



**Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca  
Lerma-Chapala: Recomendaciones técnicas para las diecinueve  
subcuencas**

**Autores:**

Esthela Sotelo, Nayeli Cardona, Alejandra Fregoso, Carlos Enriquez,  
Arturo Garrido, Georgina Caire y Helena Cotler

**Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas  
Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y  
Conservación de Ecosistemas**

**Diciembre 2005**

# **Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca Lerma-Chapala**

Diagnóstico integrado y recomendaciones técnicas para las diecinueve  
subcuencas

## **CONTENIDO**

Acciones estratégicas para la recuperación de la cuenca Lerma-Chapala.....	2
Presentación.....	3
Antecedentes.....	6
Dinámica socioambiental de las subcuencas.....	11
Subcuenca Ignacio Allende.....	14
Subcuenca Alto Lerma.....	26
Subcuenca Antonio Alzate.....	34
Subcuenca Cuitzeo.....	41
Cuenca Propia del Lago de Chapala.....	46
Subcuenca Duero.....	52
Subcuenca Ignacio Ramirez.....	56
Subcuenca Itzuhuachacolo.....	60
Subcuenca Tepetitlán.....	63
Subcuenca La Pólvora.....	65
Subcuenca La Purísima.....	67
Subcuenca Lerma.....	72
Subcuenca Melchor Ocampo.....	77
Subcuenca Solís.....	82
Subcuenca Tepuxtepec.....	87
Subcuenca Yuriria.....	92
Subcuenca Zula.....	99
Subcuenca del lago de Pátzcuaro.....	104
Subcuenca Río Turbio.....	108
ANEXO I. SUBCUENCAS DE LA CUENCA LERMA CHAPALA.- Conformación por estados y municipios.....	112
ANEXO II. RECOMENDACIONES TÉCNICAS POR SUBCUENCA.....	113

## Presentación

El presente documento es el resultado de un proyecto de investigación que da cuenta de la problemática integral de la cuenca Lerma Chapala. El análisis presentado se realiza a partir de cada una de las subcuencas que integran la cuenca, pues se considera a estas últimas como la unidad de gestión más viable y adecuada para el tratamiento de la problemática ambiental de la cuenca, especialmente tratándose del establecimiento de acuerdos y compromisos con actores del sector gubernamental, social y privado. Este estudio constituye una herramienta de utilidad para la planeación y la toma de decisiones de actores locales y regionales en el marco del Acuerdo para la Recuperación y Sustentabilidad de la Cuenca Lerma Chapala, firmado en marzo del 2004 entre la Federación y los Gobiernos de las Entidades Federativas que participan en la cuenca.

Una aportación importante de este documento es la oportunidad de ubicar espacialmente, no sólo los principales procesos de degradación por subcuenca, sino también las alternativas de solución que pueden ser aplicadas identificando el conjunto de políticas públicas que incentivan las prácticas de manejo y conservación en esta zona. En este sentido, el estudio se compone de diecinueve apartados por subcuenca en los que se identifican los problemas ambientales y las recomendaciones técnicamente más adecuadas a nivel municipal, con el objetivo de brindar una guía para la elaboración de un plan de manejo de la cuenca que ayude, en su momento, a revertir el actual grado de deterioro ambiental.

Las características de los subsistemas económicos, los patrones demográficos y las dinámicas socioculturales que se conjugan en la Cuenca Lerma Chapala, han estructurado y organizado el territorio de una forma determinada, dando como resultado mecanismos diferenciados de apropiación de los recursos naturales en cada una de las diecinueve subcuencas. Por esta razón, el análisis de cada subcuenca se compone de dos grandes apartados. El primero muestra las características generales de la subcuenca tales como su extensión, ubicación dentro de la cuenca, estados y municipios que la integran y datos sobre su balance hídrico<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Los datos sobre el balance hídrico se obtuvieron de: PLADEYRA S.C. (2003). Estudio de Paisajes Hidrológicos y Balance Hídrico de la Cuenca Lerma-Chapala. Estudio elaborado a pedido del Instituto Nacional de Ecología. 135p.

En este apartado se muestra también la caracterización de la dinámica socioeconómica de la subcuenca correspondiente, resaltando datos sociodemográficos como el índice de marginación promedio en los municipios que la conforman; utilizando como referencia los Índices de Marginación del INEGI para el año 2000, número de habitantes por localidad, nivel educativo de la población y características de sus dinámicas urbana y rural. Se aportan además datos económicos tales como las actividades productivas predominantes, población ocupada por sector, generación del Valor Agregado Censal Bruto (VACB) por tipo de actividad económica y por municipio, nivel salarial, entre otros. Estos datos se obtuvieron del análisis de la dinámica económica de la cuenca, cuyos principales resultados se sintetizan en el artículo El Área de Influencia y la Dinámica Socioeconómica de la Cuenca Lerma Chapala, publicado en la gaceta ecológica de este instituto<sup>2</sup>.

El segundo apartado de cada subcuenca muestra los principales impactos ambientales, asociados a las actividades económicas que pudieran estar contribuyendo a su generación y/o agravamiento. Cada tipo de impacto se presenta acompañado por un conjunto de recomendaciones técnicas a nivel municipal. Estas recomendaciones se realizaron a partir del estudio de las condiciones presentes de los recursos agua, suelos y vegetación de cada subcuenca, y su diseño tiene como fin orientar la definición de estrategias para el aprovechamiento, recuperación y conservación de los recursos mencionados, pues sólo a través de la diversificación en el aprovechamiento de los ecosistemas y un manejo adecuado de los recursos naturales, se podrá controlar el deterioro ambiental de la cuenca y fortalecer, en la medida de lo posible, el funcionamiento de su sistema hidrológico.

Los insumos utilizados para este segundo apartado del diagnóstico por subcuenca son los siguientes:

1. Para el análisis espacial de los **procesos de degradación del suelo** se tomó como referencia la evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre

---

<sup>2</sup> Cardona, N. (2004) "El Área de Influencia y la Dinámica Socioeconómica de la Cuenca Lerma Chapala", En: La Cuenca Lerma Chapala, Gaceta Ecológica # 71, Instituto nacional de Ecología, 2º. Trimestre.

en la República Mexicana<sup>3</sup> y el Diagnóstico Biofísico y Socioeconómico de la Cuenca Lerma Chapala (INE 2004)<sup>4</sup>.

2. Los insumos cartográficos utilizados para analizar el **cambio en la cobertura vegetal y uso de suelo**, provienen del Inventario Nacional Forestal, IG-SEMARNAT (2001) y el análisis temporal de cambio de uso del suelo y vegetación para el periodo 1976-2000.
3. Los datos de **aguas residuales** por subcuenca se obtuvieron de los Indicadores de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de CNA (2003), así como de la información proporcionada por la Subgerencia de infraestructura hidráulica urbana, adscrita a esa misma institución.
4. La información acerca de las **presas y embalses artificiales** en las subcuencas proviene del estudio Inventario y evaluación de presas de la Cuenca Lerma-Chapala, INE (2005)<sup>5</sup>.
5. Los datos para analizar los **sistemas de producción** se obtuvieron del Estudio sobre sistemas de producción en la Cuenca Lerma Chapala.<sup>6</sup>
6. Para el **análisis geomorfológico** se utilizó un modelo de elevación y curvas de nivel, así como el estudio sobre paisajes hidrológicos de PLADEYRA<sup>7</sup>.
7. La información referente a **hidrología** se obtuvo de la cartografía del INEGI.

Adicionalmente, para en análisis de las condiciones socioeconómicas y ambientales de cada subcuenca se consultaron distintas fuentes de información, tales como artículos de divulgación, notas periodísticas, libros y medios electrónicos que se citan en cada apartado.

Consideramos pues, que un proyecto de esta naturaleza es una contribución de gran importancia, en la medida que señala y ubica geográficamente los principales problemas en materia ambiental que amenazan la funcionalidad de la cuenca. Correspondería a los

---

<sup>3</sup> SEMARNAT-Colegio de Posgraduados (2002) Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. Memoria Nacional, SEMARNAT-Colegio de Posgraduados, 58p.

<sup>4</sup> [http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/diag\\_lerma\\_chapala.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/diag_lerma_chapala.pdf)

<sup>5</sup> Cotler, H., y Gutiérrez (2005) Inventario y evaluación de presas de la Cuenca Lerma-Chapala, INE, para consulta electrónica en: [http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/inv\\_eval\\_presas.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/inv_eval_presas.pdf)

<sup>6</sup> Cotler, H., A. Fregoso y J.L. Pérez (2006) Caracterización de los sistemas de producción en la Cuenca Lerma Chapala, INE, para su consulta electrónica en [www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas)

<sup>7</sup> [http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/estudio\\_hidrologico\\_elch.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/estudio_hidrologico_elch.pdf)

actores locales y regionales buscar de entre las mejores prácticas aquellas que mejor se adapten tanto a su realidad social como ambiental.

### **Antecedentes**

Una cuenca hídrica constituye un territorio donde confluyen todos los arroyos que desembocan en un cuerpo de agua mayor, en el caso de la cuenca Lerma Chapala, este cuerpo de agua es el lago de Chapala. El territorio de una cuenca se delimita por su parteaguas, es decir, por las partes más altas de la cuenca. Como unidad espacial, la cuenca funciona como un sistema dinámico, complejo y abierto. De acuerdo a sus principales funciones hidrológicas, una cuenca puede dividirse en partes alta, media y baja, también llamadas zonas de cabecera, captación-transporte y emisión.

La zona de cabecera de una cuenca garantiza la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año. Dada la tendencia natural del flujo del agua, podemos afirmar que los procesos que suceden en las partes altas de una cuenca invariablemente tendrán repercusiones en las partes bajas, por lo que 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 protegen a los suelos de ser erosionados por el agua con la consecuente sedimentación y degradación de los ríos, y la pérdida de fertilidad en las laderas.

La zona de captación-transporte, normalmente la más extensa, se caracteriza por la concurrencia de los cursos de agua, sus materiales, sedimentos y nutrientes. Finalmente, la zona de emisión es la que recibe los cursos de agua que se encuentran en su estado más caudaloso y, dado el relieve, con menor energía. Muchos de los ecosistemas más productivos, como los humedales, se encuentran en esta zona. Dada la fragilidad de cada zona funcional, los procesos de degradación de tierras originarán impactos de diferentes magnitudes. Asimismo, las consecuencias dentro y fuera de cada zona son distintas.

La Cuenca Lerma Chapala se ubica en la parte centro occidente de México, comprendiendo un área de 53,591 km<sup>2</sup> que representa aproximadamente el 3% de la extensión total del territorio nacional y alberga al 11% de la población del país. Esta

cuenca abarca parcialmente el territorio de cinco estados en las siguientes proporciones: Guanajuato representa el 43.8% de la cuenca, Michoacán el 30.3%, Jalisco el 13.4%, Estado de México el 9.8% y Querétaro el 2.8% (Figura 1). Administrativamente se identifican 173 municipios con superficie relevante al interior de la cuenca<sup>8</sup>.

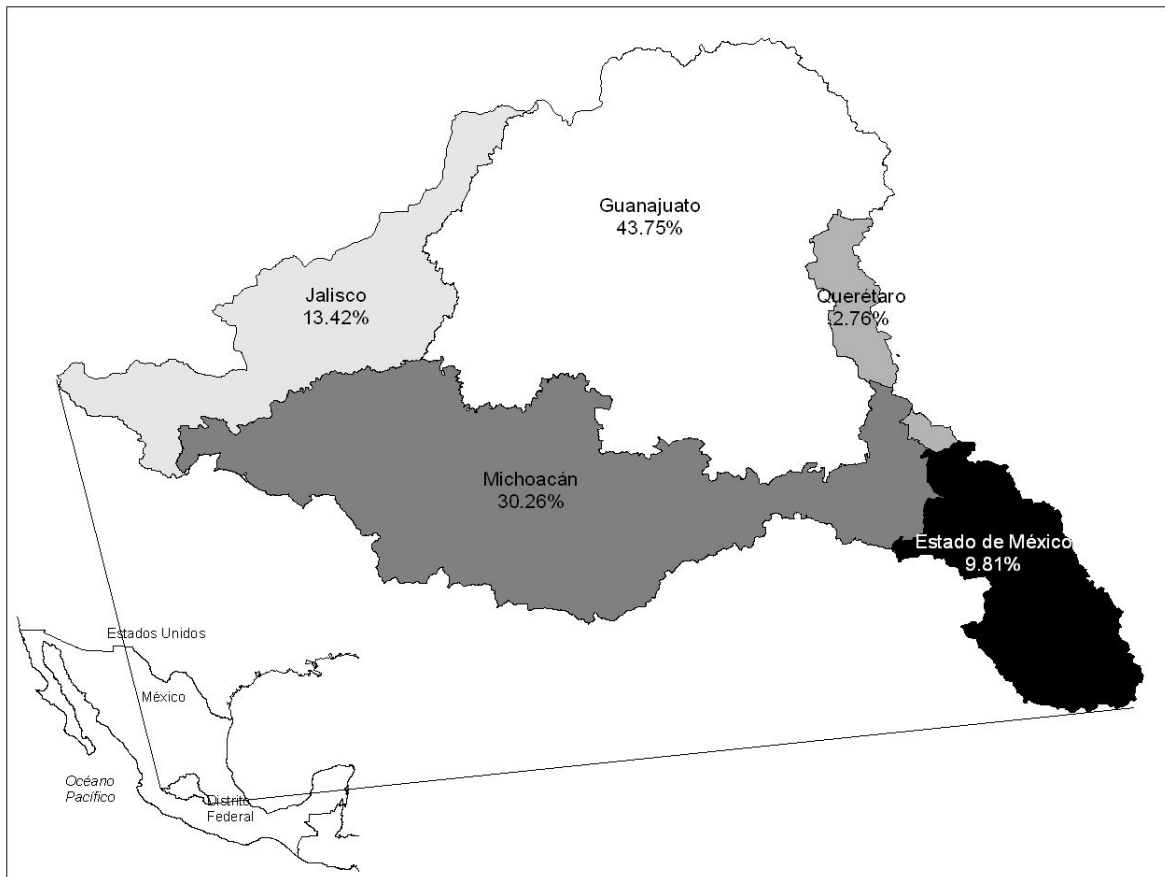


Figura 1. Ubicación de la cuenca en México y su división estatal

La corriente hidrográfica principal de la cuenca es el río Lerma, que nace en las laderas del Nevado de Toluca, a 4,690 metros sobre el nivel del mar (msnm) tiene una longitud aproximada de 705 km. y corre a lo largo de la cuenca hasta desembocar en el Lago de Chapala, a 1,600 msnm. Sus afluentes principales son el río Laja, el río Turbio y el río Angulo. El río Laja se origina en el municipio de San Felipe, colectando todos los tributarios en la región centro-norte, para confluir con el río Querétaro al noreste de Celaya, formando una sola corriente que se une al Lerma al sureste de la ciudad de Salamanca. El Río Turbio nace en el municipio de Purísima del Rincón y se conecta al Lerma pasando la ciudad de Irapuato, en los límites políticos de los municipios Pénjamo

<sup>8</sup> Son 205 municipios los que contienen alguna porción de superficie dentro de la cuenca Lerma-Chapala, sin embargo debido al propósito de este análisis solamente se incluyeron los 173 municipios que se ajustan con mayor exactitud al límite natural de la misma,

y San José Sixto Verduzco. Finalmente, el Río Angulo corre de sur a norte, incorporándose a la corriente del Lerma a la altura del municipio de Angamacutiro. Los principales cuerpos de agua *naturales* son los lagos de Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro y Yuriria.

Al interior de la cuenca Lerma Chapala se han delimitado diecinueve subcuencas o cuencas de menor orden, delimitadas en primer lugar por criterios de tipo hidrográfico, tales como hidrología superficial y topografía. Esto significa que cada subcuenca corresponde a un territorio con una red hidrográfica independiente, hasta que se conecta con otra red distinta, perteneciente a otra subcuenca. En segundo lugar, dicha delimitación toma en cuenta también criterios de disponibilidad y distribución geográfica de datos hidrométricos. En tercer lugar, además de los criterios puramente hidrográficos, se cerraron algunas subcuencas a partir de la presencia de un embalse artificial, pues la presencia de este tipo de embalses permite tomar a cada subcuenca como una unidad independiente (ver figura 2).

En el siguiente recuadro se puede observar el tamaño de las subcuencas y el porcentaje que cada una de ellas representa con respecto a la superficie de la cuenca y de los estados que las integran.

#### SUBCUENCAS DE LA CUENCA LERMA CHAPALA

SUBCUENCA	Superficie (km <sup>2</sup> )	% de la cuenca	Cabecera		Captación y transporte		Emisión	
			km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Alto Lerma	7509.1725	14.01	1255.11	16.72	6252.47	83.27	1.3	0.02
Antonio Alzate	2063.0600	3.85	577.15	27.97	1486.13	72.03	0.00	0.00
Chapala	3312.6350	6.18	605.72	18.28	706.40	21.32	2000.63	60.39
Cuitzeo	3814.1500	7.12	909.03	23.83	1714.98	44.97	1189.90	31.20
Duero	3553.6025	6.63	1014.62	28.55	1892.91	53.27	645.70	18.17
Ignacio Allende	6914.2950	12.90	1962.44	28.38	4951.76	71.62	0.00	0.00
Ignacio Ramírez	500.5600	0.93	181.24	36.22	319.17	63.78	0.00	0.00
Itzuhuachacolo	684.1500	1.27	422.64	61.79		0.00	261.40	38.21
La Purísima	2999.0700	5.60	562.86	18.77	2436.42	81.23	0.02	0.00
La Pólvora	307.0400	0.57	63	20.52	244.00	79.48	0.00	0.00
Lerma	5057.7200	9.44	993.47	19.64	2.14	0.04	4062.80	80.32
Melchor Ocampo	2205.2650	4.11	618.73	28.06	1505.22	68.26	81.30	3.69
Pátzcuaro	935.7775	1.75	405.04	43.29	0.4	0.04	530.2	56.67
Río Tubio	4802.9350	8.96	941.11	19.59	3861.74	80.41	0.00	0.00
Solís	3002.5425	5.60	751.3	25.02	2251.46	74.98	0.00	0.00
Tepetitlán	368.7475	0.69	161.38	43.73	207.63	56.27	0.00	0.00
Tepuxtepec	2643.1250	4.93	557.24	21.08	2085.59	78.92	0.00	0.00
Yuriria	1080.9900	2.02	365.12	33.78	715.74	66.22	0.00	0.00
Zula	1836.3925	3.43	428.63	23.35	1394.13	75.93	13.3	0.72
<b>TOTAL DE LA CUENCA</b>	<b>53591.23</b>	<b>100%</b>	<b>12775.83</b>	<b>23.84%</b>	<b>32028.29</b>	<b>59.76%</b>	<b>8786.55</b>	<b>16.40%</b>



Históricamente esta cuenca ha mantenido a numerosas culturas, las cuales adaptaron sus sistemas de producción a la disponibilidad natural del agua. Sin embargo, el desarrollo iniciado desde mediados del siglo pasado (1940-1970) promovió la proliferación de perforaciones y la construcción de importantes obras hidráulicas, que apoyaron en la instalación del corredor industrial Lerma-Toluca y al desarrollo de importantes asentamientos urbanos. Este acelerado crecimiento desató otro fenómeno, que acrecienta de manera alarmante el problema de escasez del agua: el de su contaminación.

Actualmente, las actividades productivas más importantes de la cuenca residen en el sector terciario (servicios, comercio), seguido del secundario (industrial) y posteriormente del primario (agricultura). Sin embargo, este último sector ocupa el 52% de la superficie de la cuenca, del cual 39.5% consume agua para riego.

Fenómenos como la pérdida de cobertura vegetal, la reducción y contaminación de diversos cuerpos de agua y la pérdida de suelos por distintos procesos de degradación, son algunos de los principales problemas ocasionados por los patrones de desarrollo seguidos a lo largo de la historia, que afectan la integralidad de la cuenca y que por su complejidad sólo pueden ser analizados desde una perspectiva sistémica, sin buscar su jerarquización. No obstante, dichos problemas van adquiriendo matices distintos, según las dinámicas socio-ambientales de cada subcuenca.

Dado que la complejidad que caracteriza a la cuenca Lerma Chapala supera el alcance de cualquier acción aislada, e impide la generalización en el diseño de alternativas de solución; consideramos que las subcuencas representan la unidad óptima de gestión y planeación, anteponiendo como prerrequisito la necesidad de la acción coordinada tanto de la federación, como de los municipios que integran cada subcuenca, los gobiernos estatales involucrados, y los distintos sectores productivos que en ellas se desarrollan.

