

PROBLEMAS PRINCIPALES EN LA CUENCA LERMA-CHAPALA: DEMANDAS FUTURAS DE AGUA SEGÚN TRES ESCENARIOS

Joaquín Huerta Meza¹

Introducción

Para lograr un mejor aprovechamiento y preservación del agua en el país, la Comisión Nacional del Agua (CNA) desarrolla un importante proceso de planeación en el cual se promueve la participación de los usuarios y se plantea un manejo del agua por cuencas hidrológicas en lugar del tradicional manejo por entidades federativas. En la primera fase del proceso se dividió al país en 13 gerencias regionales, delimitadas con criterios hidrológicos. La segunda fase consistió en la elaboración de los estudios conocidos como **diagnósticos hidráulicos regionales**. En la tercera fase se definieron los lineamientos estratégicos para el desarrollo hidráulico a partir del conocimiento de la problemática en cada región, de las causas que la originan y los efectos que producen. Estos se han realizado con la participación de los usuarios del agua con lo cual al enfoque técnico que tradicionalmente ha formado parte de la ingeniería, se agrega el enfoque social, lo que resulta en un proceso enriquecedor encaminado también a dar continuidad a las acciones a emprender.

Se ha iniciado ya la siguiente fase del proceso que consiste en elaborar los programas hidráulicos regionales. En el caso de la Región Lerma Santiago Pacífico se están desarrollando programas hidráulicos para las cuencas: Lerma-Chapala, Santiago y Costas de Jalisco y Michoacán. Dichos programas contendrán las acciones específicas a realizar en cada cuenca y se elaborarán a partir de los diagnósticos, lineamientos estratégicos y programas hidráulicos estatales. Las inversiones requeridas para las acciones definidas en los programas hidráulicos de las cuencas indicadas, se incorporarán en los presupuestos a los niveles federal, estatal y municipal en los que deberán participar también los consejos y comisiones de cuenca, así como los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), con lo cual el proceso planteado habrá iniciado su consolidación. Posteriormente se implantarán los esquemas de monitoreo y evaluación de los avances y resultados obtenidos para efectuar en su caso, los ajustes a los programas hidráulicos originalmente definidos.

¹ **Subgerente de Programación**, Gerencia Regional Lerma Santiago Pacífico, Comisión Nacional del Agua, Federalismo No. 275, Guadalajara, Jal. MEXICO (joahuerta@yahoo.com).

Información Básica de la Cuenca Lerma-Chapala

La cuenca Lerma-Chapala es una de las más importantes de México con una creciente demanda de agua debido al crecimiento de la población y a la intensidad de las actividades en todos los sectores productivos. Cubre los estados de México, Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, con una superficie de 58,335 km², que representa el 3% del territorio nacional y concentra más del 9% de la población total del país. En 1995 el Producto Interno Bruto de la cuenca se estimó en 109 mil millones de pesos (US\$ 11.5 mil millones).

La precipitación promedio anual en la región es de 736 mm, inferior a la media nacional (779 mm). En la cuenca se tiene un volumen medio anual precipitado de 41,126 millones de metros cúbicos (Mm³) de los cuales aproximadamente 10,000 Mm³ representan la disponibilidad natural con un 60% proveniente de las aguas superficiales y el 40% restante de aguas subterráneas. La disponibilidad per cápita en la cuenca es de 1,017 m³/hab/año, lo que implica estar en el rango de disponibilidad baja. Imperan condiciones de escasez en el Alto Lerma y Media Lerma con disponibilidades menores de 900 m³/hab/año.

El volumen de extracción de la cuenca es de 8,210 Mm³ que representan del orden del 5% del total nacional. Prácticamente el 100% de las extracciones se utilizan para usos consuntivos, como son el agrícola (XI%), municipal (14%), industrial (3%) y pecuario (2%). Destaca el uso hidroagrícola en el Media y Bajo Lerma con 86% y 89% de las extracciones para uso consuntivo respectivamente.

En la cuenca se localiza la tercera parte de los 122 acuíferos identificados y aprovechados de la región Lerma Santiago Pacífico. Asimismo, existen en ella dos terceras partes de los 35,000 aprovechamientos de agua subterránea de la región. En aguas subterráneas se tiene una recarga de 4,010 Mm³ y una extracción de 4,545 Mm³. Los acuíferos más sobreexplotados son: Pénjamo-Abasolo, Valle de Celaya, Valle de León, La Laja, Laguna Seca, Valle de Silao-Romita (en el estado de Guanajuato) y Toluca (México). En ellos se realiza dos tercios (67%) de la sobreexplotación de la cuenca. A nivel de subcuencas, el déficit más importante se presenta en la del Media Lerma como se describe abajo.

