.3%, el 9.2% de las plantas de tratamiento en la región están en Colima, el 5.1% en Guanajuato, el 3.2% en Zacatecas, el 2.9% en Michoacán y el 0.9% en San Luis Potosí.

**Tabla 93. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales en la Región Centro Occidente, 2001**

Estados	No. Plantas	Capacidad Instalada (l/s)
Aguascalientes	83	2,219.1
Jalisco	74	436.5
Nayarit	49	1,666
Querétaro	42	2,259.5
Colima	29	524
Guanajuato	16	1,111.6
Zacatecas	10	660.9
Michoacán	9	280
SLP	3	150.6
Total Región	315	9,308.2

En San Luis Potosí, además de las plantas de tratamiento de agua residual municipales citadas en la tabla anterior, cuenta con las plantas de Tangamanga I, Zona Norte, Club de Golf, Tenorio (licitada), El Morro (proyecto a futuro), Industrial I e IMMSA (en planeación), con un caudal de 1 mil 970 l/s, cuyo reuso del agua es en primera instancia el riego agrícolas, seguido por el de áreas verdes y servicios y procesos.

SEMARNAT reporta que en Zacatecas, el tratamiento de agua municipal cuenta con 27 sistemas de tratamiento, ubicados en 32 municipios, donde el volumen agua tratada es de 5.2 millones m<sup>3</sup>/año, que representa el 10.7% del total estatal quedando un volumen de agua descargado sin tratamiento de 43.5 millones m<sup>3</sup>/año. El saneamiento industrial y de servicios, presenta un número de recargas de 30.2 millones de m<sup>3</sup>/año, con un volumen tratado de sólo el 7.3% del total industrial (2.2 millones m<sup>3</sup>/año).

En Querétaro, actualmente se generan 121.1 millones de m<sup>3</sup> de agua residual tipo doméstico en el estado, de los cuales el 68% no recibe tratamiento. Otra de las causas que afectan la calidad del agua es la actividad agrícola, ya que el líquido presenta residuos provenientes de plaguicidas y fertilizantes en diferentes concentraciones en los cuerpos receptores de agua, fenómeno que se debe al arrastre en el momento de efectuar los riegos.



---

## Uso eficiente del agua

Los principales problemas de abastecimiento que afrontan los centros urbanos son el agotamiento de las fuentes locales, la contaminación de las mismas, los altos costos de captación y conducción del agua y los conflictos generados por los intereses de diferentes usuarios sobre las fuentes. Paradójicamente, ante esta difícil situación, en las ciudades ocurren grandes porcentajes de fugas, se utilizan tecnologías derrochadoras de agua, no se reutiliza este recurso, los sistemas de facturación y cobranza son deficientes, las tarifas por el servicio frecuentemente no cubren los costos del suministro y existe poca conciencia ciudadana.

Existen en el uso urbano del agua, grandes retos para lograr su uso sustentable, tanto en la eficientización de uso (menos agua *per capita*, disminución de pérdidas del sistema de distribución) como en cuanto a la potabilización y al tratamiento del agua para su reutilización y para no continuar contaminando los cuerpos de agua, mismos que a veces son sus propias fuentes de abastecimiento, o lo son para otras zonas urbanas.

En una ciudad, en promedio se consume el 71% de la producción total de agua en las casas habitación, el 12% en la industria, el 15% en el comercio y el 2% en el sector servicios.

Las técnicas de uso eficiente en las ciudades se pueden clasificar en cinco grupos: medición, detección y reparación de fugas, sistemas tarifarios, reglamentación y comunicación y educación (Sem. Int. sobre Uso Eficiente del Agua).

En el Lago de Pátzcuaro, en la *cultura purhépecha*, el agua adquiere un valor que va más allá de ser un satisfactor de necesidades básicas. Su carácter es sagrado y divino y se manifiesta a través de mitos, rituales y fiestas. El patrón de consumo de la población se asocia con una cultura de uso óptimo. Ello se debe al elevado valor cultural del recurso, su limitada disponibilidad en algunas localidades y al enorme gasto energético que representa su acarreo en las localidades que no poseen tomas domiciliarias. Los asentamientos rurales de la cuenca del lago de Pátzcuaro muestran patrones de bajo consumo: entre 10 y 15 litros diarios por persona, mientras que en las ciudades de Pátzcuaro y Quiroga se registra un consumo de entre 150 y 250 litros por persona.