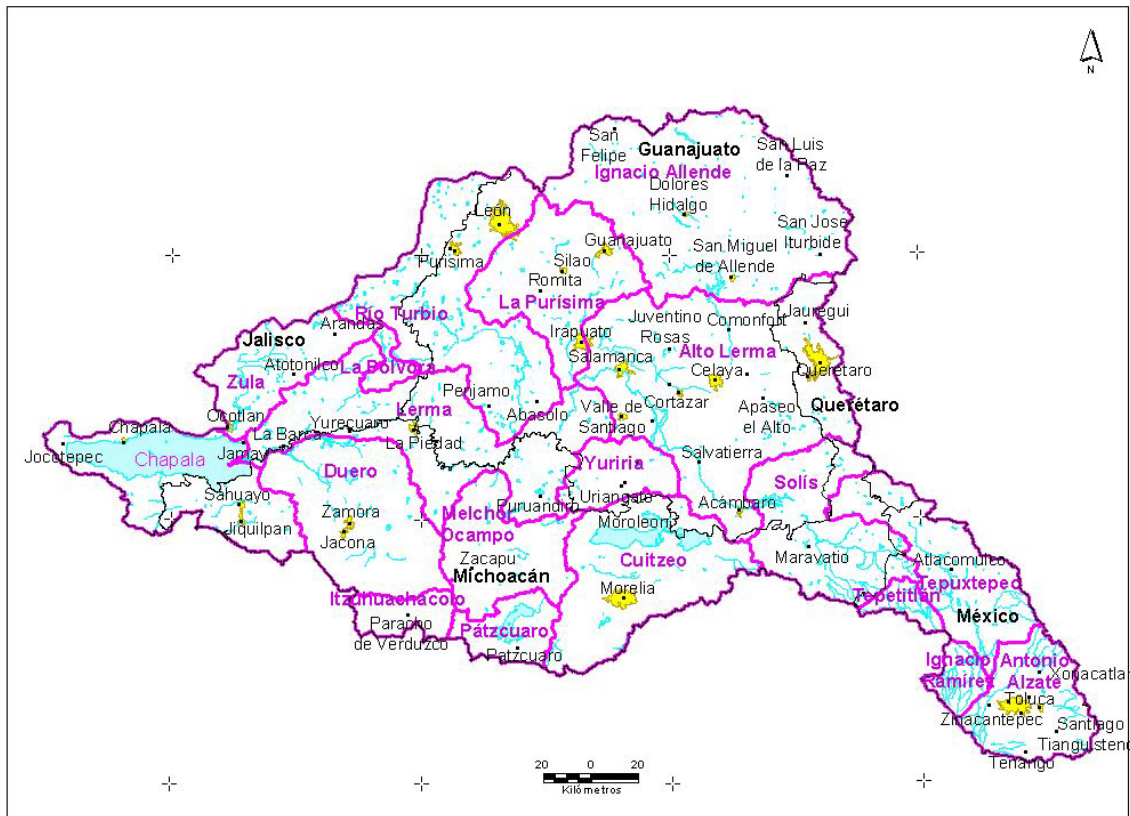


Figura 2: Subcuencas delimitadas al interior de la Cuenca Lerma Chapala

## **Dinámica socioambiental de las subcuencas**

En la porción norte de la cuenca se ubica la subcuenca Ignacio Allende, que contiene el área con mayor cubierta vegetal natural y biodiversidad de toda Lerma Chapala, lo cual aunado a la ubicación y extensión de la subcuenca, nos permite afirmar que esta zona presenta condiciones que favorecen la captación de agua. Estas características se conjugan con una densidad de población baja y una economía local basada en actividades del sector primario, por lo que para asegurar que esta subcuenca cumpla debidamente su función captadora de agua, resulta muy conveniente llevar a cabo acciones encaminadas a la conservación y restauración de la cobertura vegetal, la rehabilitación de suelos y la promoción de técnicas agropecuarias de menor impacto ambiental, sin descuidar aquellas que tienen que ver con un manejo integral del agua.

En la parte media de la cuenca, observamos una dinámica predominantemente industrial, formando un corredor que va del sureste al noroeste de la cuenca, a lo largo de los ríos Lerma, Turbio y Zula, en las subcuencas Antonio Alzate, Ignacio Ramírez, Tepuxtepec, Alto Lerma, La Pólvora, La Purísima, Río Turbio y Zula. Este tipo de subcuencas suelen caracterizarse por poseer valores de naturalidad<sup>9</sup> que van de muy bajos a medios. Otro rasgo distintivo es la presencia de grandes centros urbanos con densidades de población altas y una gran concentración de la población ocupada en los sectores secundario y terciario. En estas subcuencas, destaca el problema de sobreextracción y contaminación del agua utilizada en los distintos procesos productivos de las industrias, por lo que es muy importante desarrollar acciones que promuevan un uso más eficiente del recurso, así como el saneamiento de las aguas residuales e industriales, que drenan a las subcuencas contiguas y son utilizadas en su mayoría para riego agrícola.

Esta agua utilizada en los procesos industriales fluye hacia el sur de la cuenca, hacia las planicies aluviales de subcuencas Solís (ubicada al sureste) La Pólvora, Lerma y Duero (al suroeste de la cuenca). En estas subcuencas se registra un mayor porcentaje de

---

<sup>9</sup> El valor de naturalidad (VN) es un indicador de cambio de uso de suelo referente a la proporción de vegetación natural (con parches de vegetación secundaria). Este indicador expresa el mantenimiento de la cobertura vegetal natural en el análisis de cambio de uso de suelo entre 1976 y 2000 del Inventario Nacional Forestal.

población viviendo en comunidades rurales, que basan su economía en actividades predominantemente agrícolas y que mantienen una relación muy estrecha con los recursos naturales. En estas subcuencas, resulta fundamental llevar a cabo acciones de rehabilitación de suelos y estrategias para mejorar las técnicas agrícolas, con el fin de incrementar sus rendimientos y frenar los problemas de degradación de suelos, pues al problema de contaminación del agua por descargas urbano industriales generado cuenca arriba, se suma ahora un problema de contaminación por agroquímicos y un aumento en el arrastre de sedimentos, ocasionado por la pérdida de suelos, que incrementan los problemas de eutroficación y azolve de importantes embalses naturales ubicados en la zona de emisión.

Finalmente, en las zonas de emisión de la cuenca se ubican las subcuencas Chapala, Pátzcuaro, Cuitzeo y Yuriria, que a pesar de mantener una dinámica socioeconómica muy activa, ya sea por la presencia de determinado tipo de industria, una fuerte actividad turística o por la práctica intensiva de actividades agropecuarias; destacan por la importancia y la necesidad de realizar acciones de conservación y rehabilitación en los cuerpos de agua que se encuentran contenidos en las mismas y que son depositarios de los drásticos impactos acumulativos de todos los procesos que se suscitan en las partes alta y media de la cuenca .

Una situación similar se registra en las subcuencas Melchor Ocampo e Iztahuachacolo, las cuales a pesar de no poseer embalses naturales del tamaño de las anteriores, conservan un valor natural que va de alto a muy alto, por lo que se recomienda impulsar sobre todo medidas de conservación y rehabilitación de los ecosistemas terrestres, así como de manejo de suelos para frenar su degradación.

Según la información recién descrita, podemos agrupar a las 19 subcuencas en cuatro grandes conjuntos: subcuencas con un perfil más apto para implementar acciones de conservación, subcuencas de tipo industrial, subcuencas predominantemente agrícolas y subcuencas orientadas a la conservación y restauración de cuerpos de agua.

**PERFIL DE LAS SUBCUENCAS**

SUBCUENCA	VN*	POBLACIÓN	PO_sector (%)**			VACB*** (%)	PERFIL
			T	S	P		
ALTO LERMA	B	641,386	55	33	12	Industria 60	Industrial
A. ALZATE	M	1'633,113	57	36	7	Industria 57	Industrial
CHAPALA	B	412,714	45	31	24	Industria 65	Conservación orientada a cuerpos de agua
CUITZEO	A	978,448	64	25	11	Comercio 43	Conservación orientada a cuerpos de agua
DUERO	A	600,393	47	26	27	Comercio 45	Agrícola
I. ALLENDE	MA	564,654	44	35	21	Comercio 45	Conservación
IGNACIO RAMÍREZ	MB	184,634	35	41	24	Industria 68	Industrial
IZTAHUACHACOLO	MA	81,488	44	33	23	Industria 45	Conservación
LA PÓLVORA	M	40,000	30	37	33	Industria 58	Agrícola
LA PURÍSIMA	M	2,012,974	56	42	6	Industria 58	Industrial
LERMA	B	850,932	42	26	32	Comercio 47	Agrícola
M. OCAMPO	A	222,000	38	33	29	Industria 56	Conservación
PÁTZCUARO	MA	179,000	42	40	20	Comercio 48	Conservación orientada a cuerpos de agua
RÍO TURBIO	A	1'828,000	47	44	9	Industria 40	Industrial
SOLÍS	B	500,506	39	28	33	Comercio 56	Agrícola
TEPETITLÁN	MB	177,287	32	34	34	Comercio 80	Agrícola
TEPUXTEPEC	B	725,750	38	33	29	Comercio 70	Industrial
YURIRIA	M	181,034	44	41	15	Comercio 60	Conservación orientada a cuerpos de agua
ZULA	B	388,157	44	34	22	Industria 65	Industrial

\*Valor Natural (MB) Muy Bajo (B) Bajo (M) Medio (A) Alto (MA) Muy Alto

\*\*Población ocupada por sector (T) Terciario (S) Secundario (P) Primario

\*\*\*Valor Agregado Censal Bruto

## **Subcuenca Ignacio Allende**

La subcuenca Ignacio Allende es de gran importancia en términos del funcionamiento de la Cuenca Lerma Chapala por varias razones. La primera de ellas es que se trata de un área de gran extensión (6,914.2 km<sup>2</sup>) ubicada al norte de la cuenca con un régimen hídrico húmedo. En este sentido, resulta fundamental garantizar las funciones de infiltración que favorezcan los procesos naturales de recarga de mantos acuíferos que se ubican en la región y, con ello, contribuir a reducir su manejo deficitario (acuíferos Ocampo, Cuenca Alta del Río Laja y Laguna Seca). Del mismo modo, es importante mencionar que esta subcuenca es la que cuenta con mayor cubierta vegetal natural y biodiversidad a lo largo de la Cuenca Lerma Chapala, por lo que resulta conveniente procurar acciones dirigidas a asegurar un aprovechamiento adecuado de los recursos naturales para evitar su degradación.

Para lograr estos propósitos, las acciones que se recomiendan como más adecuadas son aquellas relacionadas con la implementación de programas de conservación en zonas de montaña, restauración en zonas de degradadas que afecten o pongan en riesgo el equilibrio de los ecosistemas naturales y, finalmente, dirigir programas que promuevan el aprovechamiento sustentable ante la necesidad de conservar y rehabilitar los suelos para evitar y controlar la erosión y favorecer la recarga de los acuíferos.

La ubicación de la subcuenca en un mismo estado, su baja densidad demográfica, la baja presión relativa sobre los recursos naturales y el alto grado de conservación de su cubierta vegetal, son factores que podrían facilitar la implementación de políticas de conservación en la región. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que existen obstáculos que podrían complicar la implementación de los mismos, tales como el alto grado de pluralidad política entre los municipios que podría afectar el establecimiento de acuerdos tratándose de proyectos intermunicipales; la limitada capacidad para diseñar, elaborar e implementar políticas con incentivos suficientes para la conservación de flora y fauna; y los limitados recursos que pueden ser aplicados a través de los programas federales o estatales a acciones de conservación y rehabilitación de suelos.

Por lo tanto, dada la importancia de esta subcuenca en términos regionales y el tipo de políticas que requiere y la incapacidad financiera de los municipios resulta

indispensable la participación del Estado de Guanajuato en coordinación con el Gobierno Federal para asegurar la consecución de los objetivos esperados.

La subcuenca Ignacio Allende comprende principalmente superficie de 10 municipios en las siguientes proporciones con respecto a su propio territorio: Allende, 84%; Doctor Mora, 92%; Dolores Hidalgo, 100%; San Felipe, 65.9%; San Diego de la Unión, 93%; San Luis de la Paz, 58%; San José Iturbide, 87%; León, 6%; Guanajuato, 25% y Ocampo. Las cabeceras municipales de los siete primeros se encuentran ubicadas al interior de la subcuenca.

La población de las localidades comprendidas en la subcuenca<sup>10</sup> asciende a 507,000 personas, siendo la localidad con más población San Miguel de Allende con aproximadamente de 60,000 habitantes (Cuadro 1). Esta subcuenca alberga principalmente localidades rurales, lo que implica que gran parte de sus habitantes mantienen una relación muy estrecha con los recursos naturales.

La región presenta un desarrollo socioeconómico diferenciado como consecuencia de la diversidad de actividades productivas que se desarrollan en su territorio. Las áreas de mayor desarrollo coinciden con las zonas urbanas e industriales ubicadas en los municipios de San José Iturbide, Allende y Dolores. Con relación al tipo de actividad económica, el 44% de la población en la subcuenca se dedica a actividades del sector terciario, 35% al sector secundario y un 21% al sector económico primario.

Atendiendo a la ubicación y extensión de esta subcuenca podríamos decir que la función principal, desde una perspectiva sistémica en el contexto de la Cuenca Lerma Chapala, es la captación de agua. Por lo tanto, es imprescindible trabajar en rehabilitar y mantener las condiciones de los recursos naturales para asegurar que esta función se desarrolle debidamente. En este sentido, se recomienda llevar a cabo acciones encaminadas a la conservación y restauración de la cobertura vegetal, así como a la rehabilitación de suelos y promover de manera especial la aplicación de técnicas agropecuarias de menor impacto ambiental.

Las recomendaciones para el manejo y conservación de la sub-cuenca Ignacio Allende se basa en tres ejes prioritarios:

---

<sup>10</sup> La población de los diez municipios que comparten esta subcuenca es de 1,861,676 según datos del Censo 2000. Sin embargo, se excluyen los municipios de León, Ocampo y Guanajuato por involucrar pequeñas proporciones de territorio al interior de la subcuenca y tener sus cabeceras municipales fuera de la misma.

1. Restauración y conservación de la biodiversidad
2. Conservación de suelos y de la agrodiversidad
3. Manejo integral del agua y de residuos sólidos

### **1. Restauración y conservación de la biodiversidad**

La subcuenca Ignacio Allende se caracteriza por un comportamiento hidrológico que favorece la infiltración en épocas de lluvias, cuando puede inferirse que existe una importante recarga de acuíferos y mantos freáticos. En términos generales, la captación de agua se triplica durante la época húmeda, lo cual le confiere el carácter de *productor* y *potencial acumulador* de agua, tanto por esorrentía como por la infiltración (PLADEYRA, 2003)

La esorrentía durante la época de lluvias también sufre un incremento exponencial (de casi 13 veces) con respecto a la época de secas lo cual implica en términos ecohidrológicos, un cambio en el trabajo fluvial, transporte de materiales y de nutrientes tierras abajo muy importante (PLADEYRA, 2003).

La diversidad de las condiciones climáticas aunado a las características físicas del terreno entre otros factores, favorecen que esta subcuenca albergue una alta diversidad de ecosistemas. Es importante mencionar, que la presencia actual de esos ecosistemas se debe al bajo impacto de las actividades humanas realizadas principalmente, en los grandes macizos montañosos que caracterizan la subcuenca (Sierra de Santa Rosa y Sierra Lobos) y en donde se distribuyen la mayoría de los ecosistemas actuales. Es en estas zonas remotas y de difícil acceso, en donde los principales factores de conversión, aún no se hacen presentes, dejando oportunidad para recuperar y proteger estos ecosistemas.

Por lo mencionado anteriormente, esta subcuenca se caracteriza por presentar la mayor superficie ocupada por vegetación natural (46%) en toda la Cuenca Lerma – Chapala. Además de contar con el valor más alto del Índice de Naturalidad de la Vegetación<sup>11</sup> (VN= 8.05). Esto le confiere a la subcuenca Ignacio Allende, un papel muy importante para la preservación de la biodiversidad de la región, con especial

---

<sup>11</sup> El Índice de Vegetación Natural (VN) refleja el grado de naturalidad promedio de la cubierta vegetal de la subcuenca, en función de la vegetación primaria o secundaria, respecto a la superficie total de la subcuenca. En este índice, entre más alto sea el valor de VN, mayor es el grado de naturalidad de la vegetación de la zona analizada.



énfasis en la vegetación y fauna asociadas, así como para mejorar el funcionamiento eco-hidrológico de largo plazo en la Cuenca Lerma Chapala.

Las condiciones climáticas apropiadas, entre otros factores, favorecen que esta subcuenca presente la mayor superficie de cubierta vegetal natural (45.9%), de la Cuenca Lerma-Chapala, además de presentar el valor más alto del Índice de Naturalidad de la Vegetación<sup>12</sup> (VN= 8.05). Esto le confiere a la subcuenca Ignacio Allende, un papel muy importante para la preservación de la biodiversidad de la región, con especial énfasis en la vegetación y fauna asociadas, así como para mejorar el funcionamiento eco-hidrológico de largo plazo en la Cuenca Lerma Chapala.

Sin embargo, esta cobertura vegetal y su biodiversidad se encuentran amenazadas ante un intenso cambio de uso del suelo (1976-2000) que ha afectado 350 km<sup>2</sup> (35,000 ha) de vegetación transformándolos a algún tipo de cobertura antrópica. La vegetación natural de la cuenca presenta grandes cambios en relación a su estado “original”. Estos cambios en estructura y configuración espacial, se deben principalmente al proceso de cambio de uso del suelo, que deriva en la fragmentación del paisaje. La fragmentación se refiere al cambio de grandes masas de vegetación continuas, a pequeños parches de vegetación, aislados unos de otros y rodeados de coberturas antrópicas altamente modificadas (cultivos, pastizales inducidos, etc....).

En la subcuenca, el proceso de fragmentación de la vegetación es alto sin embargo, comparativamente con el resto de la cuenca, ésta es la subcuenca que ostenta las mejores condiciones de naturalidad.

En general, se observa un detrimento de la cobertura de vegetación natural y sólo en algunos casos, se observa un aumento en la superficie de vegetación secundaria (bosque de encino, bosque de pino-encino).

La comunidad de bosque de encino se encuentra fragmentada, su distribución espacial está esparcida y sólo en Sierra Lobos se observa un macizo grande de bosque con vegetación primaria y vegetación secundaria. El bosque de encino primario disminuyó su superficie de 514.5 km<sup>2</sup> (1976) a 356 km<sup>2</sup> (2000) (Figura 1), asimismo disminuyó el

---

<sup>12</sup> El Índice de Vegetación Natural (VN) refleja el grado de naturalidad promedio de la cubierta vegetal de la subcuenca, en función de la vegetación primaria o secundaria, respecto a la superficie total de la subcuenca. En este índice, entre más alto sea el valor de VN, mayor es el grado de naturalidad de la vegetación de la zona analizada.

tamaño promedio del fragmento de vegetación primaria. En el caso del bosque de encino secundario, éste se incrementó de 343 a 436 km<sup>2</sup>, el número de fragmentos se mantuvo, mismo que actualmente presenta un tamaño promedio mayor. El índice de fragmento grande, corrobora el proceso de fragmentación que ocurre en la subcuenca en donde la proporción del fragmento más grande respecto al área total, también disminuyó de 4.12% a 2.86%.

Cabe mencionar, que actualmente vinculado a la fragmentación se observan procesos como: *a) detrimento en la superficie neta de la vegetación natural, b) incremento de la superficie de comunidades con vegetación secundaria y c) aislamiento entre los fragmentos de vegetación.* Los factores antes mencionados, podrían tener un impacto importante en la integridad funcional de la subcuenca, afectando procesos ecológicos necesarios para la dinámica eco-hidrológica de la misma. Por lo cual, se requiere promover la conectividad de la subcuenca, lo que tendría beneficios en la interacción de los elementos del paisaje, reflejados en la disminución de los flujos de sedimentos, materia orgánica, movimiento de la flora y fauna y sobre todo, en el ciclo del agua, *al promover mejores condiciones en los suelos, que resultan en una mayor y mejor infiltración del agua.*

En esta subcuenca no existen áreas naturales protegidas de jurisdicción federal. Las cuatro áreas naturales protegidas son manejadas por la autoridad estatal y son: Sierra de Lobos entre los municipios de Ocampo, León y San Felipe; Peña Alta en San Diego de la Unión; la Cuenca de la Esperanza en el municipio de Guanajuato y el parque ecológico Megaparque en el municipio de Dolores.

## **2. Conservación de suelos y de la agrobiodiversidad**

La actividad agropecuaria dominante en esta sub-cuenca está caracterizada por la siembra de poca variedad de cultivos (de cuatro a siete cultivos principales). Según el índice de especialización por superficie sembrada, el cultivo de frijol y maíz sembrado durante el periodo primavera – verano y el cultivo perenne de alfalfa, son los cultivos de mayor importancia por su superficie sembrada en los municipios de la subcuenca, respecto al patrón de siembra en la región de la Cuenca Lerma Chapala. Las tierras agrícolas de la subcuenca, se caracterizan por ser principalmente de temporal (29.4%). En el caso de la superficie agrícola de riego, ésta se ha incrementado en los últimos años

(1976 – 2000), presentando actualmente el 15.7 % de la superficie de la subcuenca, en comparación al 9% para el periodo anterior. Los principales tipos de tenencia de la tierra son tierra ejidal y de propiedad privada, mientras que la actividad pecuaria está dominada por el ganado bovino y caprino (Cotler *et al.* 2005).