En cuanto a servicios, la cobertura de agua entubada es del 88% y de drenaje 77%. Además la cuenca aporta volúmenes importantes de agua potable a las ciudades de México y Guadalajara. Cerca de 1.1 millones de habitantes de la cuenca aún no tienen acceso al servicio seguro de agua potable y 2.2 millones carecen del servicio de alcantarillado.

Desequilibrio Hidrológico

Aguas superficiales

El problema de disponibilidad de agua superficial en la Cuenca Lerma-Chapala es en general ya crítico. Esta situación es resultado, principalmente, de la creciente extracción y derivación de caudales para riego agrícola, de la construcción de infraestructura de captación y almacenamiento y del grado de sobreexplotación en la cuenca **que** aumenta aguas abajo del Río Lerma. Considerando que:

$$\text{Índice de sobreexplotación} = \frac{\text{extracción} + \text{volumen comprometido aguas abajo}}{\text{oferta real de agua}}$$

Las subcuencas del Lerma tienen los valores del índice de sobreexplotación indicados en el Cuadro 1, el cual demuestra el desequilibrio alarmante de las **aguas** de la cuenca.

Cuadro 1. Índices de sobreexplotación de agua por subcuenea

| Subcuenea | Índice de sobreexplotación |
|-------------|----------------------------|
| Alto Lerma | 2.2 |
| Medio Lerma | 2.6 |
| Bajo Lerma | 4.0 |

Aguas subterráneas

La situación del agua subterránea en la Cuenca Lerma-Chapala es también crítica. De los 40 acuíferos identificados y en explotación prevalecen condiciones de sobreexplotación en los siguientes 17: Toluca, Ixtlahuaca-Atlacomulco, Acámbaro, Ciénega-Moroleón, Valle de la Cueva, Laguna Seca, San Miguel Allende, La Laja-San Felipe, Valle de Celaya, Querétaro, Amascala-La Griega, Salvatierra, Valle de Silao- Romita, Valle de León, Valle Río Turbio, Irapuato, Pkñjamo-Abasolo.

Por subcuencas, a pesar de que el balance es positivo en el Alto Lerma con una disponibilidad de 15 Mm³, se tienen 3 acuíferos sobreexplotados, en los que la extracción excede en 91 Mm³/año a la recarga. En el Medio Lerma la extracción excede en cerca de 687 Mm³ por año a la recarga y 14 de sus 20 acuíferos presentan un balance negativo. La sobreexplotación de los acuíferos, las prácticas inadecuadas de riego y la falta de obras de drenaje han ocasionado la pérdida de la capacidad productiva del suelo.

Degradación de calidad del agua en la cuenca

De acuerdo al Índice de Calidad del Agua la Cuenca Lerma-Chapala se califica como contaminada, estableciéndose a lo largo del cauce principal variantes de acuerdo al uso del agua. Así los tramos Almoloya-Solís y Salamanca-Irapuato del río Lerma presentan condiciones críticas para el uso agrícola, el de Abasolo-La Piedad se califica como contaminada para riego y el de Yurécuaro-Lago Chapala como levemente contaminada para riego y contaminada para abastecimiento de agua a la población. En los ríos Lerma y Turbio la contaminación es por compuestos clorados y toxicidad.

Se tienen problemas de contaminación en los acuíferos de Toluca-Lerma, Querétaro, Cuitzeo-Acambaro y Lehn. Se califican como contaminados los Lagos Pátzcuaro y Cuitzeo por plaguicidas. Además de lo anterior, existe el problema de asolvamiento por el cambio de uso de suelo, principalmente para la explotación de la actividad pecuaria. Estas subcuencas muestran la misma tendencia que la mayor parte del país, una pérdida gradual y continua de la calidad del agua. Así mismo, los principales contaminantes encontrados en las fuentes superficiales fueron coliformes, sólidos suspendidos y materia orgánica.

Baja eficiencia del aprovechamiento de agua

En el sector agrícola, la eficiencia de conducción de los distritos de riego se estima en 65%, con valores altos en la Begoña (84%) y en riego por bombeo (77%). Sin embargo, las eficiencias de aplicación a nivel parcelario son del orden del 60%, lo cual arroja una eficiencia global del 50% e incluso menor. Respecto a la pequeña irrigación no se cuenta con información, aunque se conoce que son un poco mayores o prevalecen condiciones similares a las de los distritos de riego.

En el abastecimiento de agua a la población, existe una amplia variación en las dotaciones per capita, fluctuando de 3 16 litros por habitante por día en el Alto Santiago, a menos de 95 en la Costa de Michoacán, siendo la dotación promedio de 246 l/hab/día para la región Lerma - Santiago - Pacífico. En el sector industrial la información no es suficiente para establecer su nivel de eficiencia. No obstante, se estima que es posible mejorarse modernizando sus procesos o estableciendo sistemas de recirculación o reuso, motivados con el establecimiento de pagos de derechos por el uso o aprovechamiento del agua.