### Calidad del agua superficial de la cuenca Lerma-Chapala (1996)

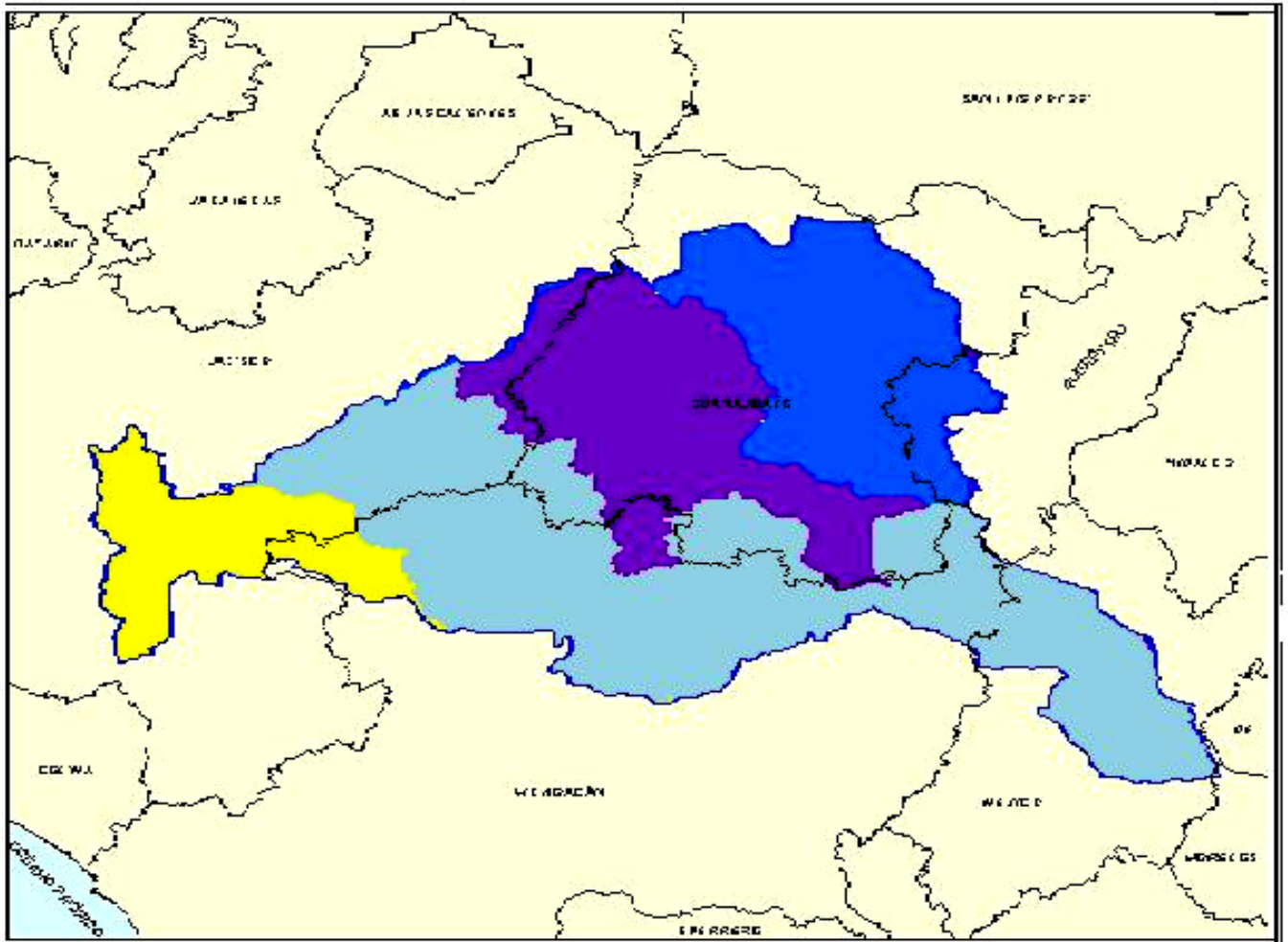


Figura 81. Calidad del agua superficial de la cuenca Lerma-Chapala.



---

Los diez grandes retos del agua en la Región Centro Occidente.

A lo largo de este documento se han recorrido los principales aspectos que tienen que ver con el agua en la Mesorregión Centro Occidente. Si bien existe un sinnúmero de problemas a nivel regional en materia de agua, podemos destacar 10 que son claves para entender su situación actual y evitar una escasez del recurso en el futuro próximo.

La oferta de agua en la región presenta una gran variación en cada zona. De acuerdo con las divisiones administrativas que ha establecido la CNA, hay regiones que cuentan con menos de 7 km<sup>3</sup> de agua al año, mientras que otras disponen de más de 39. Ello en sí mismo no es un problema sino hasta que se toma en consideración el lado de la demanda regional de agua.

La escasez de agua en Mesorregión Centro-Occidente es un fenómeno que tiene que ver con las características de cada zona de la región, se deriva del marcado contraste que existe en las diferentes zonas entre oferta y demanda de los recursos hídricos.

Hay regiones con poca agua pero una demanda elevada del recurso, mientras que otras (generalmente en el Noroeste y costa del Pacífico) cuentan con recursos hídricos abundantes y demandas moderadas de los mismos. Esto ocasiona que algunas cuencas presenten un grado de presión alto sobre los recursos hídricos con que cuentan.

En general existe un número elevado de acuíferos sobreexplotados, y la tendencia de este fenómeno es a la alza. La Mesorregión Centro-Occidente presenta todavía un rezago en infraestructura para captar mayores volúmenes de agua superficial.

En cuanto a la cobertura de agua potable y alcantarillado, hay también contrastes entre cuencas. Aquellas que presentan una mayor escasez del recurso son las que cuentan con mejores coberturas, mientras que las cuencas donde el agua es más abundante presentan porcentajes de coberturas menores.

En general, todavía falta mucho por avanzar en materia de saneamiento de aguas a nivel regional, aunque la situación es más apremiante en los cuerpos de agua superficial, ya que la mayoría de ellos reciben descargas de aguas residuales sin tratamiento.

El proceso de institucionalización de la gestión del agua en la región todavía tiene un camino largo que recorrer. De los Consejos de Cuenca existentes, sólo



algunos están consolidados, y faltan por establecerse varias Comisiones y Comités de Cuenca y de Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas).

La eficiencia promedio del agua destinada para riego en la Región Centro Occidente es baja, por lo que se requiere invertir más en tecnología para mejorar el rendimiento de la infraestructura para riego.

Los organismos operadores del servicio de agua potable y alcantarillado de las ciudades y municipios de la región presentan problemas financieros debido a que las tarifas son bajas y no alcanzan para cubrir los costos de operación, además de que la eficiencia en la recaudación es también baja.

Falta establecer mecanismos financieros que permitan cubrir las necesidades de inversión que enfrenta la industria regional del agua en las dos décadas por venir.