Los sistemas de producción dominantes de la región se caracterizan por presentar una poca variedad de cultivos agrícolas, lo cual puede llevar a que los procesos de degradación del suelo que estén socavando la integridad misma de estos sistemas.

En el caso de la agricultura de riego, que se caracteriza por utilizar insumos como agroquímicos y con una distribución en las zonas planas; los rendimientos de los cultivos especializados son: medios para el caso de la alfalfa, muy altos para el caso del frijol y de altos a muy altos para el caso del maíz.

En contraste, la agricultura de temporal, que se caracteriza por presentar bajos insumos de agroquímicos y con una distribución en zonas de pendiente ligera a moderada, los rendimientos para los cultivos de frijol y maíz son muy bajos. Esta situación es crítica, pues es una subcuenca principalmente rural, en donde su población tiene una alta dependencia de los recursos naturales. Es por ello que sería importante desarrollar estrategias para mejorar las técnicas agrícolas, con el fin de incrementar sus rendimientos y con ello frenar los problemas de degradación de suelos.

Los principales procesos de degradación del suelo (en términos de su extensión<sup>13</sup>) corresponden a la erosión hídrica, la declinación de la fertilidad, la erosión eólica y la polución.

La erosión hídrica superficial es el proceso que afecta mayor superficie (alrededor de 923 km<sup>2</sup>) lo que equivale al 47% de la superficie total de la subcuenca. Este proceso afecta principalmente las áreas dedicadas a la agricultura de temporal, ubicadas en llanuras, colinas y piedemontes de las zonas norte, noreste y noroeste, y en las áreas de pastizales inducidos localizados al sur y sureste de la subcuenca; en menor proporción afecta a las áreas boscosas, de selva y matorral secundario.

---

<sup>13</sup> La información sobre degradación de suelos es elaboración propia (INE, 2003) a partir de la base de datos originada por SEMARNAT-Colegio de Posgraduados (2002).

Cabe destacar que las presas Ignacio Allende y Jesús María (los dos principales cuerpos de agua de la subcuenca) son alimentadas por afluentes secundarios que atraviesan áreas afectadas por erosión hídrica, por lo que existe muy alta probabilidad de que las partículas de suelo removidas de estas superficies azolven dichas obras hidráulicas.

El segundo proceso más importante de degradación es la declinación de la fertilidad. Este proceso afecta principalmente en áreas de agricultura de temporal y de riego. El sur-sureste, centro y noroeste de la sub-cuenca son las más afectadas con una intensidad ligera afectando suelos en donde se practica la agricultura de temporal en pendientes de laderas de colinas y piedemontes. Este proceso también se presenta en zonas donde se practica la agricultura de riego, ocupando una superficie de 290 km<sup>2</sup> (Ver Cuadro 4) en tierras donde el uso excesivo de maquinaria pesada ha provocado compactación del horizonte superficial del suelo provocando la generación de una capa dura en donde las raíces no desarrollan su sistema radicular adecuadamente reflejándose en una baja productividad.

El proceso de erosión eólica se encuentra localizado principalmente en los Municipios del norte de la cuenca (San Felipe, San Luis de La Paz, San Diego de la Unión y Dolores Hidalgo) en tierras donde se practica agricultura de temporal (y donde no se deja ninguna cubierta vegetal durante los meses de secano, con fuertes intensidades de la velocidad del viento), en el matorral secundario y en áreas de pastizal inducido y cultivado).

Los procesos de polución se presentan en los Municipios de Allende, Doctor Mora, Dolores Hidalgo, San José Iturbide y San Luis de la Paz coincidente con áreas dedicadas a la agricultura de riego, a la zona de asentamientos humanos y de industria en especial la importante presencia de industria de los alimentos en Allende y San Luis de la Paz; las industrias química, de productos metálicos y papel asentadas en San José Iturbide; la industria textil ubicada en Doctor mora; así como la todavía intensa actividad minera en Dolores Hidalgo.

### **3. Manejo integral del agua**

La estructura organizacional para la gestión del servicio público de agua potable, alcantarillado y saneamiento en los municipios de la sub-cuenca es incipiente y poco especializada. En el municipio de San Felipe se trabaja con una Junta Municipal y los

municipios de San Luis de la Paz, San Diego de la Unión y Dolores Hidalgo no registran una estructura específica para el sistema de gestión de aguas municipales.

El nivel de contaminación de aguas superficiales de esta subcuenca, comparado con el resto de la cuenca Lerma Chapala es bajo. El Río Laja se encuentra contaminado principalmente por las descargas de aguas residuales provenientes del municipio de Dolores Hidalgo que carece de planta de tratamiento de aguas residuales y el poblado de Villagrán

En esta subcuenca sólo existen tres plantas tratadoras. Las denominadas Nigromante y Parque Juárez en el municipio de Allende<sup>14</sup>, con una capacidad instalada de 10 lt/s, la primera descarga en el Río Laja y la segunda en el Río Cachinches. La tercer planta de tratamiento se encuentra en San Luis de la Paz, tiene una capacidad instalada de 45 lt/s y el agua tratada se utiliza para la generación de energía eléctrica. (gasto de operación de 13 lt/s).

La estimación del consumo diario de agua, tanto doméstico como productivo, sobrepasan en mucho la cantidad bruta de agua captada, lo que refleja un déficit de agua muy alto. Por lo que urge mejorar las condiciones ambientales que permitan una mejor infiltración, captación y recarga de los acuíferos, así como incrementar el saneamiento de las aguas usadas y realizar un mejor uso del agua para riego.

---

<sup>14</sup> Sólo el municipio de Allende entró al programa federal y estatal de *Agua potable, alcantarillado y saneamiento de zonas urbanas* para la creación de infraestructura de saneamiento, destinada a mejorar las condiciones ambientales y reducir la contaminación en los cuerpos de agua receptores. Para ello se le asignó una inversión de alrededor de 28.4 millones de pesos por parte del Gobierno Federal y 39 millones de pesos por parte del Gobierno del Estado de Guanajuato (Acuerdo de Coordinación Semarnat-Guanajuato 13 de febrero de 1996, Anexo de Ejecución 24 de abril 2004, DOF).

**Cuadro 1. Información socio-económica de los Municipios de la sub-cuenca Ignacio Allende**

	Población	% Población de 15 años o más analfabeta	Grado Escolar	%Viviendas Particulares con Agua, Drenaje y Energía Eléctrica	Promedio de Habitantes por Vivienda Particular	%Hogares con Jefatura Femenina	% Población con Derecho Seguridad Social
ALLENDE	134880	17,41	5,74	54,80	5,25	24,04	17,05
DOCTOR MORA	19943	24,48	4,59	36,83	5,32	20,75	6,78
DOLORES HIDALGO	128994	17,13	5,20	50,49	5,37	22,47	14,86
SAN DIEGO DE LA UNION	34088	20,52	4,25	25,34	5,28	25,09	5,07
SAN FELIPE	95359	20,10	4,58	37,41	5,52	25,95	11,82
SAN JOSE ITURBIDE	54661	16,79	5,69	53,34	5,14	19,50	25,00
SAN LUIS DE LA PAZ	96729	19,42	5,20	50,56	5,53	23,98	15,70
GUANAJUATO	141196	7,41	7,93	77,38	4,87	21,69	49,98
LEON	1134842	7,70	7,25	86,58	5,20	18,18	53,82
OCAMPO	20984	18,25	4,18	41,01	5,23	25,27	9,67
Total Subcuenca <sup>1</sup>	564654	19,41	5,04	44,11	5,34	23,11	13,75
Total Subcuenca <sup>2</sup>	1861676	16,92	5,04	51,38	5,27	22,69	20,97

<sup>1</sup> El Total incluye: Allende, Doctor Mora, Dolores Hidalgo, San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, San José Iturbide.

<sup>2</sup> El Total incluye: Allende, Doctor Mora, Dolores Hidalgo, San Felipe, San Diego de la Unión, San Luis de la Paz, San José Iturbide, León, Guanajuato y Ocampo.

**Cuadro 2. Cambios estructurales de las comunidades de la Subcuenca**

Formación	Comunidad vegetal	Año 1976			Año 200		
		Área Km <sup>2</sup>	%	No. Fragmentos	Área Km <sup>2</sup>	%	No. Fragmentos
Bosque	Bosque de encino <sup>2</sup>	343.2	4.9	41	436.1	6.3	41
	Bosque de encino <sup>1</sup>	514.5	7.4	26	356.8	5.2	20
	Bosque de pino <sup>2</sup>	95.5	1.4	7	59.4	0.9	8
	Bosque de pino <sup>1</sup>	68.1	1.0	6	59.5	0.9	7
	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) <sup>2</sup>	9.9	0.1	2	19.3	0.3	4
	Bosque de pino-encino (incluye encino-pino) <sup>1</sup>	71.6	1.0	3	63.4	0.9	4
	Chaparral	3.9	0.1	2	3.6	0.1	2
Matorral	Matorral crasicaule	392.3	5.7	23	365.1	5.3	22
	Matorral crasicaule <sup>2b</sup>	181.6	2.6	42	187.1	2.7	32
	Mezquital (incluye huizachal)	70.9	1.1	19	15.7	0.2	5
	Mezquital (incluye huizachal) <sup>2b</sup>	88.5	1.3	37	75.5	1.1	11
Selva	Matorral subtropical	17.8	0.3	3	22.6	0.3	1
	Matorral subtropical <sup>2</sup>	18.2	0.3	1	9.6	0.1	2
Pastizal	Pastizal natural (incluye pastizal-huizachal)	1650.4	23.9	96	1502.4	21.7	92
	Pastizal inducido	313.3	4.5	62	571.1	8.3	74
Otras coberturas	Cuerpo de agua	27.1	0.4	2	23.9	0.3	5
	Asentamiento humano	2.7	0.1	1	21.7	0.3	14
Cultivos	Agricultura de riego (incluye riego eventual)	627.6	9.1	37	1087.9	15.7	29
	Agricultura de temporal	2415.0	34.9	176	2031.5	29.4	96

<sup>2</sup> vegetación secundaria arbustiva y herbácea

<sup>1</sup> vegetación primaria y vegetación secundaria arbórea











<sup>2b</sup> con vegetación secundaria

**Cuadro 3. Procesos de Degradación de suelos en la Subcuenca Ignacio Allende**

Tipos de degradación	Uso	Km2	%	Cabecera		Captación y Transporte	
				Km2	%	Km2	%
Declinación de la fertilidad	Agricultura-riego	290.6	4.2	0.7	0.04	289.9	58.5
Erosión hídrica superficial-ligera	Agricultura de temporal	185.2	2.6	69.6	3.5	115.5	23.3
Declinación de la fertilidad-ligera	Pastizal	7.5	0.1	2.6	0.1	4.8	1.0
Erosión hídrica superficial-media	Agricultura temporal	287.3	4.1	33.6	1.7	253.7	51.2
Erosión hídrica superficial-fuerte	Agricultura temporal	15.8	0.2	2.1	0.1	13.7	2.8
Declinación de la fertilidad-ligera	Agricultura temporal	430.5	6.2	63.4	3.2	367	74
Cárcavas-moderada	Pastizal	1.2	0.01	1.2	0.1		
Erosión hídrica superficial-ligera	Pastizal	166	2.4	34.8	1.8	131.1	26.4
Erosión hídrica superficial-media	Pastizal	41.9	0.6	37.8	1.9	4	0.8
Erosión hídrica superficial-fuerte	Pastizal	1.6	0.02			1.6	0.3
Declinación de la fertilidad-ligera	Pastizal	7.5	0.1	2.6	0.1	4.8	1.0
Erosión hídrica superficial-ligera	Selva matorral secundario y	51.6	0.7	19.8	1	31.7	6.4
Erosión hídrica superficial-media	Selva matorral secundario y	47.4	0.6	5.1	0.26	42.3	8.5
Erosión hídrica superficial-ligera	Bosque secundario	79.4	1.1	36.3	1.8	43.1	8.7
Cárcavas-moderada	Bosque secundario	0.6	0.008	0.6	0		
Erosión hídrica superficial-moderada	Bosque secundario	41.3	0.5	16.8	0.9	24.4	4.9
Erosión hídrica superficial-fuerte	Bosque secundario	5.1	0.07	5.1	0.3		
Erosión Eólica-ligero	Agricultura de temporal	234.9	3.4	70	3.6	164.9	3.6
Erosión Eólica-moderado	Agricultura de temporal	130.5	1.9	23.1	1.2	107.4	2.4
Erosión Eólica-ligero	Matorral secundario	9.3	0.1	0	0.0	9.3	0.2
Erosión Eólica-moderado	Matorral secundario	9	0.1	0.2	0.0	8.8	0.2

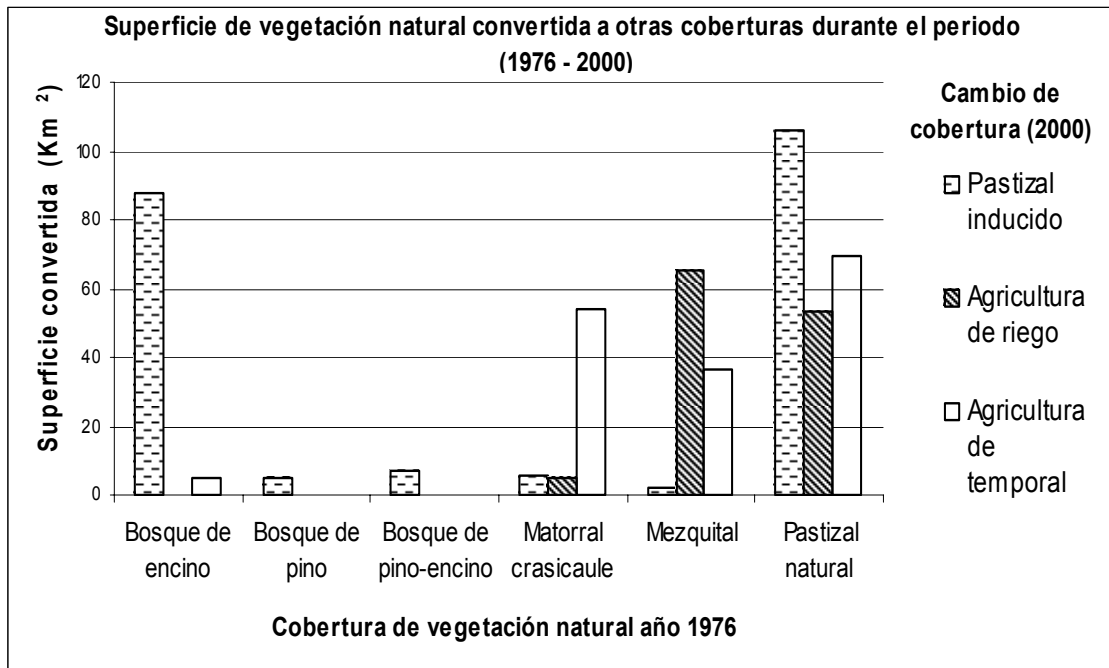
Erosión ligero	Eólica-	Pastizal inducido cultivado y	4.2	0.1	2.6	0.1	1.6	0.04
Erosión moderado	Eólica-	Pastizal inducido cultivado y	7.4	0.1	0	0.0	7.4	0.2
Compactación-Moderado		Agricultura de temporal	52.1	0.8	0	0.0	52.1	1.1
Compactación-Moderado		Agricultura de Riego	68.4	1.0	0	0.0	68.4	1.5
Polución-Ligera		Asentamientos humanos	3.6	0.1	2.8	0.1	0.8	0.02
Polución-Ligera		Agricultura de riego	347.1	5.0	20.3	1.0	326.8	7.2
Polución-Ligera		Pastizal inducido cultivado y	0.9	0.01	0.8	0.04	0.1	0.002

**Cuadro 4. Estructura municipal para la gestión ambiental (2003-2006)**

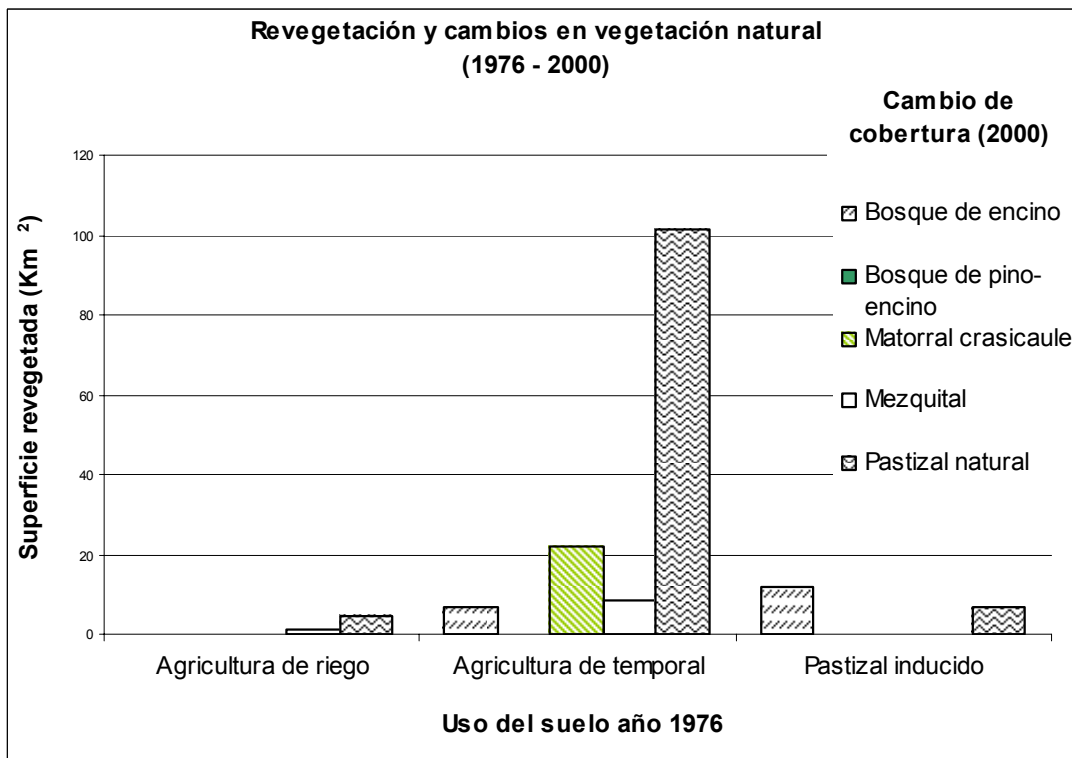
Municipio	Servicios de Agua Potable Saneamiento y Alcantarillado	Desarrollo Rural	Gestión Ambiental	Cultura	Partido en el Gobierno
Doctor Mora	Organismo Operador de Agua Potable	Dir. Desarrollo Social y Rural	Sin información	Dir. Educación, Cultura y Deporte	
Dolores Hidalgo	Sin información	Dir. Desarrollo Social Agrícola y Ganadero	Dir. Ecología	Dir. Acción Cívica	
San Diego de la Unión	Sin Información	Dir. Desarrollo Rural y Social	Sin información	Coordinación de Educación Municipal	
San Felipe	Junta municipal de Agua Potable	Dir. Desarrollo Rural Dir. Desarrollo Social	Sin información	Dir. Educación	
San Luis de la Paz	Sin información	Sin información	Sin información	Sin información	
San Miguel Allende	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado	Dir. Desarrollo Social y Humano	Dir. Medio Ambiente y Ecología	Dir. Educación y Cultura	
San Jose Iturbide	Sistema Municipal de Agua potable y Alcantarillado	Secretaría de Desarrollo Social	Dir. Ecología	Sra. Cultura Deporte y At Juventud	
León	Sistema de Agua Potable y Alcantarillado	DG Desarrollo Rural DG Desarrollo Social	Dir. Gral Medio Ambiente y Ecología	DG Educación	
Ocampo	Organismo Operador de Agua Potable	Dir. Desarrollo social y económico Encarg. De promoción Social	Sin información	Enc. Desarrollo Educativo	
Guanajuato	SIMAPAG Sistema Municipal de Agua Potable y Alcantarillado	Dir. Gral. Desarrollo Económico, Social y Rural	Dir. Desarrollo Urbano y Planeación integral	Dir. Cultura y Educación	

Fuente: Elaboración propia con información de la página de Municipios del Estado de Guanajuato, <http://www.guanajuato.gob.mx>





**Figura 1. Conversión de la vegetación natural a otras coberturas durante el periodo 1976 - 2000**



**Figura 2. Revegetación o regeneración de coberturas antrópicas**

## Subcuenca Alto Lerma

La subcuenca Alto Lerma se localiza en la parte centro-oriental de la cuenca Lerma Chapala. Abarca un área de 7509 km<sup>2</sup>, de los cuales el 83.26% (6252.74 km<sup>2</sup>) pertenece a zonas de captación y transporte y el 16.71% restante (1255.11 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de cabecera. Incluye superficie de 21 municipios, pertenecientes a los estados de Guanajuato, Querétaro y Michoacán, en los cuales se asienta una población cercana a los 2'793,864 habitantes. En promedio, los municipios que conforman esta subcuenca presentan un grado de marginación medio, destacando sólo los casos de Epatacio Huerta en Michoacán, Huimilpan y Amealco en Querétaro, y Jerécuaro y Coroneo en Guanajuato, que poseen un grado de marginación alto<sup>15</sup>.