Capacidad instalada de saneamiento municipal fuera de operación

Para la cuenca Lerma-Chapala, la descarga estimada de aguas residuales proveniente de los sistemas de alcantarillado con una cobertura de 75% es de 465 Mm³/año (14,750 l/s). La mayoría de las descargas se envían a cuerpos de agua o drenes agrícolas sin previo tratamiento. La Ciudad de León vierte en sus seis descargas 119,233m³/día (1,380 l/s) al Río Turbio

(también Río Leon), sin tratamiento alguno. En la cuenca existen 43 plantas de tratamiento en operación, con un gasto de operación reportado de 3,015 l/s (20% de las aguas residuales generadas). Respecto al tratamiento de aguas residuales industriales, se tiene una capacidad instalada para tratar 220,835 m³/día (2,556 l/s), capacidad ligeramente superior a la generación de aguas negras del sector. En general, el caudal tratado es menor a la capacidad instalada, debido entre otras causas a falta de recursos para la operación de las plantas, mal estado de las mismas, insuficiente vigilancia por parte de las autoridades para el cumplimiento de la normatividad.

Infestación por malezas acuáticas

La infestación por malezas acuáticas es una situación que se presenta en la mayoría de los embalses naturales y artificiales de la cuenca, presentándose variaciones en el tiempo en cuanto a la densidad de los organismos y el porcentaje de cobertura del espejo de agua. El origen principal del nitrógeno y fósforo que provocan la eutroficación son las descargas de agua residual de tipo municipal, crudas o tratadas. Los sistemas de tratamiento existentes en la cuenca y en general los de nuestro país, están diseñados para la remoción de materia orgánica, obteniéndose remociones moderadas o marginales de nutrientes o bien transformando las formas reducidas de nitrógeno a formas oxidadas igualmente disponibles para el crecimiento de organismos.

Dentro de los principales embalses afectados por la infestación de malezas acuáticas, destacan las presas de Tepuxtepec (Alto Lerma), Rosario (Medio Lerma) y Urcpetiro (Bajo Lerma) además de otros cuerpos de agua de los que se tiene información relativa a la superficie máxima de infestación alcanzada y/o la fracción del espejo de agua afectada. Si bien los cuerpos de agua de la Cuenca Lerma-Chapala infestados son utilizados primordialmente con fines de actividad hidroagrícola, en los Lagos de Chapala, Pátzcuaro y Yuriria existe actividad turística que se ve afectada por el deterioro estético y ambiental que sufren dichos embalses.

Sequía e inundaciones

Se presentan ciclos secos de baja frecuencia (20 años) con amplitudes grandes, por lo que en los últimos años se ha originado la disminución del volumen del Lago de Chapala, ecosistema principal de la cuenca. Además hay daños causados al sector agrícola afectando principalmente a la agricultura temporal, incluso en los años en que el ciclo se comporta cerca de la precipitación media. En cuanto a las sequías, se registró un ciclo seco tan severo que alcanzó la clasificación de sequía durante los años 1945-1955, sin embargo no se dispone de información para medir la magnitud de los daños que ocasionó.

No obstante que no existe coincidencia regional de los eventos climatológicos máximos y que en la Cuenca Lerma-Chapala existe discontinuidad en lluvias torrenciales, se presentan

inundaciones del tipo regional provocadas. La causa principal de las inundaciones es falta de capacidad del cauce principal, que al llenarse no permite la libre incorporación de los escurrimientos de sus afluentes. Esto provoca el remanso de los mismos hasta desbordar, además que la capacidad de las obras de excedencias de la infraestructura principal no es congruente con la capacidad de los cauces, ocupando con sus vertidos la capacidad máxima del cauce.

Deficiencias de la red de medición y monitoreo del recurso

Se detecta una deficiencia en la disponibilidad de datos sobre el comportamiento del sistema hidrológico de la cuenca. En las redes de medición hidrométrica y climatológica hay inseguridad en la recopilación de campo de la medición de los eventos principalmente en estaciones ubicadas en sitios de difícil acceso. La condición de los equipos ha deteriorado por la falta del mantenimiento sistemática y/o modernización de los mismos. Además el flujo de la información presenta problemas en su concentración y procesamiento, limitando su disponibilidad. En cuanto a los elementos que integran las redes, tomando en cuenta las modificaciones del comportamiento hidrológico del sistema por el alto grado de aprovechamiento alcanzado en la cuenca se requiere una adecuación.

La red geohidrológica no está totalmente definida, como en el caso de la hidrometría o climatología, al estar integrada con pozos que no siempre cumplen con las condiciones necesarias para realizar las mediciones. No se realizan en forma sistemática las mediciones requeridas ni tampoco la información recopilada se integra en bases de datos.