En cuanto a su dinámica socioeconómica, Alto Lerma se caracteriza por ser una zona en la que predominan diversas actividades industriales, entre las que destacan la industria pesada y la agroindustria, las cuales generan cerca del 60% del VACB que se produce en la zona y emplean al 33% de la población ocupada. Se observa también una práctica importante de actividades agropecuarias intensivas, tales como agricultura de riego y ganadería.

Estas actividades se complementan con una dinámica urbana muy intensa, resultado de la presencia de centros urbanos importantes tales como Querétaro, Celaya, Salamanca y una pequeña parte de Irapuato. En estas zonas se concentra el 55% de la población ocupada, la cual labora en el sector terciario y produce el 38% del VACB de la subcuenca.

Las zonas más desarrolladas se encuentran vinculadas a la ciudad de Querétaro y al corredor Celaya-Villagrán-Irapuato. Las zonas que presentan un menor desarrollo son las localidades asentadas al norte de la subcuenca en los municipios de Juventino Rosas, Comonfort y Allende. Al sureste los municipios de Huimilpan, Apaseo el Alto y Jerécuaro. Estos municipios presentan mayor porcentaje de población rural que el resto de los integrantes de la subcuenca, que en general presenta un alto porcentaje de población urbana.

---

<sup>15</sup> CONAPO 2000 “Índices de marginalidad por municipio”  
[http://www.conapo.gob.mx/00cifras/marg2000/anexo\\_b.XLS](http://www.conapo.gob.mx/00cifras/marg2000/anexo_b.XLS)

En términos de la funcionalidad eco-hidrológica de la cuenca, Alto Lerma destaca por ser la subcuenca con mayor captación neta de agua; casi la mitad del agua captada por ésta se infiltra al subsuelo, confiriéndole el carácter de área de almacén y recarga; 30 % forma parte de la escorrentía superficial y cerca del 20% se pierde por evaporación y transpiración.

No obstante la función hídrica natural que cumple esta subcuenca, su intensa actividad socioeconómica genera una demanda de agua muy elevada, trayendo consigo problemas fuertes de contaminación en algunos cuerpos de agua y el aumento en los volúmenes de extracción en pozos. Estos problemas se conjugan con algunas deficiencias serias en los sistemas municipales de gestión de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, dando como resultado un escenario de escasez en la región.

### **Impacto de la actividad industrial**

Existen tres sectores industriales en la subcuenca, el primero es el de productos metálicos, concentrado al este de la subcuenca, a lo largo del corredor entre Querétaro y Celaya; el segundo es el de la industria química, que se concentra especialmente en Salamanca, Salvatierra y Apaseo El Alto. Ambos sectores industriales se encuentran localizados cerca de las principales vías de comunicación. La tercera rama industrial predominante, la industria de alimentos, bebidas y tabacos, se ubica en los municipios asentados al sur de la subcuenca y al noroeste, alrededor del municipio de Salamanca.

En la porción oeste de la subcuenca, el impacto de la industria química se puede observar en el estado de las aguas del Río Lerma, mismas que posteriormente fluyen a la subcuenca contigua (Lerma). De acuerdo con datos de CNA, el tramo que va de Salvatierra a Salamanca registra un Índice de Calidad de Agua entre 30 y 50 lo que significa que el nivel de contaminación del agua es apenas apto para uso agrícola.

En su paso por Salamanca, este río presenta niveles altos de contaminación generados por residuos de hidrocarburos de la Refinería de PEMEX ubicada en esta ciudad. Aunado a ello, el Lerma es receptáculo de las aguas residuales descargadas por este

centro urbano, cuyo volumen producido es de 350 l/s aproximadamente. De toda el agua residual que se produce en Salamanca, el 66% (230 l/s) se descarga sin recibir ningún tipo de tratamiento y sólo el equivalente al 34.3% (120 l/s) pasa por alguna de las 3 plantas tratadoras en funcionamiento.

La ubicación del sector agroindustrial en la subcuenca coincide en gran parte con el Distrito de Riego 011 Alto Lerma. La demanda del sector industrial sobre productos agrícolas en esta zona podría estar generando incentivos para el aprovechamiento intensivo de la tierra. Especialmente para aquellos productos con alto valor agregado o con un alto precio en el medio rural (\$/Ton), tales como espárragos, alcachofa, ajo, fresa, frijol, cacahuete y chile verde. Cabe mencionar que esta relación entre agricultura de riego y agroindustria se encuentra a lo largo de toda la subcuenca, pero es en la zona oeste en donde es más evidente esta cadena de valor.

En la porción noreste de la subcuenca, al norte de la ciudad de Querétaro, se ubican varios parques industriales asentados sobre la carretera México-San Luis Potosí, entre los que destacan la Zona Industrial Benito Juárez, el Parque Industrial Querétaro y el Parque Industrial Jurica. La mayoría de estos parques no cuenta con planta de tratamiento de aguas en sus instalaciones, lo que trae consigo implicaciones importantes en términos de contaminación de agua, pues los desechos de este corredor industrial desembocan en las planicies aluviales del río Querétaro, que es uno de los principales afluentes del río Lerma y cuyos tributarios drenan toda la sección oriental y central de la subcuenca.

Además de recibir las descargas industriales de la zona, el río Querétaro funciona también como colector de parte del agua residual de la ciudad de Querétaro, cuya producción de aguas residuales asciende a 1,263 l/s aproximadamente y cuyo volumen de tratamiento no supera los 430 l/s (34.5% del volumen producido) La situación es aun más seria si se considera que este río fluye a lo largo de áreas agrícolas de riego, colectando también las aguas que han sido utilizadas para el riego de cultivos y que contienen los desechos derivados del uso inadecuado de pesticidas y fertilizantes. Esto puede observarse en la cantidad de fosfatos y nitratos reportados en dicha corriente<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) Índices de Calidad del Agua (ICA), Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala. Consultado en: <http://www.science.uwaterloo.ca/~lfleonvi/artics/art09.pdf>

Al centro de la subcuenca, al noreste del municipio de Celaya, el río Querétaro confluye con el río Laja, formando una sola corriente que más tarde se une al Lerma al sureste de la ciudad de Salamanca. El río Laja es el segundo afluente más importante del río Lerma, y funciona como colector de todos los tributarios de la porción centro-norte de la zona.

Este río recibe descargas de algunos de los municipios con mayor actividad industrial, tales como Celaya, Apaseo el Grande y Apaseo el Alto, lo que contribuye a la contaminación de esta corriente debido a que dichas descargas pueden contener residuos de la industria manufacturera, especialmente en el caso de Celaya, o en su caso, descargas generadas por la agroindustria.

En términos de volúmenes descargados, Celaya es el segundo productor de aguas residuales de toda la subcuenca,<sup>17</sup> pues genera cerca de 684 l/s, mismos que son descargados al río Laja sin recibir ningún tipo de tratamiento. Los municipios de Apaseo el Grande y Apaseo el Alto producen un volumen significativamente menor, que en ningún caso supera los 100 l/s. No obstante, es necesario resaltar la necesidad de invertir en la construcción de infraestructura de saneamiento en los 3 municipios, pues al 2003, los municipios de Celaya y Apaseo el Alto sólo contaban con una planta de tratamiento cada uno y en ninguno de los dos casos la capacidad de dichas plantas superaba los 20 litros por segundo.

Este escenario se replica en la mayoría de los municipios que integran Alto Lerma; según datos de CNA<sup>18</sup>, el volumen de descarga de aguas residuales municipales en la subcuenca es de aproximadamente 4811.66 l/s, de los cuales el 68% (3272.73 l/s) se descarga sin tratamiento y sólo el 32% (1538.9 l/s) pasa por alguna de las plantas tratadoras. Tal deficiencia se constata al observar el incremento en los niveles de contaminación a lo largo de las planicies aluviales tanto del río Querétaro como del río Laja, pues los datos sobre calidad de agua derivados de la red nacional de monitoreo de

---

<sup>17</sup> Superado sólo por Querétaro.

<sup>18</sup> GERENCIA REGIONAL LERMA SANTIAGO PACÍFICO (2004) "INFORMACIÓN DE LA CUENCA LERMA CHAPALA". Comisión Nacional del Agua, México.

CNA, reportan un incremento en los últimos años de los niveles permisibles de indicadores tales como coliformes fecales, fosfatos, nitratos y oxígeno disuelto, entre los más importantes (Mazari, 2005).

Los altos niveles de contaminación en las descargas y la escasa capacidad de tratamiento de esta subcuenca se deben no sólo a la falta de plantas de tratamiento tanto en los municipios como en los parques industriales, sino a la falta de una adecuada red de colectores de aguas residuales municipales, la poca capacidad de monitoreo de las descargas industriales y la mala planeación de las obras para saneamiento.

Así, se puede observar que en 10 de las 16 plantas existentes, la capacidad de tratamiento ha sido prácticamente igualada por su gasto de operación, lo que sugiere que todas requieren ampliación, sea porque la cantidad de aguas residuales que en ellas desemboca ha crecido desde su instalación, o porque desde un principio estas plantas se construyeron con una capacidad menor a la necesaria. El caso más notorio es el de la planta Santa Rosa Jáuregui, ubicada al norte del municipio de Querétaro, que a 2 años de haber comenzado a operar, se encuentra ya al máximo de su capacidad.

Es importante señalar que gran parte de estos problemas de contaminación se explican por las deficiencias mostradas en algunos de los sistemas municipales de gestión de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Este tipo de problemas, aunado a los problemas de disponibilidad de agua en esta subcuenca, han sido causa de conflictos entre autoridades de gobierno y los habitantes.

Especialmente en las ciudades de Celaya y Salamanca se han registrado movimientos de protesta social para demandar un mejor servicio de agua potable a las autoridades municipales. En el primer caso, tres colonias de Celaya quedaron sin agua potable y denunciaron el desperdicio registrado en el campo de golf. En el segundo, miembros de la Unión Obrera Popular Independiente integrada en su mayoría por mujeres de ocho colonias populares, tomaron las instalaciones de la Comisión Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento de Salamanca (CMAPAS) para reclamar los altos precios por el servicio de agua a las colonias pobres, el abasto interrumpido y la contaminación del agua distribuida.

Ante esta situación, se recomienda el fortalecimiento de los organismos operadores municipales, un mayor control y monitoreo de las descargas industriales y la implementación de programas de restauración en zonas degradadas con la finalidad de promover un mayor almacenamiento y acumulación de agua. Asimismo, se recomienda vigilar el uso eficiente en áreas agrícolas.

---

### **Impacto de la actividad agrícola**

Gran parte de la superficie de esta subcuenca se caracteriza por ser una planicie aluvial, en la cual se extiende la agricultura de riego en una superficie de aproximadamente 2,300 km<sup>2</sup>. En cambio la agricultura de temporal ocupa una superficie de 2,400 km<sup>2</sup> y se encuentra en las zonas con pendiente de ligera a moderada (piedemontes y lomeríos). Ambas superficies suman el 63% de la superficie total de la subcuenca, siendo la actividad agrícola la más extendida en toda la subcuenca, a pesar de que sólo el 12% de la población ocupada trabaja en el sector primario.

La agricultura de riego en esta subcuenca se caracteriza por sus altos rendimientos (t/ha); los cultivos a los que se destina la mayor superficie son el sorgo (800 km<sup>2</sup>) el maíz (500 km<sup>2</sup>) y la cebada (500 km<sup>2</sup>). Sin embargo, es común que los altos rendimientos dependan de medidas tales como el uso intensivo de agroquímicos y la mecanización de las actividades agrícolas. Ambas prácticas están relacionadas con el proceso de declinación de la fertilidad en suelos, mismo que abarca aproximadamente el 40% de la superficie total de la subcuenca. Aunque este problema no es exclusivo de las áreas de riego, es ahí donde se presenta con mayor intensidad.

Los efectos de estas medidas sobre el medio ambiente son diversos. Por un lado, el uso intensivo de agroquímicos está relacionado con la contaminación en suelos, mantos freáticos y aguas superficiales. Por el otro, la mecanización provoca compactación de suelos, generando, a su vez, una disminución en la capacidad de infiltración; lo que incrementa colateralmente la pérdida de la fertilidad y desencadena un proceso continuo de degradación edáfica.

Es importante destacar también el gran número de obras hidráulicas que existe en la subcuenca<sup>19</sup>. De todos los bordos y presas construidos, alrededor del 80 % (19 obras) están destinadas al riego agrícola, lo cual muestra el fomento y el impulso que se le dio al desarrollo agroindustrial en esta región, especialmente en los años 70. Seguramente la presencia de tal número de embalses artificiales influye de manera significativa en la modificación del patrón hidrográfico natural (escorrentía superficial), el trabajo fluvial, la alteración de los ecosistemas acuáticos y ribereños, entre otros efectos importantes.

Por otro lado, el suelo en donde se realiza la agricultura de temporal presenta problemas de erosión hídrica superficial en casi 677 km<sup>2</sup>, acompañado de un proceso de declinación de la fertilidad. La erosión provoca procesos de pérdida de la capa arable de suelo y arrastre de sedimentos que derivan en problemas de azolve de cuerpos de agua, canales de irrigación y cauces fluviales.

Adicionalmente, la agricultura de temporal presenta bajos rendimientos respecto al promedio regional y se ubica de bajo o muy bajo desarrollo económico, lo que podría implicar una menor capacidad de respuesta para enfrentar problemas de declinación de la fertilidad.

Tales condiciones podrían estar incentivando la apertura de nuevas áreas agrícolas y de pastoreo en espacios de vegetación natural; provocando con ello la intensificación del proceso de deforestación, que actualmente afecta 400 Km<sup>2</sup> del área de la subcuenca. A este respecto, el principal cambio en el uso del suelo registrado durante el periodo 1976-2000 es la expansión de la agricultura de temporal en una superficie de 210 Km<sup>2</sup>, de los cuales 140 km<sup>2</sup> eran de matorral subtropical y 40 Km<sup>2</sup> de matorral crasicaule.

Este proceso de deforestación ocurrió principalmente en zonas de colinas al noreste de la subcuenca. Está vinculado al crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Querétaro, la cual se extendió sobre zonas de agricultura de temporal y, en su porción este, sobre vegetación de matorral subtropical.

El otro cambio de uso del suelo importante, es el ocasionado por pastizales inducidos en un área de 135 Km<sup>2</sup>, de los cuales 64 km<sup>2</sup> eran de bosque de encino y 54 km<sup>2</sup> de

---

<sup>19</sup> Para esta subcuenca, se reportan en total 43 obras hidráulicas de almacenamiento, no obstante únicamente están documentadas 19 Presas y 6 bordos (Cotler y Gutiérrez, 2005).



matorral subtropical. Estos cambios se registran principalmente al noroeste de la subcuenca, en las partes altas de lomeríos y montaña ubicadas en los municipios de Irapuato y Salamanca.

Este patrón de cambio es característico en Alto Lerma. Actualmente los 1875 km<sup>2</sup> que existen de vegetación natural, se encuentran altamente fragmentados y distribuidos alrededor de los límites de la subcuenca; principalmente en las partes altas de montañas y lomeríos. Estos fragmentos de vegetación están confinados a terrenos con pendiente pronunciada rodeados por agricultura de temporal y pastizales inducidos. El avance de estas actividades podría fragmentar aun más estos remanentes naturales.

Adicionalmente, algunos de estos fragmentos de vegetación natural ubicados al norte y suroeste de la subcuenca presentan procesos de erosión hídrica y erosión por cárcavas, volviéndose con ello ecosistemas propicios para implementar prácticas de restauración y conservación de suelos. Entre estos procesos destacan la erosión hídrica en bosque, afectando aproximadamente 63.7 km<sup>2</sup> (0.8%) y la erosión por cárcavas en bosque, 35.4 km<sup>2</sup> (0.5%), ocasionando consecuencias ambientales importantes como pérdida de suelos (nutrientes y partículas), disminución de infiltración, contaminación agroquímica de suelos y acuíferos, contaminación urbana y eutrofización de cuerpos de agua.

## Subcuenca Antonio Alzate

La subcuenca Antonio Alzate está ubicada al oriente de la cuenca Lerma Chapala. Tiene un área de 2,063 km<sup>2</sup>, de los cuales el 72% (1486.13 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de captación y transporte y el 27% restante (577.15 km<sup>2</sup>) a zonas de cabecera. Esta subcuenca está integrada por territorio de 22 municipios correspondientes al Estado de México, entre los que destaca la zona metropolitana de Toluca, conformada por los municipios de Toluca, Lerma, Metepec, Ocoyoacac, Xonacatlán y Zinacantepec. Dada su cercanía con el Distrito Federal, la principal red de comunicaciones se ha desarrollado buscando facilitar la articulación socioeconómica de estos municipios con la capital del país.

La población total de esta subcuenca es de aproximadamente 1'633,000 habitantes. El centro más poblado es la ciudad de Toluca, con 666 mil habitantes, seguido por Metepec con 194 mil, Zinacantepec con 121 mil y Lerma con 99 mil. Estos cuatro municipios albergan al 67.14% de la población total de la subcuenca, mientras que existen municipios como Texcalcayac y Almoloya del Río con 3 y 8 mil habitantes respectivamente. En cuanto a indicadores de escolaridad, el 7 % de la población de la subcuenca es analfabeta y el grado de escolaridad promedio es de 7.3 años cursados.

La concentración poblacional tan desigual que se observa en esta subcuenca indica también un mosaico de combinaciones de población rural, población urbana y población mixta<sup>20</sup>. La mayor cantidad de población urbana está concentrada en los municipios de Toluca, Metepec, San Mateo Atenco y Lerma, ubicados al centro de la subcuenca. Estos municipios presentan un grado de marginación que va de bajo a muy bajo. Al norte del municipio de Toluca encontramos municipios con población mixta, entre los que destaca Temoaya, con un alto grado de marginación y una población mayoritariamente rural, que habita en un centro urbano poco desarrollado. En los municipios periféricos a la zona metropolitana predomina la población rural.

---

<sup>20</sup> La población mixta se caracteriza por percibir ingresos bajos y laborar en el sector primario o en industrias intensivas en mano de obra. Sin embargo, dada su cercanía grandes centros urbanos, viven inmersos en una dinámica predominantemente urbana, aunque de modo muy marginal.

De todo el VACB producido en la zona, el 70% lo genera el municipio de Toluca, seguido por Lerma, que genera el 10%; Tianguistengo, que participa con el 5%; San Mateo Atenco, con el 3%; y Ocoyoacac y Metepec con 2.6% y 2.5% respectivamente. Los 14 municipios restantes generan sólo el 1.8%. En cuanto a distribución sectorial de la población ocupada, el 57% labora en el sector terciario, el 36% en secundario y sólo 7% labora en el sector primario. La población ocupada en sector terciario y secundario se localiza en Toluca y sus municipios aledaños, mientras que en los municipios de Joquizingo, Oztolotepec y Temoaya, el sector predominante es el primario.

En términos de percepción salarial, el 45% de la población ocupada gana menos de 2 salarios mínimos<sup>21</sup>, mientras que un 6% de la población labora percibiendo más de 10 salarios como remuneración. En un nivel intermedio, tenemos a un amplio sector de población ocupada (39%) ganando entre 2 y 5 salarios mínimos y el 10% restante percibiendo entre 6 y 10 salarios de remuneración diaria.

### **Impacto de la actividad industrial**

Posicionada en un punto estratégico de la región central del país, esta subcuenca se caracteriza por ser una de las zonas con mayor cantidad de parques industriales de toda la cuenca Lerma Chapala, lo que aunado a la fuerte participación de la industria en la producción del VACB (cerca del 57%), le confiere un carácter predominantemente industrial.

El corredor industrial Valle de Toluca - Lerma es la segunda concentración industrial más grande en el Estado de México. La industria asentada alrededor de dicho corredor muestra un proceso de desarrollo creciente, destacando la producción de alimentos, productos químicos derivados del petróleo y productos metálicos. También se observa una producción importante de textiles, madera, bebidas, hule y plástico, entre otros.

---

<sup>21</sup> El 10% de la población ocupada gana menos de un salario mínimo y el 35% restante percibe entre 1 y 2 salarios de remuneración.

Las industrias más intensivas en mano de obra son la industria textil y la industria de alimentos. La industria textil predomina en toda la porción este de la subcuenca, mientras que la industria de alimentos se extiende a lo largo de toda la subcuenca, predominando en la región suroeste. Ambos tipos de industria suelen situarse en municipios caracterizados por tener una mayor concentración de población mixta. En los municipios más urbanos, aledaños al corredor Toluca Lerma, predominan industrias más intensivas en capital, tales como la industria metálica y la industria química. Éstas son industrias que generan mucho valor empleando poca mano de obra.