Escenarios a Futuro

Para conocer el comportamiento de la demanda de agua de los sectores usuarios (energía eléctrica, hidroagrícola, público-urbano, pecuario, industria y otros servicios) hacia el año 2020, se han planteado tres escenarios de evolución de la demanda de agua considerando diferentes condiciones de las variables más importantes que modifican su comportamiento. La comparación de estas demandas con la disponibilidad media anual real de agua tanto a nivel de la Cuenca Lerma-Chapala como en las diferentes subcuencas en que se ha dividido ésta, permiten conocer el impacto de dichos escenarios sobre la disponibilidad. En el planteamiento de estos escenarios intervienen condiciones básicas generales como el crecimiento de la población que aplican a todos los sectores de usuarios, sin embargo, existen condiciones particulares que serán tratadas al definir los escenarios. Entre las principales figuran:

- cobertura de servicios de agua potable y alcantarillado sanitario
- la infraestructura existente
- prácticas y eficiencias en el uso del recurso
- magnitud y distribución de las demandas de los principales usuarios

- tasas de crecimiento para cada uno de los sectores usuarios
- inversiones y recursos destinados al sector hidráulico de la cuenca

Los escenarios planteados son los siguientes

- E1.** Escenario mínimo o de ausencia de acciones o de posibles montos de inversión inferiores a los de los últimos años. En el se mantienen los niveles de cobertura de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento total como están actualmente. La población crece aceleradamente, no se mejora la eficiencia en los diferentes usos del agua, se conservan los niveles de industrialización actuales, el crecimiento económico es reducido, las superficies bajo riego crecen poco o no crecen_ y en general **no** se progresa substancialmente.
- E2.** Caracterizado por acciones de nivel medio para mantener una situación estable en su caso, mejorarla moderadamente. Aquí las acciones son limitadas para evitar así la degradación del recurso en ambos aspectos, calidad y cantidad. En cuanto a la calidad del recurso, se consideran diferentes actividades para evitar o disminuir la tendencia actual de degradación.
- E3.** Escenario máximo de acciones óptimas para el desarrollo sustentable y la prestación satisfactoria de los servicios. Los niveles de servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento se incrementan en tal forma que se llega a cubrir el 100% de la población, el crecimiento demográfico alcanza las metas de CONAPO que consideran tasas de crecimiento medias anuales de 1.25% a partir del periodo 2000-2005 disminuyendo hasta 0.57% en el periodo 2015-2020, se mejoran las eficiencias en todos los usos, hay avances importantes en la industrialización del estado, se amplían las superficies bajo riego donde esto puede ocurrir y por lo tanto haya un crecimiento importante de la economía y la región alcance un desarrollo sustentable.

En los Cuadros 2, 3 y 4, se presenta la integración de los resultados obtenidos en relación con las demandas futuras de agua según los escenarios planteados para los sectores usuarios indicados en las subcuencas de Lerma-Chapala y en el Cuadro 5 se desglosan estas demandas por sector usuario para el E2. En la demanda del uso público urbano se incluye el suministro de agua a las zonas metropolitanas de las ciudades de México y Guadalajara considerando que provendrá fundamentalmente de los pozos de la zona de las Lagunas de Almoloya para la primera y de la cuenca del río Verde para la segunda. La proyección de la demanda pecuaria es la misma en los tres escenarios. Acciones de rehabilitación y modernización de la infraestructura de riego y de utilización de sistemas ahorradores de agua y fertirrigación y sistemas de riego presurizado, permitirán la disminución de la demanda de agua del sector agrícola indicada en el Cuadro 5.

Cuadro 2. Proyección del balance hidráulico al año 2020 (escenario E1, Mm³/año)

| Subcuenca | Proyección de la demanda (Mm ³ /año) | | | Disponibilidad | Balance al año 2020 |
|--------------|---|--------------|--------------|----------------|---------------------|
| | 2000 | 2010 | 2020 | | |
| Alto Lerma | 2,012 | 2,089 | 2,144 | 1,972 | -172 |
| Medio Lerma | 4,995 | 5,201 | 5,329 | 4,310 | -1,018 |
| Bajo Lerma | 1,461 | 1,527 | 1,553 | 488 | -1,064 |
| Total | 8,468 | 8,817 | 9,026 | 6,770 | -2,256 |

Cuadro 3. Proyección del balance hidráulico al año 2020 (escenario E2, Mm³/año)

| Subcuenca | Proyección de la demanda (Mm ³ /año) | | | Disponibilidad | Balance al año 2020 |
|--------------|---|--------------|--------------|----------------|---------------------|
| | 2000 | 2010 | 2020 | | |
| Alto Lerma | 1,990 | 2,074 | 2,142 | 1,972 | -170 |
| Medio Lerma | 4,948 | 5,121 | 5,212 | 4,310 | -902 |
| Bajo Lerma | 1,452 | 1,507 | 1,518 | 489 | -1,030 |
| Total | 8,390 | 8,702 | 8,872 | 6,770 | -2,102 |

Fuente: CNA (1999b).