En general, los tipos de actividad industrial de esta subcuenca se caracterizan por un alto consumo de agua durante sus procesos productivos, provocando con ello un aumento en los niveles de extracción registrados. Según el gobierno del Estado de México, la demanda de agua de la industria es de 233.2 millones de metros cúbicos anuales, de los cuales el corredor Toluca-Lerma consume el 18%; esto es, 43.5 millones de metros cúbicos. De toda el agua consumida en los procesos de producción, la industria química consume alrededor del 33%, la industria extractiva un 23%, la industria de manufactura un 11% y la industria textil 5%; mientras que un 28% lo emplean una variedad de industrias de giros diversos<sup>22</sup>.

Al elevado patrón industrial de consumo de agua, se suma el problema de aporte de contaminantes al Río Lerma, ocasionado en parte por la insuficiente capacidad de tratamiento de las descargas industriales. Actualmente, el gobierno estatal tiene registradas 513 empresas asentadas en el corredor industrial Toluca-Lerma, de las cuales sólo el 31% (160 empresas) se encuentran afiliadas a la planta de tratamiento industrial más importante de la región: “Reciclagua Sistema Ecológico de Regeneración de Aguas Residuales Industriales, S.A. de C.V.” (EPCCA)<sup>23</sup>, cuya capacidad de tratamiento anual es de 12.6 millones de metros cúbicos de agua (400 litros por segundo), los cuales equivalen apenas al 28.9% del volumen total consumido por la industria de esta zona en un año.

---

<sup>22</sup>FUENTE: Diagnóstico del Estado de México; la problemática del agua:  
<http://www.edomexico.gob.mx/se/diagedo2.htm>

<sup>23</sup> FUENTE: Secretaría de Ecología del Estado de México:  
<http://edomexico.gob.mx/portalgem/se/RECICLAGUA/reciclagua.htm>

El alto patrón de consumo de agua en el sector industrial, los bajos niveles de reuso y los altos niveles de contaminación generados por las descargas industriales, se conjugan con la fuerte concentración regional de la demanda de agua, ocasionando que el problema de contaminación por descargas industriales se conjugue con la gran producción de aguas residuales municipales.

A su paso por el municipio de Toluca, el Río Lerma recibe también las aguas que le aporta el llamado Río Verdiguél, las cuales transportan aproximadamente 2,000 l/s de aguas residuales provenientes de la ciudad de Toluca. Si bien el porcentaje de tratamiento de estas descargas es alto, pues actualmente se trata el equivalente al 82.29% (1,500 l/s), se recomienda mantener en buen estado la infraestructura de saneamiento existente, así como ampliar la capacidad de tratamiento de la planta Toluca Norte, pues a pesar de que esta planta cuenta con la capacidad para tratar el 61.5% del total producido en la ciudad, su capacidad de tratamiento está a punto de ser rebasada por su gasto de operación. Es decir, el patrón de consumo creciente de agua en la zona genera a su vez una cantidad incremental de aguas residuales, por lo que de no tomar medidas precautorias, pronto la red de colectores y la capacidad de tratamiento instalada resultarán insuficientes.

A lo largo de toda la subcuenca, el Río Lerma va colectando distintos tipos de descargas, hasta desembocar a la presa Antonio Alzate, cuyo problema de contaminación es consecuencia de las débiles acciones de saneamiento de los ríos influentes y constituye un problema potencial de salud pública. Según datos consultados, el río Lerma aporta el 79% del caudal influente total de la presa. En los meses de Enero a Junio, este río presenta valores de oxígeno disuelto nulos desde el tramo que va del corredor industrial hasta la presa Antonio Alzate. En época de estiaje, la totalidad del caudal del río Lerma proviene de aguas residuales con un nivel de tratamiento menor al 50%, lo cual impide la labor autodepuradora del río.<sup>24</sup>

Por lo anterior, se sugiere que los principales productores de aguas residuales en la subcuenca desarrollen sistemas de saneamiento, independientemente de cual sea su cuerpo receptor. Municipios como Metepec (346.32 l/s), Zinacantepec (172 l/s), Lerma

---

<sup>24</sup> Antón, Danilo J. y Díaz Delgado, Carlos; eds. (2000) Sequía en un mundo de agua. Consulta en línea: <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/sequia/pdf.html>

(113.37 l/s) y San Mateo Atenco (104.5 l/s) son generadores importantes de aguas residuales que no reciben ningún tipo de tratamiento. Existen también municipios como San Antonio la Isla y Mexicaltzingo que sí poseen plantas tratadoras, pero que se encuentran operando al mínimo de su capacidad, por lo que se sugiere revisar y ampliar su red de colectores. Del mismo modo, se recomienda cuidar la calidad del agua que se vierte en la laguna de Almoloya, para mantener las condiciones de vida acuática y especies asociadas.

De forma general, se sugiere reforzar los mecanismos de cumplimiento de la regulación sobre descargas industriales, cuidar que los nuevos desarrollos y parques industriales posean infraestructura de saneamiento suficiente en sus instalaciones y fortalecer la capacidad de tratamiento de las aguas residuales municipales.

### **Impacto de la actividad agrícola**

Gran parte de la superficie de Antonio Alzate se caracteriza por ser una gran planicie aluvial, en la que se extiende la agricultura de riego en casi 274 km<sup>2</sup>; el equivalente al 13.27% de la subcuenca. La agricultura de temporal abarca una superficie mucho mayor, que alcanza los 922.40 km<sup>2</sup> y equivale al 44.7% de la superficie total de la subcuenca. Este tipo de agricultura predomina en zonas de ladera de montaña, lomeríos, piedemontes y colinas. Destaca además una práctica importante de agricultura de humedad, abarcando un área de 168.5 km<sup>2</sup>, que equivalen al 8.17% de la superficie total.

Los principales cultivos son maíz y avena. El cultivo de la avena predomina en agricultura de temporal y se siembra sólo en 45.6 km<sup>2</sup>, presentando rendimientos medios. El maíz se siembra tanto en agricultura de riego como de temporal, presentando rendimientos altos en ambos tipos. En agricultura de riego, la superficie sembrada de maíz alcanza los 150 km<sup>2</sup>, mientras que en temporal, el área cultivada asciende a 920 km<sup>2</sup>; que equivalen al 45% del área total de los municipios incluidos en la subcuenca.

En esta subcuenca se observan tres procesos de degradación del suelo, relacionados con la implementación de prácticas agrícolas inadecuadas. El más extendido es el de declinación de la fertilidad, que abarca un área de 1018 km<sup>2</sup>; el equivalente al 49% de la

superficie de la subcuenca. Este proceso está asociado a prácticas de agricultura tanto de riego como de temporal.

Aunque en una superficie mucho menor, en esta subcuenca también se registra un problema de erosión hídrica superficial en casi 54 km<sup>2</sup>, que equivalen al 2% de la superficie. La mayor parte del área afectada coincide con zonas en donde se practica agricultura de temporal, aunque también se registra en áreas de pastizal inducido. Las áreas más afectadas se localizan principalmente en las laderas de la Sierra de las Cruces, ubicadas en los municipios de Lerma y Ocoyoacac.

El tercer proceso de degradación es el de erosión por cárcavas, presente en 43 km<sup>2</sup>, que equivalen al 2% de la superficie. Las zonas más afectadas coinciden con terrenos en los que se practica la agricultura de temporal, localizados principalmente en las laderas del Cerro de San Antonio, al suroeste de la subcuenca. Para su atención, se recomienda que el municipio de Zinacatepec desarrolle acciones de conservación, de vigilancia y de control del avance de la agricultura de temporal sobre este cerro, apoyándose para ello de la coordinación con el municipio de Almoloya de Juárez.

En la región existen importantes áreas de protección de flora y fauna, tales como las Ciénegas del Lerma, el Parque Nacional Miguel Hidalgo y el Área Natural Protegida Parque Nacional Nevado de Toluca. En estas áreas se registran grandes coberturas de vegetación natural, entre las que destacan 163 km<sup>2</sup> de bosque oyamel, distribuidos al este, a lo largo de la sierra de las Cruces, y al suroeste, en el cerro de San Antonio. Asimismo, existen remanentes de bosque de pino y de pino encino distribuidos en las faldas de la Sierra y en las laderas del volcán Nevado de Toluca, destacando 30 km<sup>2</sup> de bosque de pino encino ubicados en zonas de cabecera.

Cabe destacar que tanto el cerro de San Antonio como el volcán forman parte del Área Natural Protegida Parque Nacional Nevado de Toluca y en ambos se presentan algunas de las zonas más afectadas por dos de los procesos de degradación mencionados. El más peligroso es el de erosión por cárcavas, pues, como hemos visto, se encuentra asociado a usos agrícolas y pequeñas zonas de pastizales inducidos, asentados en el contorno de la ANP. Por lo anterior, se recomienda considerar actividades de conservación en la

reserva y coordinarse con la CONANP para detener o revertir estos procesos de degradación.

Otro problema que amenaza la conservación de estos remanentes boscosos es la deforestación. En el estudio de cambio de uso de suelo para el periodo 1976-2000, se reporta la pérdida de 66 km<sup>2</sup> de bosque de oyamel y bosque de pino, dispersos a lo largo de la subcuenca. Esta pérdida está relacionada principalmente con la expansión de la agricultura de temporal y con la aparición de nuevas zonas de pastizal inducido; aunque la causa también obedece a factores como incendios, sobrepastoreo, tala, cacería furtiva, turismo no controlado, presencia de instalaciones ajenas a las funciones de estas áreas, la aparición de asentamientos humanos irregulares, entre otros<sup>25</sup>. Por lo anterior, se recomienda emprender acciones de conservación en las zonas boscosas remanentes y restaurar aquellas zonas deforestadas, para crear corredores de vegetación continuos; sobretodo en aquellas áreas ubicadas en zonas de cabecera.

---

<sup>25</sup>FUENTE: Diagnóstico del Estado de México; la problemática del agua:  
<http://www.edomexico.gob.mx/se/diagedo2.htm>



## Subcuenca Cuitzeo

Enclavada al sur de la Cuenca Lerma Chapala, la subcuenca Cuitzeo destaca por contener uno de los cuerpos de agua superficial más importantes de la Cuenca: el llamado Lago de Cuitzeo. La superficie total de esta unidad hidrográfica asciende a 3813 km<sup>2</sup>, de los cuales el 45% (1715 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de captación y transporte, el 31.2% (1189.9 km<sup>2</sup>) a zona de emisión y el 23.8% restante (909 km<sup>2</sup>) se ubica en zona de cabecera.

Es importante señalar que se trata de una subcuenca de tipo endorreico, por lo que la dinámica hidrológica superficial no afecta o influye en la dinámica regional y funcional de la Cuenca Lerma-Chapala; aunque debido a sus características geológicas, geomorfológicas, bio-climáticas y de usos y costumbres, esta subcuenca se asemeja más a Lerma Chapala que a la cuenca contigua, la del Río Balsas.

Esta subcuenca contiene parcial o totalmente territorio de 16 municipios; 1 del estado de Guanajuato y 15 de Michoacán. En ellos alberga una población total cercana a los 978,000 habitantes. El centro poblacional más importante es el municipio de Morelia, pues contiene 620,532 habitantes aproximadamente. El segundo centro más poblado es Acámbaro, con 110 mil habitantes. La excesiva concentración poblacional en uno sólo de los municipios, nos habla de una subcuenca con una mala distribución no sólo de población, sino de fuentes de empleo y servicios, lo que se traduce en un mosaico de niveles de desarrollo socioeconómico muy contrastante.

El municipio de Morelia genera el 88% del VACB de la subcuenca y representa además el centro de articulación regional con los municipios del estado de México. El municipio de Acámbaro genera un 5% del valor económico de la subcuenca. Estos dos municipios dinamizan la actividad económica de la región, pues generan el 93 % del VACB y presentan niveles de desarrollo que van de altos a muy altos.

El resto de los municipios que conforman la subcuenca son zonas rurales que basan su actividad en economías de subsistencia. En estos municipios, el grado de marginación promedio es alto y mantienen fuertes carencias en cuanto a provisión de servicios educativos, lo que explica que la población analfabeta represente un 6% de la población

total de la subcuenca; porcentaje que supera el grado de analfabetismo promedio en la Cuenca Lerma Chapala.

Por tipo de actividad, la población ocupada se distribuye en un 64% laborando en el sector terciario, 25% en el sector secundario y 11% en el sector primario. El nivel de ingresos muestra una distribución polarizada, pues 34% de la población económicamente activa gana entre 1 y 2 salarios mínimos, 38% entre dos y cinco salarios mínimos y un 15% percibe ingresos superiores a los 6 salarios mínimos.

La disociación entre el patrón de desarrollo de las actividades económicas de la subcuenca y la dinámica ambiental de la misma, ha traído como consecuencia una serie de impactos que alteran negativamente su funcionamiento ecohidrológico. El estado de deterioro del Lago de Cuitzeo da cuenta de esta disociación, mostrando distintos tipos de afectaciones, provocadas principalmente por la práctica intensiva de las actividades agrícolas y la contaminación generada por la propia dinámica urbano- industrial de la subcuenca.

Actualmente el Lago de Cuitzeo se encuentra fuertemente eutrofizado ya que es receptor final de un continuo aporte de fosfatos y nitratos producto de detergentes, desechos industriales, urbanos y agrícolas; impidiendo la recuperación de su ciclo biológico. Este cuerpo de agua presenta además un fenómeno de sedimentación (asolvamiento) muy acelerado, lo cual reduce de manera drástica el nivel de sus aguas.<sup>26</sup>

### **Impacto de las actividades agrícolas**

La agricultura es la actividad más extendida en la subcuenca, pues esta actividad se practica en el 38% de su superficie. De la superficie cultivada, el 38.5% (560 km<sup>2</sup>) corresponden a zonas de agricultura de riego y el 61.6% (900km<sup>2</sup>) a agricultura de temporal. Las zonas agrícolas se concentran al centro de la subcuenca, en sus partes planas. Los municipios que mayor cobertura agrícola poseen son Álvaro Obregón, Indaparapeo y Tarímbaro, Charo y Queréndaro. En esta zona se ubica también el distrito de riego 020, Morelia-Queréndaro.

---

<sup>26</sup> Israde, I. (2005) El Lago de Cuitzeo, publicación electrónica consultada en: <http://www.ccu.umich.mx/univ/publica/contacto/julio/cien-tec-4.html>

En el periodo que va de 1976 al 2000, la superficie agrícola de temporal fue la cobertura que mayor crecimiento registró en toda la subcuenca, provocando con ello la deforestación de 200km<sup>2</sup> de bosque<sup>27</sup>. A estos, se suma la pérdida de otros 160 km<sup>2</sup> de bosque que fueron desplazados por pastizal inducido. Las zonas más afectadas por la deforestación se ubican en las partes altas de la cuenca, favoreciendo el asolvamiento acelerado del lago de Cuitzeo.

El impacto directo que las actividades agrícolas ejercen sobre el medio ambiente, puede observarse también en las condiciones del suelo de esta subcuenca, el cual se encuentra afectado por seis procesos distintos de degradación. El más extendido es el de erosión hídrica superficial, presente en el 14% de la subcuenca, en una superficie cercana a los 553 km<sup>2</sup>. Este proceso está directamente relacionado con el aumento de la erosionalidad del suelo, incrementando con ello los sedimentos y el nivel de asolve del lago.

El segundo proceso de degradación más extendido es el de declinación de la fertilidad. Este proceso afecta un área aproximada de 430 km<sup>2</sup>, que representan el 11% de la subcuenca. Las zonas más afectadas se ubican en terrenos con agricultura de riego, distribuidas al norte y sur del lago de Cuitzeo. La declinación de la fertilidad se debe a la compactación del suelo por el uso excesivo de maquinaria y en muchas ocasiones incentiva el uso intensivo de agroquímicos como mecanismo para compensar la pérdida de abono orgánico y el detrimento en los niveles de nutrientes del suelo. Esta medida compensatoria trae como consecuencia un incremento en el nivel de nutrientes en el lago, lo cual repercute de forma directa en el aumento en los niveles de eutroficación del mismo.

Una consecuencia de lo anterior podría ser el fenómeno de fragmentación que experimenta este cuerpo de agua como resultado del sobre-crecimiento del popal-tular. Este sobre-crecimiento ocasiona un virtual estrangulamiento del cuerpo oriental y el cuerpo de agua central de dicho lago, influyendo de manera negativa en su dinámica natural.

Finalmente, en los alrededores del lago de Cuitzeo se observa un fenómeno de salinización en una superficie de 337.6 km<sup>2</sup>, que equivalen al 9% de la subcuenca. Este

---

<sup>27</sup> Esta cifra parece muy elevada.

fenómeno pudo haber sido causado por un mal manejo de las áreas de riego, así como por problemas de inundación y desecamiento por evapotranspiración.

Tomando en cuenta la información recién descrita, se sugieren como zonas para implementar labores de restauración los manchones de bosque de encino y matorral subtropical ubicados al norte del lago de Cuitzeo. Asimismo, se recomienda la restauración de las zonas de bosque de encino que se encuentran distribuidas en las montañas, al oeste del municipio de Morelia.

Como zonas de conservación, se sugiere atender los manchones de bosque encino pino, que suman un total de 500 km<sup>2</sup> y se ubican dentro de la zona funcional de cabecera, en la porción sureste de la subcuenca. De la misma forma, se recomienda conservar aquellas zonas montañosas con bosque de encino que se ubican al centro y suroeste de la subcuenca.

### **Desarrollo de la infraestructura urbana**

Otro factor que afecta la dinámica de este cuerpo de agua es la barrera-compuerta artificial de la carretera Morelia- Moroleón, la cual impide el flujo libre de agua hacia la porción occidental de este embalse natural, generando su desecación periódica. Esto trae como consecuencia la modificación de los niveles naturales de evaporación, ocasionando problemas de salinización y erosión eólica muy severos. El mismo problema se repite en la sección norte del lago, debido a la construcción de la carretera Morelia –Salamanca, la cual también ha promovido su desecación, así como un aumento en el problema de salinización e indicios de un proceso de erosión de tipo eólico, además de la escasez de agua, fenómeno asociado al impacto de la hidrología subterránea<sup>28</sup>.

### **Impacto de la actividad urbano- industrial**

Los problemas de contaminación se atribuyen principalmente a los desechos urbanos e industriales de la zona conurbada de la ciudad de Morelia. La postergación en la

---

<sup>28</sup> Periodico La Voz de Michoacán, 28 de marzo, 2005.

construcción de la planta de tratamiento Morelia representa el rezago más importante en el saneamiento del agua en la región, dado que esta ciudad produce un volumen aproximado de 1600 l/s, que se descargan sin tratamiento y tienen como destino final el lago de Cuitzeo, llevando efluentes domésticos e industriales. Estas aguas resultan un foco importante de contaminación para las tierras bajas de la cuenca.

Actualmente, los desechos de este centro urbano son vertidos al Río Grande, mismo que abastece de agua al distrito de riego 020, el cual abarca una extensión de 20, 000 hectáreas. En los últimos años, se prohibió el cultivo de hortalizas en el distrito de riego, así como de toda una variedad de cultivos no resistentes, por lo que sólo se permite el cultivo de granos y forrajes, tales como maíz, avena, trigo y pastos. Esto ha detonado un conflicto social fuerte entre los agricultores del distrito de riego y los industriales de la región, pues la contaminación del agua se atribuye principalmente a los niveles de celulosa provenientes de la industria papelera de Morelia.

En las márgenes del Río Grande se registran niveles altos de coliformes fecales y metales pesados, así como de fosfatos y nitratos atribuidos a las descargas provenientes de aproximadamente 21 municipios. Al ser receptáculo de esta agua, los niveles de contaminación del lago se han acrecentado de forma considerable en los últimos diez años, al punto de que las actividades de pesca han sido restringidas, a partir de que se observaron contaminantes y parásitos tanto en ranas como en peces<sup>29</sup>.

---

<sup>29</sup> Ávila, Patricia, Editora (2002), **Agua, cultura y sociedad en México**, El Colegio de Michoacán/ SEMARNAT Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 456p.

## **Cuenca Propia del Lago de Chapala**

La subcuenca Chapala se encuentra en el extremo occidental de la cuenca Lerma Chapala. Socioambientalmente, esta subcuenca es particularmente relevante debido a que en ella se encuentra el cuerpo de agua más grande de México: el Lago de Chapala; el cual concentra la mayor parte de los escurrimientos de la cuenca Lerma Chapala.

Esta subcuenca está integrada por 17 municipios que rodean el Lago de Chapala. De estos, ocho pertenecen al estado de Jalisco y nueve a Michoacán. En total, esta subcuenca cuenta con 412, 714 habitantes. El centro más poblado es el municipio de Sahuayo, con 60, 894, seguido por Chapala, con 43,444; y Poncitlán, con 40,827.

Aproximadamente el 33% de la población se encuentra económicamente activa. Del total de la población ocupada, aproximadamente el 45% se emplea en el sector servicios, el 31% en el sector secundario y un 24% se concentra en actividades del sector primario. Esta subcuenca posee un nivel salarial medio-bajo, pues un 16% gana menos de un salario mínimo al día y aproximadamente el 76% percibe menos de 5 salarios por jornada laboral. Sólo un 8 % gana por encima de 6 salarios mínimos.

En cuanto a producción del VACB, en esta subcuenca predomina la actividad industrial, aportando un 65.42% del valor generado, seguido por el comercio, con 22.64% y los servicios, que aportan un 9.55%. Adicionalmente, también se observa la participación de sectores como transporte, construcción, electricidad, pesca y minería, aunque su aporte al VACB no es significativo. Por otro lado, la alta concentración del VACB en actividades del sector comercio y los servicios, responden a la intensa actividad turística que se desarrolla en la subcuenca, la cual gira alrededor del lago de Chapala.

Además de ser uno de los principales centros de atracción turística de la cuenca, el lago de Chapala abastece de agua de manera directa y complementaria para uso doméstico, riego agrícola y uso industrial a una población que se extiende más allá de los límites de la subcuenca. El aprovechamiento desmedido de este recurso ha ocasionado que este cuerpo de agua sea uno de los más contaminados de todo el país.

Ante esta problemática, se han emprendido distintas acciones gubernamentales

orientadas al manejo adecuado de la cuenca, la conservación de los recursos hídricos y de los ecosistemas conformados a su alrededor, así como a ordenar los distintos usos del agua. No obstante los esfuerzos institucionales realizados, el Lago de Chapala da cuenta de toda la problemática de la cuenca Lerma Chapala, la cual, de manera general, puede sintetizarse en los siguientes puntos<sup>30</sup>:

- Distribución desigual del agua.
- Desvío y acaparamiento en diversas presas a lo largo del río Lerma;
- Carencia de una cultura ambiental, y uso ineficiente del agua por los habitantes de la cuenca, que repercute en el desperdicio y uso irracional del agua, ya que el común de la gente piensa que el agua es un recurso natural inagotable.
- Desperdicio de líquido por los usuarios agrícolas, en virtud de usar sistemas inapropiados de riego. El 85% del agua de la cuenca se utiliza para fines agrícolas y de éste se desperdicia un 50% de volumen.
- La descarga de enormes cantidades de contaminantes y residuos tóxicos agrícolas e industriales, además de aguas residuales municipales sin tratamiento adecuado.
- La constante y acelerada deforestación, la erosión y el deslave de suelos que originan el asolvamiento de cauces y vasos acuíferos, de los cuales la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago es un ejemplo significativo a nivel nacional.
- La ausencia de una red hidroclimatológica a efecto de tener una idea precisa de los escurrimientos y precipitaciones en la cuenca y, en consecuencia contar con la capacidad para evaluar objetivamente los usos del agua y la disponibilidad de la misma.
- En general la sobreexplotación y contaminación de los recursos hídricos.

A continuación, se presentan las principales actividades económicas de la subcuenca, acompañadas por los problemas ambientales asociados a la práctica intensiva de ellas y las recomendaciones pertinentes para cada problema específico.

### **Impacto de la actividad industrial**

Existen cuatro sectores industriales en la subcuenca, la industria de alimentos, la industria química, la industria de productos metálicos y la industria textil. Los municipios en los que predomina la actividad industrial son Ixtlahuacán y Poncitlán. En

---

<sup>30</sup> Los puntos presentados fueron extraídos del programa de trabajo de la Alianza por la Preservación del Lago de Chapala, publicado el 26 de noviembre del 2001.

el primer caso, la industria metálica produce cerca del 65% y emplea a poco más del 73% de la población ocupada. La industria química genera el 25% del VACB y emplea al 15% de la población. En este municipio se ubica la empresa Cytec de México, S.A. de C.V., que se dedica a la manufactura de productos químicos. El riesgo ambiental que este tipo de industria representa se considera alto. Finalmente, la industria de alimentos produce el 10.31 % del VACB y emplea a un 9% de la población ocupada.

En el caso del municipio de Poncitlán, la industria química es, por mucho, la más importante en términos de generación de valor agregado, ya que las tres principales empresas -Grupo Celanese, S.A. de C.V. planta Ocotlán; Nyltek, S.A. de C.V. y Arteva Specialties, S.de R.L. de C.V.- asentadas en este municipio, generan cerca del 80% del VACB y emplea al 50% de la población ocupada. El riesgo potencial de este tipo de industria se considera alto. En el municipio también se observa una importante presencia de la industria textil, la cual genera el 19% del VACB y mantiene altos grados de atracción de mano de obra, pues emplea al 25% de la población ocupada. La empresa más importante de este giro es Industrias Ocotlán, S.A. de C.V., que se dedica al acabado de fibras textiles e implica un riesgo ambiental alto.

El principal impacto ambiental de la actividad industrial es la contaminación del agua por desechos industriales, aunado a los altos niveles de consumo de agua limpia especialmente en los procesos productivos de la industria textil y la industria de alimentos. Los estragos de la actividad industrial dentro y fuera de la subcuenca pueden observarse en el estado de deterioro del lago de Chapala, cuyo proceso de contaminación es un claro ejemplo de los efectos negativos del mal manejo del agua y sobretodo de las aguas residuales no sólo en la subcuenca, sino que presenta los efectos acumulados de todos los procesos cuenca arriba, durante los últimos 25 años.

Este cuerpo hídrico natural es el receptor de aguas que contienen contaminantes vertidos en la zona donde se origina el río Lerma, y a través de todo el corredor industrial Lerma (que surge en partes altas de la cuenca), los cuales se suman a los originados en la parte media de la cuenca, en donde se vierten las descargas de los parques industriales de Querétaro, Celaya Irapuato y Salamanca, además de las descargas municipales de Corregidora, Cortázar, Villagrán entre otras.



En la parte baja, la mayor parte de los contaminantes se atribuyen a aguas provenientes del Río Lerma y del Río Turbio, pues éste último recibe las aguas residuales de León, Abasolo, Pénjamo, La Piedad y La Barca. En esta zona, se suman a las descargas los residuos de la zona industrial *peletera* de León principalmente y los contaminantes más comunes son bacterias patógenas, materia orgánica grasas, aceites , detergentes, DDT's, y agroquímicos.

En algunos casos, las aguas industriales contienen además metales pesados (cromo, plomo, zinc, mercurio) y sales orgánicas sintéticas así como fósforo. La concentración de metales se encuentra debajo de los niveles aceptables si estos estuvieran en un depósito dedicado a dicho fin, sin embargo, los metales tales como plomo, zinc y cobre están por arriba de las normas aceptables en E.U.A y se encuentran cerca del nacimiento del Río Santiago integrados a sedimentos floculados, en las áreas con menor energía del lago. Por lo tanto, en el Lago Chapala se identifican dos zonas con sedimentos contaminados por metales pesados, una, la de mayor concentración en el ambiente deltáico de la desembocadura del Río Lerma y otra en la porción centro-occidente del Lago con concentraciones más bajas<sup>31</sup>.

Como principal recomendación, es determinante el desarrollo de mecanismos de cumplimiento de la regulación industrial cuenca arriba, que obligue a las industrias a tratar de forma adecuada sus residuos antes de descargarlos al río. Se sugiere también el monitoreo del tipo de descargas urbanas que se vierten río arriba, para prevenir que talleres domésticos textiles o de curtidoras estén descargando al drenaje municipal en las subcuencas de Lerma y Alto Lerma. Del mismo modo, resulta muy importante vigilar el buen funcionamiento de las estaciones hidrométricas ubicadas en el lago.

### **Impacto de la actividad agrícola**

Como en la mayoría de las subcuencas, la agricultura es la actividad más extendida en el suelo de esta subcuenca. La agricultura de riego alrededor del lago presenta rendimientos altos y muy altos, especializándose en el cultivo de sorgo y alfalfa;

---

<sup>31</sup> Consulta electrónica en: [http://www.geociencias.unam.mx/2005/informes/informe\\_2006\\_web.pdf](http://www.geociencias.unam.mx/2005/informes/informe_2006_web.pdf)

mientras que la de temporal presenta rendimientos medios y se especializa en el cultivo del maíz.

En los municipios de Villamar, Jiquilpan, Sahuayo y Venustiano Carranza predomina la agricultura de riego. En el caso de Jiquilpan y Sahuayo, las aguas que se reusan en riego agrícola son las que pasan por sus plantas de tratamiento; no obstante, la planta de Jiquilpan está fuera de servicio, por lo que el agua se vierte en las zonas de riego sin recibir tratamiento. Por esta razón, se recomienda a estos dos municipios que mantengan en buen estado su red de colectores y vigilen el óptimo funcionamiento de sus plantas de tratamiento. Para el caso de los municipios de Villamar y Venustiano Carranza, la recomendación es que se construyan plantas de tratamiento municipal.

La Manzanilla de la Paz y Marcos Castellanos tienen una agricultura poco diversificada, especializada en maíz de temporal. Sin embargo, en estos municipios hay mucha población ocupada en el sector primario, lo que denota una fuerte dependencia de la población de las actividades agrícolas y, por lo tanto, una estrecha relación con los recursos naturales. Debido al estado de degradación del suelo en áreas agrícolas y al aumento de las áreas de pastizal inducidos, se recomienda implementar prácticas de conservación de suelos, conservación y restauración de la vegetación y fomentar programas de diversificación de actividades productivas y reconversión

Uno de los procesos de degradación más extendidos es la erosión hídrica superficial, pues abarca una superficie cercana a 448km<sup>2</sup>, ubicados principalmente en zonas de lomeríos y piedemonte de la porción sur y sur este de la subcuenca. Este proceso está vinculado principalmente a zonas de pastizales inducidos, agricultura de riego, agricultura de temporal y matorral subtropical secundario. Los municipios más afectados son La Manzanilla de la Paz, Tizapán el Alto, Tuxcueca y, en menor cantidad, Marcos Castellanos; al sureste Jiquilpan y Villamar. Se recomienda a estos municipios detener el avance de la agricultura hacia zonas de laderas de colinas y piedemontes, así como contrarrestar este tipo de erosión promoviendo cubierta vegetal con especies adaptadas a las condiciones del suelo.

Es importante implementar prácticas de conservación de suelos y control de azolves, dado que en estas zonas existe una red fluvial conectada que vierte agua al lago de Chapala, arrastrando sedimentos hacia el mismo.

Un segundo proceso es el de declinación de la fertilidad en suelos, los municipios afectados por este proceso son: Sahuayo, Cojumatlán de Regles, Venustiano Carranza, Villamar, Jiquilpan, Tizapán el Alto y Tuxcueca. Estas zonas de degradación de suelos coinciden con municipios muy dependientes de la actividad primaria, al sur de la subcuenca. El proceso sucede en zonas de agricultura de riego, pastizal inducido y agricultura de temporal. En los terrenos agrícolas, se recomienda mejorar las prácticas de agricultura, incorporando técnicas de manejo de suelos, para mejorar la calidad de este recurso y aminorar el consumo de agroquímicos. Esta recomendación es particularmente relevante en los municipios de Villamar y Cojumatlán de Régules, puesto que estos municipios basan su economía en actividades primarias y se trata de poblaciones socioeconómicamente vulnerables. De la misma forma, se sugiere disminuir el uso intensivo de maquinaria, principalmente en zonas de laderas de colinas y llanuras.

Los impactos de la implementación de prácticas agropecuarias inadecuadas pueden observarse también en el lago de Chapala, el cual padece un fuerte problema de contaminación del por residuos de la agroindustria y eutroficación. Otro problema relacionado con estas causas es el de salinización en las zonas agrícolas que rodean al lago. Se recomienda desarrollar mecanismos de cumplimiento de regulación que obliguen a los centros de producción pecuaria a darle un uso más eficiente al agua, así como a tratar aquella que utilizan tanto en sus procesos productivos como para la limpieza de excretas. Se recomienda también la aplicación de técnicas agrícolas de menor impacto, tales como el uso de abono orgánico, que eviten el uso de agroquímicos, debido a que el exceso de nutrientes y materia orgánica afecta el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, incrementando la eutroficación del lago.

## **Subcuenca Duero**

Esta subcuenca tiene una extensión de 3,553 km<sup>2</sup> y se localiza al suroeste de la cuenca Lerma Chapala. El 53.27% de su territorio (1893 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de captación y transporte; el 28.55% (1014.6 km<sup>2</sup>) está ubicado en zonas de cabecera y el 18.17% (645.7 km<sup>2</sup>) es zona de emisión. En cuanto a su conformación administrativa, esta subcuenca comprende territorio de 20 municipios del estado de Michoacán; los cuales presentan un grado de marginación que va de medio a bajo, destacando los casos de Charapan y Chilchota, que presentan un grado alto.

En términos de concentración poblacional, Duero es una subcuenca muy desigual. Su población total es de aproximadamente 600,000 personas, de las cuales el 27% (161,918) se concentra en el municipio de Zamora, haciendo de éste el centro más poblado. En segundo lugar se ubica Jacona con 54, 000 habitantes, que representan al 9% de la población total, mientras que el resto de la población se encuentra dispersa en los otros 18 municipios que integran esta subcuenca, cuya población promedio no supera los 20,000 habitantes.

En cuanto a la distribución del personal ocupado, el 27% se emplea en el sector primario, el 26% en el sector secundario y el 47% en el terciario. Esta distribución está sesgada por los municipios de Zamora y Jacona, ubicados al centro de la subcuenca, cuya actividad principal son los servicios y el comercio y representan al 60% de la economía de la subcuenca. No obstante, los municipios situados alrededor de la subcuenca mantienen una dinámica eminentemente agrícola, haciendo de ésta la principal actividad económica en la región. En términos de ingresos, el nivel salarial que predomina en la subcuenca es bajo, pues poco más de la mitad de la población (54%) gana entre 1 y 2 salarios mínimos, un 36% percibe menos de 5 salarios y sólo un mínimo porcentaje (5%) percibe una remuneración mayor a los 5 salarios.

### **Impacto de la actividad agrícola**

En las partes planas de la subcuenca predomina la agricultura de riego, abarcando un área de 888.3 km<sup>2</sup>. En aquellas zonas de lomeríos y piedemontes, se observa una práctica intensiva de agricultura de temporal, que se extiende aproximadamente en 781

km<sup>2</sup>, de los cuales una tercera parte se ubica dentro de la zona funcional de cabecera. Ambos tipos de agricultura suman una superficie aproximada de 1,670 km<sup>2</sup>, que representan al 47% de la superficie total; siendo ésta la actividad más extendida de la subcuenca.

En la porción centro y norte predomina el cultivo del trigo y el sorgo, en zonas tanto de riego como de temporal. El cultivo de trigo es más común en agricultura de riego y la superficie sembrada asciende a 154 Km<sup>2</sup>; mientras que de sorgo se siembran 257 Km<sup>2</sup> en zonas de temporal y 51 Km<sup>2</sup> en zonas de agricultura de riego. En las zonas este y sur de la subcuenca, la actividad agrícola se especializa en el cultivo del maíz, siendo más común su siembra en suelos en donde se practica la agricultura de temporal.

En términos generales, los rendimientos agrícolas de estos cultivos van de altos a muy altos, con excepción de aquellas zonas de agricultura de temporal aledañas a los municipios de Charapan, Chavinda, Cherán, Chilchota, Purépero, Tangamandapio y Tangancícuaro, en donde el cultivo predominante es el maíz y presenta rendimientos que van de medios a bajos. En sorgo, los municipios que presentan bajos rendimientos en este régimen agrícola son Pajuacarán, Purépero, Chilchota, Tangamandapio, Tlazazalca y Venustiano Carranza.

Los bajos rendimientos registrados en estas zonas denotan la condición de vulnerabilidad socioeconómica de sus habitantes; pues coinciden con aquellos municipios con un menor grado de desarrollo y grados de marginación media e incluso alta. La presencia de rendimientos bajos en los cultivos resulta especialmente preocupante al observar que se trata de municipios cuyas fuentes de empleo se encuentran poco diversificadas, en los que la mayoría de la población ocupada labora en el sector primario y perciben niveles salariales muy bajos.

En los municipios menos desarrollados, esta vulnerabilidad socioeconómica se complementa con prácticas agrícolas inadecuadas, producto de la escasa tecnificación en las formas de cultivo. Algunas de las principales repercusiones de las deficiencias señaladas pueden verse en las condiciones del suelo de esta subcuenca, el cual se encuentra afectado por seis tipos de degradación, de entre los que destacan los cuatro más extendidos. El primero de ellos es el de declinación de la fertilidad, que afecta a

1186 km<sup>2</sup>, ubicados a lo largo de toda la subcuenca. La superficie afectada equivale al 33% de la superficie total y se presenta con mayor frecuencia en llanuras con poca pendiente, dedicadas a la agricultura tanto de riego como de temporal y a pastizales inducidos.

El segundo tipo de degradación es el de erosión hídrica superficial, que afecta 410 km<sup>2</sup> y se presenta a lo largo de toda la subcuenca, en zonas de lomeríos y colinas en las que se practica la agricultura de temporal. Cabe mencionar que de los veinte municipios que integran la subcuenca, sólo los municipios de Venustiano Carranza, Briseñas, Vista Hermosa, Yurécuaro y La Piedad no presentan este tipo de erosión. Estos cinco municipios se ubican al norte de la subcuenca y coinciden con las zonas en las que predomina el cultivo del sorgo y del trigo, asociados a agricultura de riego.

El tercer proceso es el de erosión por cárcavas, el cual se presenta en 27 km<sup>2</sup>, localizados en los alrededores del municipio de Tangancícuaro, al sur de la subcuenca. Este proceso se presenta con más frecuencia en zonas donde se realiza agricultura de temporal. Finalmente, destaca también un proceso de erosión eólica, el cual a pesar de abarcar una superficie menor que los anteriores, se presenta en zonas de cabecera ubicadas al sur de la subcuenca, alrededor del cerro San Ignacio y en el cerro ubicado al norte de la localidad de Tanaco, en los municipios de Chilchota y Cherán.

Por lo anterior, resulta muy importante promover el desarrollo de nuevas y mejores prácticas agrícolas, que contribuyan a mejorar el nivel de vida de los habitantes dependientes de esta fuente de ingresos, pero que contrarresten, a un tiempo, los procesos de degradación de suelo que se presentan como resultado de la implementación de las formas actuales de aprovechamiento.

La forma en que la agricultura impacta el estado del suelo, se combina con otras formas de afectación del territorio de esta subcuenca, tales como la deforestación, la secundarización de la vegetación natural y el crecimiento descontrolado de las zonas agrícolas y urbanas. Todo ello constituye una amenaza para aquellas zonas con remanentes importantes de vegetación natural.

En el caso de los remanentes boscosos, cuya cobertura alcanza los 685 km<sup>2</sup>, se puede observar que una tercera parte (205.5 km<sup>2</sup>) es vegetación secundaria. En las zonas de matorral subtropical, que suman una superficie cercana a los 720 km<sup>2</sup>, vemos que poco más del 50% es matorral secundario. Aunado a este proceso de secundarización, en ambas coberturas se aprecia un problema de deforestación, ocasionado por la expansión de la agricultura de temporal.

Al sur de la subcuenca, las zonas deforestadas suman una superficie de 114 km<sup>2</sup>, principalmente de pino encino, localizados en los municipios de Jacona y Tangancícuaro. En la parte central, al norte del municipio de Zamora y en los alrededores del municipio de Chavinda, la expansión de terrenos agrícolas se combina con el crecimiento de terrenos de pastizal inducido, afectando aproximadamente 96 km<sup>2</sup> de matorral subtropical. En esta misma zona, en el municipio de Ecuéndaro, se registra la pérdida de 11 km<sup>2</sup> de un cuerpo de agua ubicado al este del cerro del Ocote, en donde ahora se observan terrenos de pastizal inducido y de agricultura de riego. Cabe destacar que las zonas de pastizal inducido en la subcuenca suman ya 772 km<sup>2</sup>; de los cuales el 50% se localiza en zonas de cabecera.

Dado que el índice de naturalidad de esta subcuenca es alto, se recomienda frenar la deforestación ocasionada por el avance de la agricultura de temporal y los pastizales inducidos hacia las zonas boscosas. Se sugiere implementar prácticas de conservación en los remanentes de bosque de pino y pino encino ubicados al sur de la subcuenca, en los municipios de Tangancícuaro, los Reyes, Charapan, Chilchota y Cherán. En la región sureste se recomienda la conservación y restauración de los bosques de pino encino en los municipios de Chilchota, Cherán, Zacapu y Purépero. Al este, la conservación y restauración de los bosques de encino en los municipios de Churintzio, Tlazazalca y Zamora. Al norte, se recomienda la conservación y restauración de matorral subtropical ubicado en los municipios de Tanhuato, Ecuandureo y Zamora.