Cuadro 4. Proyección del balance hidráulico al año 2020 (escenario E3, Mm³/año)

| Subcuenca | Proyección de la demanda (Mm ³ /año) | | | Disponibilidad | Balance al año 2020 |
|--------------|---|--------------|--------------|----------------|---------------------|
| | 2000 | 2010 | 2020 | | |
| Alto Lerma | 1,977 | 2,056 | 2,123 | 1,972 | -152 |
| Medio Lerma | 4,914 | 4,967 | 4,949 | 4,310 | -639 |
| Bajo Lerma | 1,444 | 1,461 | 1,434 | 488 | -945 |
| Total | 8,335 | 8,484 | 8,506 | 6,770 | -1,736 |

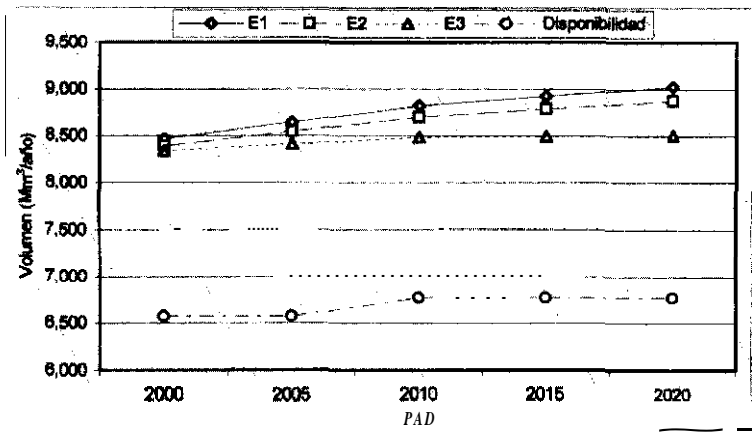
Cuadro 5. Demanda futura por uso consuntivo (escenario E2, Mm³/año)

| Subcuenca, Año | Público-Urbano | Hidro-Agrícola | Pecuario | Industrial | Energía | TOTAL |
|-----------------|----------------|----------------|--------------|--------------|-----------|--------------|
| Año 2000 | | | | | | |
| Alto Lerma | 629.7 | 1,193.3 | 52.8 | 113.9 | | 1,990 |
| Medio Lerma | 549.1 | 4,041.0 | 199.0 | 140.6 | 18.5 | 4,948 |
| Bajo Lerma | 112.6 | 1,244.4 | 74.9 | 20.3 | | 1,452 |
| Total | 1,291.4 | 6,478.7 | 326.7 | 274.8 | 20 | 8,390 |
| Año 2010 | | | | | | |
| Alto Lerma | 678.7 | 1,186.1 | 89.1 | 120.2 | | 2,074 |
| Medio Lerma | 613.9 | 4,003.7 | 336.2 | 148.3 | 18.5 | 5,121 |
| Bajo Lerma | 124.9 | 1,233.0 | 127.3 | 21.4 | | 1,507 |
| Total | 1,417.5 | 6,422.8 | 552.6 | 289.9 | 20 | 8,702 |
| Año 2020 | | | | | | |
| Alto Lerma | 736.5 | 1,179.0 | 97.9 | 128.8 | | 2,142 |
| Medio Lerma | 681.4 | 3,966.4 | 386.2 | 159.0 | 18.5 | 5,212 |
| Bajo Lerma | 135.7 | 1,221.7 | 137.3 | 23.0 | | 1,518 |
| Total | 1,553.6 | 6,367.1 | 621.4 | 310.8 | 20 | 8,872 |

Fuente: CNA (1999 b).

Para la Cuenca Lerma-Chapala puede observarse en los Cuadros 2, 3 y 4 que los mayores incrementos de la demanda entre el año 2000 y 2020, se presentan en el E1 en el cual los recursos destinados al sector hidráulico son mínimos. La demanda disminuye en los E2 y E3 debido a la mayor asignación de recursos económicos, sin embargo aún en el E3 con recursos económicos ilimitados, la demanda sigue creciendo y el déficit anual es del orden de 1,736Mm³. Para las subcuencas, los mayores incrementos en la demanda se presentan en las subcuencas Alto y Medio Lerma en los E1 y E2 y en el Alto Lerma en el E3.