## **Subcuenca Ignacio Ramirez**

Esta subcuenca está ubicada en la porción sureste de la cuenca Lerma Chapala. Abarca un área de 500.4 km<sup>2</sup>, de los cuales el 63.7% (319 km<sup>2</sup>) se ubica en zonas de captación y transporte y el 36% restante (181.24 km<sup>2</sup>) en zonas de cabecera. La subcuenca está integrada por 2 municipios: Almoloya de Juárez y Villa Victoria, ambos en el Estado de México. Su población aproximada es de 184 mil habitantes, de los cuales 110 mil pertenecen al municipio de Almoloya de Juárez y 74 mil a Villa Victoria. En términos de desarrollo, el municipio de Almoloya posee un grado de marginación alto, mientras que Villa Victoria se considera un municipio de muy alta marginación<sup>32</sup>.

A pesar del relativamente reducido número de habitantes que tiene esta subcuenca, Ignacio Ramírez presenta la mayor concentración poblacional de toda la cuenca Lerma Chapala, pues su densidad promedio es de 220 hab/km<sup>2</sup>; aproximadamente 4 veces mayor al promedio nacional<sup>33</sup>. Tal concentración explica el alto grado de antropización de esta subcuenca y está en función del grado de atracción de mano de obra que ejerce la actividad industrial que se desarrolla en la zona, principalmente en el municipio de Almoloya, cuya población ocupada se emplea mayoritariamente en el sector secundario y, en menor medida, en el sector servicios.

Actualmente, el 41% de la población ocupada total de la subcuenca se emplea en el sector secundario, el 35% en el terciario y el 24% restante labora en el sector primario. En términos de distribución salarial, Ignacio Ramírez presenta desigualdades notorias, pues mientras que el 61% de la población gana menos de 2 salarios mínimos; el 4% percibe más de 6 salarios mínimos.

### **Impacto de la actividad industrial**

En términos de producción económica, destaca la actividad industrial por encima de otras actividades productivas, pues dicha actividad genera el 68% del VACB que se produce en la zona, seguida por el comercio con 27%, y los servicios, que aportan un 3.5%.

---

<sup>32</sup> CONAPO (2000) Índice de Marginación por municipio.

<sup>33</sup> La densidad promedio en México es de 54.3 hab/km<sup>2</sup> (INEGI, 2005)

<http://www.inegi.gob.mx/inegi/contenidos/>



En el municipio de Almoloya de Juárez se produce el 84% de todo el valor agregado de la subcuenca, mientras que el municipio de Villa Victoria aporta el 16% restante. Los contrastes entre ambos municipios se acentúan al observar que la industria en Almoloya de Juárez es 200 veces mayor que la industria de Villa Victoria, y mientras que en Almoloya el 80% del VACB proviene de la industria, en Villa Victoria predomina la agricultura de subsistencia sin transformación.

La industria predominante en Almoloya es la del papel, pues ocupa al 50% de la población y genera el 76% del VACB que produce este municipio. Destaca también, aunque en menor medida, la industria textil, que emplea al 21.15% de la población y genera el 14% del VACB. En el caso de Villa Victoria, la industria genera el 70% del VACB del municipio, a pesar de emplear sólo a 68 personas, ya que la mayor cantidad de población se ocupa en el sector primario.

Las dos empresas más grandes de la subcuenca son las papeleras Assatex, S.A. de C.V. y Papelería del Nevado S.A. ambas ubicadas en el municipio de Almoloya y certificadas por PROFEPA como industrias limpias. Si bien estas dos firmas que poseen la dinámica industrial más intensa de la subcuenca ya se encuentran certificadas, es muy importante regular la actividad de la pequeña industria, ya que es probable que sus descargas estén arrojando contaminantes a la presa Ignacio Ramírez.

### **Impacto de la actividad agrícola**

A pesar de que la actividad económica más importante es la industria; la agricultura es la práctica más extendida en el territorio de Ignacio Ramírez. El 82% del territorio de esta subcuenca corresponde a suelos agrícolas, en los que predomina el cultivo de avena y de maíz. En zonas de agricultura de riego, el maíz se siembra en 69 km<sup>2</sup>, presentando rendimientos medios. En aquellas zonas con agricultura de temporal, destaca el cultivo de la avena en 16 km<sup>2</sup>, con rendimientos que van de medios a muy altos.

La agricultura de temporal es la que más se ha extendido durante los últimos años, pues los procesos más importantes de cambio de uso de suelo muestran una conversión de zonas de pastizal hacia agricultura de temporal en un área aproximada de 41 km<sup>2</sup> y

otros 7 km<sup>2</sup> que pasaron de agricultura de riego a agricultura de temporal. Ambos procesos se localizan al suroeste de la presa Ignacio Ramírez y al sur del municipio de Almoloya de Juárez.

A lo largo de la subcuenca se presentan tres tipos de degradación del suelo. El más extendido es el de declinación de la fertilidad en una superficie de 188 km<sup>2</sup>, que equivalen al 37% de la superficie. Este proceso está asociado a la práctica tanto de agricultura de riego como de temporal y se presenta en las zonas centro y norte de la subcuenca.

El segundo proceso más extendido es el de erosión por cárcavas. La superficie afectada alcanza los 128 km<sup>2</sup>, que representan el 26% del área total de la subcuenca. Es muy importante señalar que la mitad de la superficie afectada se encuentra en zonas de cabecera, lo que hace que el problema de erosión sea más grave. Ante esta situación, se recomienda mejorar las prácticas agrícolas incorporando medidas de conservación de suelos, con el objetivo de disminuir el problema en las zonas con este tipo de erosión.

Esta recomendación es especialmente importante para la porción oeste de la subcuenca, sobre todo en las faldas del Cerro San Antonio, pues en esta zona existe una gran cantidad de material geológico poco consolidado, característico de suelos volcánicos. Los suelos formados a partir de este material son altamente susceptibles a la erosión, acentuando el problema en laderas de alta pendiente, sobre todo cuando se combina con el problema de deforestación. Por otro lado la red de drenaje es densa, lo que favorece el arrastre de sedimentos que finalmente llegan a la presa Ignacio Ramírez, causando problemas de azolvamiento.

Aunque en menor intensidad, en la subcuenca también se presenta un proceso de erosión hídrica superficial. Al igual que la erosión por cárcavas, la erosión hídrica superficial se concentra en la porción oeste de la subcuenca, en suelos agrícolas adenaños al municipio de Villa Victoria.

En cuanto a cobertura vegetal, esta subcuenca presenta el índice de naturalidad más bajo de toda la cuenca Lerma Chapala. Ante esta situación, resulta necesario conservar los reductos de bosque de oyamel que subsisten al sur de la subcuenca, en un área

aproximada de 17 km<sup>2</sup>, ubicados en el cerro de San Antonio. Alrededor de esta zona, la amenaza de la deforestación se combina con los procesos de erosión hídrica y erosión por cárcavas, por lo que resulta imprescindible también implementar medidas de reforestación en los alrededores.

La falta de datos sobre deforestación en los últimos 30 años indica que probablemente este proceso sucedió antes del estudio de 1976 que se toma como referencia, por lo que resulta necesario emprender acciones correctivas en el área, que además se ubica dentro de la zona de cabecera de la subcuenca.

Todos estos procesos de degradación ambiental se combinan con una dinámica socioeconómica muy contrastante, que coloca a esta subcuenca en una situación de vulnerabilidad socioambiental fuerte, ocasionada por la pobreza en capital natural y en capital económico. Por tal motivo, las acciones que deben emprenderse en materia de conservación y restauración deben complementarse con mejores prácticas agrícolas y la diversificación de los cultivos como una alternativa de ingresos, pues como hemos visto, la agricultura es una práctica muy extendida en zonas cuyos suelos están siendo afectados por algún tipo de degradación. Esto no sólo altera la funcionalidad ambiental de la zona, sino que representa una amenaza para el rendimiento de los cultivos, agudizando el problema de escasez de ingresos para la población que vive de este sector.

## Subcuenca Itzuhuachacolo

La subcuenca Itzuhuachacolo se ubica al suroeste de la Cuenca Lerma Chapala. Tiene un área cercana a los 684 km<sup>2</sup>, de los cuales el 38% (261 km<sup>2</sup>) funciona como zona de emisión y el 61.7% (422.7 km<sup>2</sup>) es zona funcional de cabecera. Esta subcuenca se encuentra completamente incluida dentro del estado de Michoacán, abarcando parcialmente el territorio de 5 municipios: Charapan, Cherán, Nahuatzen, Paracho y Uruapan<sup>34</sup>.

La población de esta subcuenca es de 81 mil habitantes. El municipio más poblado es Paracho, pues contiene al 42% (31,096) de los habitantes de esta región. Enseguida se ubica Nahuatzen, con 23,221 habitantes, que equivalen al 28% de la población total de la subcuenca. En términos de ocupación por sector, el 44% de la población se concentra en actividades del sector terciario, el 33% en el sector secundario y el 23% labora en el sector primario.

El desarrollo socioeconómico de esta unidad hidrográfica tiende a ser bajo. Los municipios más desarrollados son Paracho y Cherán, que poseen un grado de marginación medio, mientras que los menos desarrollados son Nahuatzen y Charapan, cuyo grado de marginación es alto. Estos niveles bajos de desarrollo se reflejan en el elevado índice de analfabetismo que presenta la subcuenca.

En los municipios más poblados, la principal fuente de empleo es la industria. En Paracho esta actividad concentra al 50% de la población ocupada y en Nahuatzen al 45%. La industria de estos dos municipios es la que más produce, seguida del comercio. Los municipios de Cherán y Charapan mantienen una distribución equilibrada de población ocupada por sector de actividad. Estos últimos municipios desarrollan una fuerte actividad comercial, como recurso para complementar los ingresos generados por las actividades del sector primario.

---

<sup>34</sup> El municipio de Uruapan representa el 10% de esta subcuenca, sin embargo, dado que la cabecera municipal se encuentra fuera y que el porcentaje incluido del municipio es menor al 7%, se decidió no considerarlo en el análisis.

### **Impacto de las actividades productivas**

La principal actividad económica es la industria. En los municipios de Nahuatzen y Paracho el tipo de industria predominante es la maderera. En Nahuatzen esta actividad emplea al 69% de la población y produce el 80% del VACB. En Paracho, logra captar un 33.4% de su población ocupada y produce el 27.23% del valor económico.

La localización de este tipo de industria en estos municipios, responde a la alta vocación forestal de la región, pues esta es una de las subcuencas con más alto índice de naturalidad de toda la Cuenca Lerma Chapala. Actualmente, la cobertura de bosques alcanza una superficie de 306 km<sup>2</sup>, que equivalen al 44.8% del territorio de la subcuenca. Sin embargo, un alto porcentaje de esta cobertura (20%) es bosque secundario. Por esta razón, se recomienda fomentar no sólo la continuidad del bosque, sino el diseño de planes de manejo forestal que incluyan acciones de conservación de las zonas boscosas ubicadas al norte y sur de la subcuenca, en zonas de cabecera; así como acciones de restauración en las zonas de bosque secundario.

En la porción este de la subcuenca, dentro del municipio de Nahuatzen, se puede observar un proceso de reconversión en 26 km<sup>2</sup> de terrenos que mantuvieron una agricultura de temporal y fueron abandonados hace tiempo, pues el proceso de sucesión ha permitido la reconversión a bosque de pino encino.

### **Impacto de la actividad agrícola**

La dinámica agropecuaria de esta subcuenca se caracteriza por una intensa y extendida práctica de la agricultura de temporal, así como por la siembra de poca variedad de cultivos, especializándose en el cultivo del maíz. Los suelos en los que se realiza la agricultura de temporal suman casi 326 km<sup>2</sup>, es decir, el 48% de la subcuenca. En esta modalidad, el maíz se cultiva en 145 km<sup>2</sup>, que representan el 21% del territorio de la subcuenca; los rendimientos obtenidos por este cultivo son muy bajos. En cuanto a la actividad pecuaria de esta subcuenca, sólo se registran datos para los municipios de Cherán y Nahuatzen, en donde predomina el ganado bovino.

Uno de los principales impactos ocasionados por el crecimiento de la superficie agrícola es la deforestación. En la porción norte de la subcuenca, dentro de los municipios de Charapan y Paracho, puede observarse que en el periodo 1976-2000, los suelos agrícolas de temporal se extendieron sobre casi 18.3 km<sup>2</sup> de bosque de pino, mismos que equivalen a la pérdida de casi el 6% de este tipo de cobertura en la subcuenca.

En el mismo lapso de tiempo, se puede observar también un proceso de reconversión productiva, en el que la agricultura de temporal reemplazó casi el 24% de la superficie de pastizal inducido. La superficie reconvertida se concentra al oeste de la subcuenca, en el cerro Molino, municipio de Charapan, y al este, en las laderas del cerro San Marcos, municipio de Nahuatzen.

Adicionalmente, el suelo de esta subcuenca se encuentra afectado por cinco tipos de degradación. En términos de su extensión, el proceso que predomina es el de erosión eólica, que afecta al 32% del territorio de la subcuenca (219.4 km<sup>2</sup> aproximadamente). Con respecto al tamaño de la subcuenca, este es el caso con la mayor superficie de su territorio afectada por este tipo de degradación en toda Lerma Chapala. Prácticamente todos los municipios de la subcuenca lo padecen, predominando en zonas de lomeríos y colinas, caracterizadas por tener agricultura de temporal y bosque de pino.

Destaca también un problema de erosión hídrica superficial, afectando al 12% (80 km<sup>2</sup>) de la subcuenca. Las zonas afectadas se ubican en laderas de montaña, piedemonte y lomeríos, concentrándose en los municipios de Charapán, Paracho y Nahuatzen. En la zona este de la subcuenca, este problema afecta también áreas de bosque de pino, mientras que al oeste se presenta en suelos de agricultura de temporal y en bosque de pino encino, dentro de la zona funcional de cabecera. Adicionalmente, en el municipio de Paracho y dentro del municipio de Uruapan, se ubican pequeños polígonos afectados por erosión por cárcavas, sobre todo en zonas de ladera de montaña.

## **Subcuenca Tepetitlán**

Tepetitlán es una subcuenca de tipo endorreico ubicada al sureste de la cuenca Lerma Chapala. Su superficie alcanza 369 km<sup>2</sup>, de los cuales el 56.27% (207.63 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de captación y transporte y el 43.73% (161.38 km<sup>2</sup>) a zonas de cabecera. Gran parte de la superficie de esta subcuenca se caracteriza por ser relieve de tipo montañoso, lo cual favorece la infiltración de agua en las partes altas. Dada su reducida superficie, los niveles de captación neta, evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración presentan valores bajos con respecto al resto de la cuenca. Por su carácter endorreico, los escurrimientos superficiales de esta subcuenca no aportan volúmenes de agua hacia la Cuenca Lerma-Chapala.

Esta unidad hidrográfica se encuentra completamente incluida en el municipio de San Felipe del Progreso, en el estado de México. El número de habitantes de las localidades ubicadas al interior de la subcuenca es de 75,834, que representan el 42.7% de la población total del municipio (calculada en 177,287). En este municipio, y en especial en la zona que abarca esta subcuenca, se registra un nivel de desarrollo socioeconómico bajo, con un alto grado de marginación. La actividad que genera más valor es el comercio, pues aporta el 82% del VACB que se produce en el municipio; un 7.6% es generado por la industria y un 7.2% más proviene del sector servicios.

La distribución de la población ocupada por sector de la economía se muestra bastante equilibrada. Un 34% labora en el sector primario, 34% en el sector secundario y el 32% restante se ocupa en actividades del sector terciario. En cuanto a percepción salarial, esta subcuenca presenta niveles por debajo del promedio de la Cuenca. El 62% de la población ocupada percibe menos de 2 salarios mínimos al día, un 35% gana entre 2 y 5 salarios, y sólo un 3% percibe remuneraciones superiores a los 5 salarios mínimos.

### **Impacto de la actividad agrícola**

El alto grado de atracción de mano de obra que presentan las actividades primarias, aunado al elevado porcentaje de población viviendo en localidades rurales con bajo desarrollo, denota una subcuenca con carácter predominantemente agrícola.

En el periodo 1976-2000 se observa un proceso de reconversión productiva de zonas que eran de pastizal inducido hacia agricultura de temporal en casi 97 km<sup>2</sup> (26%), lo cual incrementó de forma importante la superficie agrícola. Actualmente el 70.5% (260 km<sup>2</sup>) del territorio de esta subcuenca corresponde a suelos de agricultura de temporal. El cultivo principal es el maíz, del cual se obtienen rendimientos medios.

El pastizal inducido es la segunda cobertura más extendida, pues actualmente abarca 57 km<sup>2</sup> de superficie, cubriendo aproximadamente el 15% del territorio de la subcuenca. En cuanto a especialización pecuaria, predomina el ganado ovino.

Prácticamente todo el suelo de esta subcuenca se encuentra afectado por algún proceso de degradación. Los más extendidos son el de erosión hídrica superficial y el de declinación de la fertilidad. El problema de erosión hídrica se distribuye a lo largo de toda la subcuenca, afectando al 35% de la superficie (130 km<sup>2</sup>). Este proceso se presenta con más frecuencia en zonas de agricultura de temporal y pastizales inducidos. En cuanto al problema de declinación de la fertilidad, las zonas afectadas se concentran al noroeste de la subcuenca, en un área aproximada de 86.5 km<sup>2</sup>, que equivalen al 24% del territorio. Su aparición está estrechamente vinculada con la práctica de la agricultura de temporal. Como medida para detener estos procesos, es necesario promover la mejora de las prácticas agrícolas.

Tepetitlán tiene uno de los grados de naturalidad más bajos de toda la Cuenca Lerma Chapala. Dado que sólo se conservan 21 km<sup>2</sup> de bosque de pino encino y 17 km<sup>2</sup> de bosque oyamel, se recomienda frenar el avance de la frontera agrícola hacia estas zonas. La implementación de medidas de conservación de estas áreas adquiere particular relevancia al oeste de la subcuenca, en donde se ubican algunos manchones de bosque de oyamel colindantes con el Área Natural Protegida Mariposa Monarca. Asimismo se recomienda conservar y restaurar los remanentes de bosque de pino y pino encino al norte de la subcuenca, dado que estos se ubican en zona funcional de cabecera y su conservación podría aminorar el aporte de sedimentos a la presa Tepetitlán.



## **Subcuenca La Pólvora**

Esta subcuenca se ubica al oeste de la Cuenca Lerma Chapala, su extensión es de sólo 307 km<sup>2</sup>, de los cuales el 80% (244 km<sup>2</sup>) pertenece a zonas de captación y transporte y el 20% restante (63 km<sup>2</sup>) a zonas de cabecera. Debido a su reducida superficie, La Pólvora registra las cifras más bajas en cuanto a captación total neta, escorrentía, infiltración y evapotranspiración de agua. Este hecho se refleja en el aprovechamiento limitado de este recurso para actividades primarias como el riego agrícola.

Esta unidad hidrográfica presenta un déficit hídrico medio. Su conformación incluye territorio de dos municipios: Jesús María y Degollado, ambos en el estado de Jalisco. Tiene una población total de 40 mil habitantes, distribuidos de forma muy dispersa entre las localidades que conforman ambos municipios. La localidad de San José de la Paz, municipio de Jesús María, es el único asentamiento humano grande contenido en la subcuenca, cuenta con 1, 200 habitantes.

El nivel de remuneración promedio de esta subcuenca es bajo. Casi el 41% de la población gana menos de un salario mínimo y un 42% gana entre 2 y 5 salarios mínimos. La distribución de población ocupada por sector se encuentra bastante equilibrada, pues un 37% se emplea en el sector secundario, un 30% en sector terciario y el 33% restante labora en el sector primario.

En cuanto a la producción del VACB por municipio, Degollado produce el 60% y el 40% restante proviene de Jesús María. Del total producido en la subcuenca, el 50% del VACB proviene de la industria, el 37% es generado por el comercio y un 10% proviene de servicios. Entre las actividades económicas destaca también el transporte, el cual genera el 2% del VACB de la región. Esta es una de las muy pocas subcuencas en las que tal actividad aparece con una aportación significativa a la economía local.

### **Impacto de la actividad agrícola**

En estos dos municipios se registra una actividad agrícola intensa, en la cual se emplea una tercera parte de la población ocupada en la región. Además de su gran captación de mano de obra, ésta es la actividad que más se ha extendido, predominando la agricultura de temporal. Aproximadamente un 60% de la superficie agrícola se utiliza para el

cultivo de maíz y un 14% de sorgo. Los rendimientos de estos cultivos en agricultura de temporal son altos en maíz y medios en sorgo.

Actualmente el 39% del territorio de la subcuenca (118 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas agrícolas de temporal, ubicadas al centro y al norte de la subcuenca, principalmente en zonas de llanuras. La segunda cobertura antrópica más extendida es el pastizal inducido, que abarca 94 km<sup>2</sup>, es decir, el 30.6% de la subcuenca. En cuanto a áreas de vegetación natural, se registran 51 km<sup>2</sup> de matorral subtropical y 12 km<sup>2</sup> de bosque, los cuales equivalen a un 17 y un 4% del territorio de la subcuenca, respectivamente. Estos dos tipos de cobertura se presentan en la zona de lomeríos que se ubica al sur de la subcuenca.