La comparación entre la oferta y la demanda de agua (Figura I) tanto en el ámbito de cuenca como subcuenca, muestra que en ninguno de los tres escenarios se presentan condiciones de sustentabilidad habiendo déficit en todo el periodo de planeación considerado. Los déficits disminuyen ligeramente a medida que se incrementan los recursos económicos, pasando de 2,256 Mm³ en el E1 a 1,736Mm³ anuales en el E3 por una disminución de 23%. Estos déficits alarmantes se satisfacen con el abatimiento de los acuíferos de la cuenca y de la pérdida de volumen almacenado en los cuerpos superficiales, principalmente el Lago de Chapala.



Nota. En la estimación en la disponibilidad de agua se ha considerado tanto la importación como la exportación a otra cuencas y la evaporación.

Figura 1. Disponibilidad y demanda de agua en la Cuenca Lerma-Chapala

De seguir estas tendencias futuras, es evidente que habrá dos opciones primordiales: 1) dejar que el creciente competencia intersectorial, o hasta incluso conflicto, por el agua acabe con el recurso, o 2) plantear un esquema de manejo de la cuenca con el fin de controlar la demanda mediante la aplicación de herramientas de planeación, soluciones técnicas y económicas más adecuadas a las condiciones reales de los usuarios del agua.

Objetivos y Estrategias Regionales

Los objetivos generales de la planeación en la Cuenca Lerma-Chapala son acordes con los objetivos nacionales de política hidráulica establecidos en el Programa Hidráulico 1995-2000, y con otros lineamientos federales:

- incrementar la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado
- ampliar la disponibilidad de agua para la producción agropecuaria
- modernizar las redes de medición del sistema hidrológico
- disminuir los daños ocasionados por fenómenos extremos
- disminuir la contaminación mediante la participación conjunta de los tres niveles de gobierno, la iniciativa privada y la sociedad, apoyándose en la aplicación de instrumentos económicos para la construcción y operación de la infraestructura de saneamiento
- instrumentar tarifas y cuotas realistas para todos los usos
- aplicar en forma plena el marco normativo vigente
- fortalecer y consolidar el funcionamiento de los consejos de cuenca y COTAS existentes, así como impulsar la integración de los faltantes

- impulsar la creación de las comisiones estatales de agua para la transferencia de las funciones operativas, y el fortalecimiento de los organismos operadores de agua potable y de las asociaciones de usuarios de nego
- establecer sistemas y tecnologías ahorradoras de agua, apoyándose en la aplicación de instrumentos económicos y coercitivos, así como en la capacitación y concientización de la sociedad, los usuarios y las autoridades

Para la implementación de acciones concretas, en el Cuadro 6 se presenta el resumen de los montos de inversión requeridos en el escenario E2 que es el que se cree más factible. Estas se presentan según los diferentes componentes de la nueva estructura programática, para cada una de las subcuencas y por quinquenio hasta el año 2020. Como puede observarse en dicho cuadro, la inversión total requerida hacia el año 2020 asciende a poco más de 23 mil millones de pesos (US\$ 2.4 mil millones). Destaca la prioridad de las inversiones en la subcuenca Medio Lerma con más del 50% de las mismas seguida por el Alto Santiago con el 35%. Destaca también el hecho de que la mayoría de las inversiones en las tres subcuencas se plantean en el corto y mediano plazo (2001-2005 y 2006-2010). En el Cuadro 7 se presenta, a manera de ejemplo, el desglose del programa de agua potable para la subcuenca Medio Lerma.

Cuadro 6. Programa de acciones (inversiones en millones de pesos), Cuenca Lerma-Chapala, 2001-2020

| Subcuenca: | ALTO LERMA | | | | MEDIO LERMA | | | | BAJO LERMA | | | | TOTAL |
|---|----------------|------------------|----------------|--------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|--------------|--------------|-----------------|
| | 2001-05 | 2006-10 | 2011-15 | 2016-20 | 2001-05 | 2006-10 | 2011-15 | 2016-20 | 2001-05 | 2006-10 | 2011-15 | 2016-20 | |
| Políticas Públicas e Implantación | 7.2 | - | - | - | 5.6 | - | - | - | 1.5 | - | - | - | 14 |
| Agua Potable | 368.0 | 1,537.0 | 1,695.4 | 220.0 | 1,053.6 | 2,136.1 | 2,148.2 | 235.5 | 341.3 | 52.9 | 53.2 | 44.8 | 9,993 |
| Alcantarillado y Saneamiento | 873.8 | 671.1 | 889.8 | 199.5 | 2,041.7 | 406.1 | 895.7 | 163.2 | 681.5 | 203.6 | 130.1 | 35.3 | 7,141 |
| Hidroagrícola | 352.1 | 87.1 | 87.1 | 117.8 | 332.9 | 390.8 | 390.8 | 791.6 | 479.9 | 83.3 | 83.3 | 117.5 | 3,314 |
| Control de Inundaciones | 294.4 | 294.5 | 294.5 | 78.8 | 343.7 | 343.5 | 343.5 | 140.0 | 96.9 | 96.8 | 96.9 | 96.9 | 2,520 |
| Medio Ambiente | 82.8 | 32.7 | 32.7 | - | 81.8 | 37.9 | 37.9 | - | 113.8 | 13.2 | 13.2 | - | 446 |
| INVERSION TOTAL | 1,976.4 | 2,722.4 | 2,979.6 | 818.1 | 3,869.3 | 3,314.5 | 3,916.2 | 1,330.3 | 1,684.8 | 449.2 | 376.7 | 294.3 | 23,429.6 |
| Subtotal por subcuenca (millones de pesos y % del total) | | 8,294 (35.4%) | | | | 12,330 (52.6%) | | | | 2,805 (12.0%) | | | 100% |

Nota. Las Inversiones consideradas corresponden al escenario E2 "Recursos monetarios con cierta restricción". US \$ 1=Mex\$ 9.50

Cuadro7. Programa de agua potable (inversiones en millones de pesos), subcuenca Medio Lerma.

| Acciones | Donde se aplica | 1er quinquenio | | | | | | | | | | Total | | | |
|---|--|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| | | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2010 | 2011 | 2015 | 2016 | | 202 | | |
| K005 Desarrollo infraestructura en zonas urbanas | | | | | | | | | | | | | | | |
| Incrementar el caudal de suministro mediante aguas superficiales del DR011 Alto Lerma, del Canal Alto Salamanca. Obras: acueducto, regulación, potabilización y distribución; rehabilitación y modernización del DR. | Zona Metropolitana de Querétaro, incluye a las poblaciones de Villa Corregidora y la Cañada, Edo. de México | | | | | 78.45 | 78.45 | 78.45 | 78.45 | 78.45 | | | | | 784.49 |
| Incrementar el caudal de suministro mediante importación de aguas superficiales del Río Exoraz, en Querétaro (cuenca del río Pánuco). Obras: acueducto, regulación, potabilización, y distribución. | Zona Metropolitana de Querétaro, incluye a las poblaciones de Villa Corregidora y la Cañada, Edo. de México | | | | | 129.3 | 129.3 | 129.3 | 129.3 | 129.3 | | | | | 1,292.9 |
| Ampliación de cobertura agua potable, grandes ciudades, para mantener medianas y pequeñas ciudades, para mantener los niveles de cobertura relativa | | 32.04 | 37.39 | 42.93 | 47.79 | 55.49 | 16.65 | 16.65 | 16.65 | 16.84 | 16.84 | 16.96 | 16.96 | 16.96 | |
| Ampliación de cobertura agua potable, grandes ciudades, para mantener medianas y pequeñas ciudades, para mantener los niveles de cobertura relativa | | 21.36 | 24.93 | 28.52 | 31.86 | 36.99 | 19.21 | 19.21 | 18.93 | 18.93 | 18.93 | 18.88 | 18.88 | 18.88 | 487.87 |
| Ampliación de cobertura agua potable en zonas rurales | | 58.79 | 67.37 | 72.80 | 62.86 | 68.99 | 7.71 | 7.71 | 10.24 | 10.24 | 11.28 | 11.28 | 11.28 | 11.28 | 428.91 |
| Incrementar el caudal de suministro mediante aguas subterráneas de los acuíferos de los Valles de San Juan del Río, El Saúz y Pedro Escobedo (cuenca del Alto Pánuco). Obras: acueducto, regulación, potabilización y distribución. | Zona Metropolitana de Querétaro, incluye a las poblaciones de Villa Corregidora y la Cañada, Querétaro. | | | | | 78.45 | 78.45 | 78.45 | 78.45 | 78.45 | | | | | 476.96 |
| Estudio, proyecto y provechamiento de aguas subterráneas subyacentes al cauce de los ríos Arguío, Lerma y Dueño. Tramo Markazua-La Piedad, para suministro de agua a ciudades medias y pequeñas. | En las siguientes poblaciones: Zamora, Penjamillo, Argamacutiro, Númerán, Zimáparo, Yurécuaro, Sla. Ana Pacueco y la Piedad Michoacán. | | | | | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | 7.30 | | | | | 73.00 |
| Incrementar el caudal de suministro mediante la importación de aguas superficiales del Río Verde (correspondiente a la cuenca Alto Santiago). Obras: acueducto, regulación, potabilización y distribución. | Zona Metropolitana de León, incluye a las poblaciones de San Francisco del Rincón, Purísima de Bustos y Sliaco, Gto | | | | | 78.45 | 78.45 | 78.45 | 78.45 | 78.45 | | | | | 784.49 |
| Subtotal | | 112.2 | 129.7 | 144.3 | 142.6 | 181.6 | 415.6 | 415.6 | 417.9 | 417.9 | 47.1 | 47.1 | 47.1 | 47.1 | 1,082.9 |
| K006 Rehabilitación | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inversión en obras de rehabilitación de redes y mejoramiento de sistemas, en grandes ciudades | León, Irapuato, Celaya, Guanajuato, San Miguel, Gto. | 74.7 | 74.7 | 74.7 | 74.7 | 74.7 | 6.71 | 6.71 | 6.71 | 6.71 | | | | | 440.53 |
| Incremento en la disponibilidad de agua servida a poblaciones e industria a través de programas de detección y corrección de fugas urbanas | Ciudades de la Subcuenca. | | | | | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | 5.00 | | | | | 50.00 |
| Subtotal | | 74.7 | 74.7 | 74.7 | 74.7 | 74.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 490.50 |
| Total Medio Lerma | | 186.9 | 204.4 | 219.0 | 217.2 | 236.2 | 427.2 | 427.2 | 429.6 | 429.6 | 47.1 | 47.1 | 47.1 | 47.1 | 1,583.4 |

Conclusiones

Cabe enfatizar los principales problemas por resolver establecidos durante el desarrollo del proyecto como altamente prioritarios de comun acuerdo con los usuarios. Entre los objetivos más importantes figuran la disponibilidad del agua, los impactos ambientales y el fortalecimiento y descentralización de la capacidad de manejo del agua en la cuenca.

Incrementar la oferta de agua disponible, mediante el aumento de la eficiencia en el uso y aprovechamiento del recurso, con énfasis en la conducción y aplicación hidroagrícola

La creciente demanda de agua originada por el crecimiento de la población y las actividades productivas, combinada con la susceptibilidad de la región a las fluctuaciones en precipitación y escurrimiento, hace necesaria la aplicación de recursos económicos, para la rehabilitación, construcción de infraestructura y aplicación de sistemas tecnológicos más eficientes. Los escenarios planteados muestran la necesidad de priorizar las inversiones hacia las subcuencas del Río Lerma. Los conflictos entre los usuarios del agua y la disminución de los volúmenes almacenados en el Lago de Chapala son los efectos más evidentes que deberán aminorarse mediante una exitosa gestión de los programas por ejecutar.

Minimizar los impactos ambientales negativos en los cuerpos receptores

Los impactos económicos resultado de la pérdida de especies de valor económico y alimenticio, las restricciones al uso productivo del agua y los efectos en la salud pública son de gran magnitud en la cuenca. Es primordial instrumentar los mecanismos tarifarios, para involucrar al usuario doméstico en el financiamiento de las obras de saneamiento y equilibrar los costos de operación y mantenimiento asociados a la operación sustentable de los sistemas de tratamiento. Es indispensable que los gobiernos federal y estatal no dejen de participar en estas acciones, con aportación de recursos financieros de los esquemas de inversión requeridos y otorgamiento de créditos preferenciales. Asimismo, se deberá cumplir con lo previsto en la Norma Oficial Mexicana 001 de 1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.

Impulsar la consolidación de los organismos operadores y su funcionamiento descentralizado, con autonomía financiera y capacidad de gestión eficiente

Es indispensable mantener la cobertura de los servicios de agua potable y alcantarillado en niveles adecuados considerando que el crecimiento de las ciudades grandes y medias de la cuenca requiere de organismos operadores consolidados, económicamente rentables y sujetos de crédito. La modernización de los esquemas tarifarios y los mecanismos de fijación y actualización de las tarifas por el servicio permitirán el incremento de la capacidad de genera

ción interna de caja de dichos organismos. El mejoramiento de la eficiencia de los sistemas, así como el rescate de la capacidad instalada de saneamiento de plantas fuera de operación u operando deficientemente, **son** efectos negativos que es necesario disminuir mediante la consolidación de los organismos.

Bibliografía

- CNA. 1999 a. “Diagnóstico de la Region Lerma-Santiago-Pacifico” Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación. México D F CNA.
- CNA. 1999 b. “Estudios de Prospectiva: Uso en Agua Potable, Uso en Industria, Uso en Producción de Alimentos.” Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación. México DF: CNA.
- CNA. 1999 c. “Lineamientos Estratégicos para el Desarrollo Hidráulico de las Regiones Hidrológicas Pertenecientes a la Región VIII, Lerma-Santiago-Pacífico.” Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación. México D F CNA.
- CNA. 2000 d. “Region VIII Lerma Santiago Pacifico” Síntesis Básica. Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación. México DF: CNA.
- CNA. 1998 a. “Procedimientos para la Formulación del Balance de Aguas Subterráneas.” Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación. México DF: CNA.
- CNA. 1998 b. “Procedimientos para la Formulación de Balance de Aguas Superficiales, Primera Parte.” Comisión Nacional del Agua. Subdirección General de Programación. México DF: CNA.