Con base en el análisis de los cambios en la estructura y conectividad sucedidos durante los años 1976 y 2000 en la subcuenca, podemos observar que existe un proceso de deforestación en 40 km<sup>2</sup> de matorral subtropical y bosque de encino que fueron desplazados por pastizal inducido. Este proceso se localiza principalmente al este y al sur de la subcuenca. Del mismo modo, se observa el avance de la agricultura de temporal sobre pequeños manchones de matorral subtropical, localizados al sur este de la zona.

Las técnicas agrícolas de temporal así como el proceso de secundarización observado, han ocasionado una serie de impactos ambientales que pueden observarse en el estado de degradación del suelo. Actualmente el 56% de la superficie de la subcuenca está afectada por un problema de declinación de la fertilidad; las zonas más afectadas coinciden con terrenos en donde se practica la agricultura de temporal. Asimismo, un 11% de la superficie presenta problemas de erosión hídrica superficial, concentrándose con mayor intensidad en la parte sur del municipio de Jesús María, en zonas de matorral subtropical, agricultura de temporal y pastizal inducido.

Los efectos de estos dos procesos de degradación de suelos, principalmente el de erosión hídrica superficial, pueden ocasionar problemas de sedimentación en la presa de la Pólvara. Por esta razón, se recomienda restaurar la vegetación natural para aminorar los efectos causados por este tipo de degradación. De la misma manera, es necesario conservar los remanentes de bosque de encino al norte de la subcuenca, cercanos a las localidades de La Montaña y Los Patos, así como los que se encuentran en la localidad de Paso de Tarimoro, ubicada al centro de la subcuenca.

## Subcuenca La Purísima

La Purísima se localiza en la porción centro norte de la cuenca Lerma Chapala. Tiene una superficie de 3000 km<sup>2</sup>, de los cuales 563 km<sup>2</sup> corresponden a zonas de cabecera y 2436 km<sup>2</sup> a zonas de captación. Está integrada por 7 municipios del estado de Guanajuato y su población asciende a 2'012,974 habitantes. Contiene territorio de grandes centros urbanos como León<sup>35</sup>, con 1'134,042 habitantes; Irapuato con 440,134; y Guanajuato con 141,106. Este último es el que mayor superficie tiene dentro de la subcuenca.

El 56% de la población ocupada labora en el sector terciario; el 42% en el sector secundario y únicamente el 6% se ocupa en actividades del sector primario. De toda la cuenca Lerma Chapala, esta subcuenca registra la menor cantidad de población ganando menos de un salario mínimo como remuneración diaria. Sin embargo, un amplio segmento de la población económicamente activa percibe menos de 5 salarios mínimos, pues cerca del 40% gana menos de 2 y el 46% gana entre 2 y 5. Sólo el 14% restante percibe una remuneración superior a los 5 salarios mínimos.

La actividad económica más importante es la industria, pues genera cerca del 58% del VACB que se produce en la subcuenca. La segunda actividad en importancia es el comercio, que produce el 20%. En cuanto a la producción por municipio, León representa el 43% del VACB producido, seguido por Silao con 37%, Irapuato con 12% y Guanajuato con 5%.

Si descontamos lo producido por León, Silao gana importancia en producción económica, atribuyéndose el 65%, seguido de Irapuato con 21%, Guanajuato con el 8.43% y San Francisco del Rincón, con el 5.11%. Estos municipios son también las zonas más desarrolladas de la subcuenca y tienen un grado de marginación que va de bajo a muy bajo. Los municipios que presentan el menor desarrollo son Romita y Pueblo Nuevo y ambos poseen un grado de marginación medio.

---

<sup>35</sup> A pesar de que sólo una pequeña parte de la mancha urbana de León corresponde a esta subcuenca, decidimos considerarlo en el análisis debido a que casi el 40% del área total de este municipio se encuentra incluida, además de que este centro urbano mantiene una dinámica socioeconómica muy ligada al resto de los integrantes de la subcuenca.

## **Impacto de la actividad industrial**

En esta subcuenca predominan dos tipos de industria: la industria metal mecánica y la industria de manufactura. La industria metal mecánica se ubica al centro de la subcuenca, en el municipio de Silao. El peso de esta actividad en la economía local es casi absoluto, pues aporta el 97% de la producción económica del lugar, haciendo de este municipio el segundo centro industrial más importante de la subcuenca.

Este hecho ha provocado que la dinámica municipal adquiriera un carácter predominantemente urbano, a pesar de tratarse de una localidad relativamente pequeña, con apenas el 6.7 % de la población de la subcuenca. Por esta razón, es muy importante señalar la necesidad de introducir servicios públicos especializados, entre los que destacan la construcción de una adecuada red de almacenamiento y plantas de tratamiento de aguas residuales municipales, pues actualmente las descargas producidas por el municipio drenan directo a las zonas agrícolas aledañas.

Por su parte, la industria de manufactura se ubica al noroeste de la subcuenca, en los municipios de León y San Francisco del Rincón; y al sur, en el municipio de Irapuato. En este último municipio dicha actividad aporta el 50% de la producción económica y emplea al 33.7% de la población ocupada. En el municipio de León la actividad económica está repartida entre comercio e industria, siendo esta última la fuente de empleo para el 45.7% de la población ocupada. En el municipio de San Francisco predomina la actividad industrial y ocupa al 60% de la población.

La ubicación de este tipo de industria coincide con los focos más importantes de contaminación hídrica. En el caso de Irapuato, este problema está asociado a la carga excesiva de sólidos disueltos totales (660 mg/l) lo que refleja una fuerte actividad industrial combinada con prácticas agrícolas intensivas. Estos niveles de contaminación excesivos se reportan en el tramo del río Lerma que va de Irapuato hasta el municipio de la Piedad (que se encuentra en la subcuenca contigua) y se atribuyen principalmente a los desechos de las granjas porcícolas (Instituto de Ecología de Gto., 2002).

En los demás municipios mencionados, las descargas industriales se combinan con las aguas residuales que no reciben tratamiento, pues en esta subcuenca sólo existen dos plantas de tratamiento importantes, una de ellas en Irapuato y la otra en Guanajuato. En ambos casos la capacidad de dichas plantas ha sido igualada por su gasto de operación, por lo que se recomienda que en ambas se realicen obras de ampliación y se invierta en este tipo de infraestructura en los municipios de San Francisco del Rincón y Silao.

La intensa actividad industrial de estos municipios podría estar repercutiendo en la dinámica ambiental de Romita y Pueblo Nuevo; los municipios más vulnerables de la subcuenca, cuya economía se basa en la actividad agrícola y cuyos terrenos de cultivo podrían estar siendo irrigados con aguas que arrastran los contaminantes descargados por los centros urbano industriales que se encuentran cuenca arriba (Irapuato para el caso de Pueblo Nuevo, y San Francisco del Rincón y Silao para el caso de Romita).

Finalmente, la concentración de las actividades industriales en varios municipios de la subcuenca puede explicar el hecho de que el número de presas existentes en la zona<sup>36</sup> supere en términos proporcionales el tamaño de la subcuenca, fragmentando la dinámica hidrológica natural en la región (Cotler y Gutiérrez, 2005).

### **Impacto de la actividad agrícola**

El uso de suelo más extendido en la subcuenca es la agricultura. Actualmente el 31% (943 km<sup>2</sup>) del área total se destina para agricultura de riego y el 27% (802km<sup>2</sup>) para agricultura de temporal. Adicionalmente, existen 400 km<sup>2</sup> de pastizal inducido y 260 km<sup>2</sup> de bosques, de los cuales, sólo el 30% es bosque primario. Los bosques se encuentran principalmente al este de la subcuenca, en la sierra de Santa Rosa, aldeaña al municipio de Guanajuato.

Los cultivos predominantes son alfalfa y frijol al norte de la subcuenca y trigo y sorgo al sur de ésta. De alfalfa se siembran 80 km<sup>2</sup> en agricultura de riego, mostrando rendimientos altos. De frijol son sembrados 85 km<sup>2</sup>, de los cuales el 94.11% se siembra en zonas con agricultura de temporal y presenta rendimientos muy bajos. En el caso del trigo, se siembran 99 Km<sup>2</sup> en agricultura de temporal y es un cultivo de rendimiento alto.

---

<sup>36</sup> En esta subcuenca existen 35 obras hidráulicas registradas.

En cuanto al sorgo, la superficie sembrada es de 588 Km<sup>2</sup>. El 55% es de agricultura de temporal, con rendimientos bajos, y el resto de agricultura de riego, mostrando rendimientos altos con respecto al promedio nacional. En los municipios predominantemente agrícolas de la subcuenca (Pueblo Nuevo y Romita) se siembra el sorgo en agricultura tanto de riego como de temporal, presentando rendimientos altos en la primer modalidad y bajos o muy bajos en la segunda.

En La Purísima resaltan dos procesos de degradación del suelo asociados a la actividad agrícola. El primero es el de declinación de la fertilidad, que afecta casi el 45% (1360.8 km<sup>2</sup>) de su superficie, extendiéndose prácticamente en toda la parte centro y sur de esta subcuenca. La mayor parte de la zona afectada está asociada a agricultura tanto de riego como de temporal. El segundo tipo de degradación asociado a prácticas agrícolas es un proceso de salinización que puede observarse al sur del municipio de Irapuato y al oeste del municipio de Pueblo Nuevo; las zonas afectadas coinciden con zonas de agricultura de riego.

Adicionalmente, se registran otros dos problemas de degradación asociados principalmente a otros usos de suelo. Destaca un problema serio de erosión por cárcavas en 53 km<sup>2</sup> (1.8%) de la subcuenca. Este proceso se encuentra muy concentrado en el sureste del municipio de Guanajuato, en zonas de pastizal inducido que rodean zonas de bosque de encino, por lo que de no detenerse, podría avanzar hacia ellas. Además, los sedimentos que se arrastran de esta zona desembocan directamente a la presa de La Purísima, generando problemas de eutroficación y riesgos de inundación, disminuyendo asimismo su periodo de vida útil.

El otro proceso importante es el de erosión hídrica superficial, que afecta 234 km<sup>2</sup> (7.8%) de superficie. Las zonas afectadas son de matorral subtropical al norte de la subcuenca y pastizal inducido al este. Los municipios más afectados son Silao, Guanajuato y León. Con respecto a estos dos últimos procesos, se recomiendan prácticas de conservación y restauración en zonas de cabecera al norte y al este de la subcuenca; así como frenar el avance de pastizal inducido hacia zonas de bosque, fomentando en su lugar prácticas de aprovechamiento o de conservación del bosque.

Además de los problemas de degradación mencionados, se registra un considerable proceso de deterioro y deforestación, afectando aproximadamente 517 km<sup>2</sup> de vegetación natural. Cabe mencionar que en esta subcuenca sólo el 26% de la superficie se encuentra ocupada por vegetación natural y está confinada principalmente en la Sierra de Santa Rosa, ubicada al Este de la subcuenca, en el municipio de Guanajuato.

En el periodo que va de 1976 al 2000, se registró una pérdida de 70 km<sup>2</sup> de bosque de encino que se convirtieron en zonas de pastizal inducido, mientras que 30 km<sup>2</sup> pasaron a matorral subtropical. Actualmente se puede observar que este tipo de bosque se encuentra altamente fragmentado e inmerso en grandes extensiones de pastizal inducido y de zonas agrícolas.

Esta pérdida de conectividad de los ecosistemas naturales tiene efectos importantes en cuanto a la calidad del ecosistema, pérdida que se traduce en una reducción de su capacidad para generar servicios ambientales como son la infiltración de agua, la retención del suelo y hábitat para la flora y fauna. En este tema, es importante resaltar que la vegetación natural de bosque de encino, matorral y pastizal natural, presentan valores de medios a muy altos de riqueza y endemismo de la biodiversidad.

En el periodo de 1976 al 2000 se registra también un cambio de 123 km<sup>2</sup> de pastizal natural que pasaron a pastizal inducido. Esta última transformación se ubica en la Sierra de Santa Rosa, municipio de Guanajuato, y al norte de la subcuenca en el municipio de León; en donde las zonas afectadas coinciden con el área que presenta problemas de erosión superficial.

En el municipio de Guanajuato, las zonas que registran este cambio coinciden con las zonas afectadas por los procesos de erosión superficial y erosión por cárcavas. Adicionalmente, el crecimiento de la mancha urbana de Guanajuato ha mostrado una tendencia de expansión hacia el norte, aproximándose a la zona de montaña, lo cual representa una amenaza potencial para las zonas de captación de agua de la subcuenca, por lo que se sugiere frenar el desarrollo del municipio hacia este lado.

## **Subcuenca Lerma**

Esta subcuenca se ubica en la porción centro occidente de la cuenca Lerma Chapala. Tiene una superficie de 5058.4 km<sup>2</sup>, de los cuales el 80% (4063 km<sup>2</sup>) es zona de emisión y el 19.7% restante corresponde a zonas de cabecera. Su superficie abarca parcialmente territorio de tres de los estados que conforman la Cuenca, e incluye un total de 18 municipios; 4 del estado de Guanajuato, 8 de Michoacán y 6 de Jalisco.

Esta subcuenca se caracteriza por una densidad demográfica media y una dinámica socioeconómica intensa, trayendo consigo una fuerte presión sobre los recursos naturales. El mosaico de actividades económicas que en ella se conjugan la define como una subcuenca predominantemente agrícola, atravesada por un corredor de comercialización que genera el 47% del valor económico de la subcuenca y articula los flujos económicos de una parte del estado de Querétaro con la región de los altos de Jalisco. En la porción noroccidental de la subcuenca, destaca también la conformación de una pequeña zona industrial, en donde se genera casi el 35% del VACB de la región. Entre las industrias asentadas en esta zona, se ubica la industria tequilera.

El número de habitantes de esta unidad hidrográfica asciende a 850,932; de los cuales únicamente el 27% (229,751) es población económicamente activa. El grado de marginación promedio de esta subcuenca se ubica en un nivel medio, con estándares de escolaridad que tienden a ser bajos, pues aproximadamente un 13% de la población es analfabeta.

En cuanto a percepción salarial, la subcuenca Lerma se ubica por debajo del promedio de las demás subcuencas. Actualmente el 60% de la población económicamente activa percibe menos de dos salarios mínimos por jornada laboral. Este bajo nivel salarial se explica por el alto porcentaje de población ocupada en actividades del sector primario, pues este sector de ocupación logra captar al 32% de la población ocupada, ofreciendo uno de los más bajos niveles de remuneración de todas las actividades económicas de la subcuenca. Del resto de la población ocupada, un 26% trabaja en el sector secundario y el 42% restante en actividades del sector terciario.



La distribución espacial de las actividades económicas condiciona niveles de desarrollo diferenciados. La zona más desarrollada es la porción occidental de la subcuenca, en donde se ubican los municipios de Atotonilco el Alto, La Barca, Jamay, Yurécuaro y La Piedad, los cuales presentan un grado de marginación que va de bajo a muy bajo y poseen una economía basada en el sector secundario y en comercio. Por otro lado, los municipios que más aportan a la producción del VACB en la subcuenca son La Piedad, Valle de Santiago, Pénjamo y Atotonilco el Alto, cuyos flujos de intercambio económico articulan todo el comercio de la subcuenca.

### **Impacto de la actividad agrícola**

El 64% del territorio de esta subcuenca (3237.4 km<sup>2</sup>) corresponde a suelos agrícolas. Esta actividad se especializa en el cultivo del trigo y del sorgo. El trigo se cultiva principalmente en zonas de riego, en una superficie de 350km<sup>2</sup>. El sorgo se siembra tanto en riego como en temporal en una superficie de 700 y 785 km<sup>2</sup> respectivamente.

La agricultura de riego es la más extendida en la subcuenca y se practica en casi 1625.9 km<sup>2</sup>, que representan el 50.22% del suelo cultivado y casi el 32% del territorio de la subcuenca. Este tipo de agricultura predomina en la porción oriental de la subcuenca, en municipios como Valle de Santiago, Abasolo, Huanímaro, Puruándiro y José Sixto verduzco. Los rendimientos de los cultivos de riego van de altos a muy altos. No obstante, es común que estos resultados obedezcan a prácticas como el uso intensivo de agroquímicos o la utilización indiscriminada de maquinaria en el proceso de labranza. El abuso en este tipo de prácticas, en función de la obtención de altos rendimientos, trae aparejados efectos adversos sobre la calidad del suelo. En este sentido, es común que tanto el uso de agroquímicos como la mecanización de las actividades agrícolas provoquen un efecto de declinación de la fertilidad en los suelos.

Actualmente, este problema se presenta en casi el 40% de la superficie de la subcuenca, afectando algunas áreas de agricultura de temporal y pastizal inducido. No obstante, se observa que los suelos más afectados se ubican en zonas planas de llanuras, en las que se practica agricultura de riego. Por esta razón, la recomendación general para este tipo de agricultura sería la aplicación de técnicas ambientales de menor impacto que eviten el uso de agroquímicos, así como mejorar las técnicas agrícolas con medidas tales como

el uso de abono orgánico. Asimismo, se recomienda tecnificar los mecanismos de riego para promover el ahorro de agua.

El carácter dominante de este tipo de agricultura en la subcuenca se corrobora al observar que el 17% de los municipios cuentan con una superficie agrícola de riego mayor al 50% de su territorio. Este hecho se observa también en el número sobredimensionado de presas existentes<sup>37</sup>, las cuales además de abastecer de agua los campos irrigados y mantener a los distritos de riego 024 y 087, proveen agua para las zonas en donde se asienta la industria de alimentos y bebidas de Ayotlán y Degollado.

En cuanto a la agricultura de temporal, ésta se practica en una superficie de 1586 km<sup>2</sup>, que equivalen al 49% del suelo agrícola y al 31% del área total de la subcuenca. Este tipo de agricultura predomina en la porción occidental de la subcuenca, en municipios en los que la agricultura no es la principal actividad, tales como Atotonilco el Alto, La Barca, Ayotlán, Jamay, Degollado y Pénjamo. Los rendimientos de los cultivos de temporal oscilan entre medios y bajos.

Se observa que los suelos en los que se practica la agricultura de temporal suelen estar afectados por un problema de erosión hídrica superficial. Sin embargo, este problema no es privativo de este uso de suelo, pues también se presenta en zonas de matorral subtropical y bosque secundario, ubicadas en la parte norte y al sur de la subcuenca. En la porción norte, las zonas afectadas se ubican en lomeríos y montañas. Al sur, el problema se ubica en algunas áreas de piedemonte, dentro de la zona funcional de cabecera. Por esta razón, se recomienda limitar el crecimiento de las zonas agrícolas de temporal, así como conservar y restaurar el matorral subtropical secundario de la parte norte de la subcuenca, en los municipios ubicados en zonas de cabecera. De la misma manera, se sugiere restaurar y conservar el bosque de encino que se encuentra en los alrededores de Atotonilco el Alto, Ayotlán, Degollado y Pénjamo.

Dado que se trata de una subcuenca con un índice de naturalidad bajo y un déficit hídrico medio, se sugiere especial atención a la conservación del matorral subtropical y a las zonas de bosque de encino ubicadas en zonas de cabecera. El bosque de encino cubre apenas 139.4 km<sup>2</sup>, que equivalen al 2.7% de la subcuenca. Las zonas que requieren mayor atención se localizan al sureste de la subcuenca, en el municipio de

---

<sup>37</sup> Actualmente existen 62 presas en esta subcuenca.

Puruándiro. La cobertura de matorral subtropical es mucho mayor, pues cubre casi 972.59 km<sup>2</sup>, equivalentes al 19.2% de la superficie de la subcuenca. Las medidas de conservación y restauración de esta cobertura deberán enfatizarse en los alrededores de la localidad Las Ranas en el cerro del mismo nombre.

### **Impacto de la actividad industrial**

El problema de contaminación que padece esta subcuenca puede observarse como un impacto agregado del manejo de los recursos naturales de la Cuenca Lerma Chapala, pues gran parte del problema de contaminación del agua en Lerma se explica como resultado del estado de las aguas que escurren desde las subcuencas Turbio y Alto Lerma.

El problema más grave de contaminación se observa en el estado de las aguas del río Lerma que esta subcuenca recibe. Aunado al problema de contaminación que esta subcuenca *hereda*, se suma la contaminación generada dentro de su propio territorio. Luego de su paso por Salamanca, el río Lerma recibe las descargas de prácticamente todos los municipios de Guanajuato y Michoacán que integran esta subcuenca. El problema se agudiza cuando este cauce recibe las descargas directas de la zona urbana de La Piedad, que es el principal generador de aguas residuales en la zona y descarga en promedio 149 l/s.

Actualmente, el volumen promedio de descarga de esta subcuenca asciende a los 893.30 l/s, de los cuales sólo el 13% (116 l/s) recibe tratamiento, dejando el 87% restante (777 l/s) sin tratar. La mayor cantidad de aguas residuales se genera en La Piedad, Valle de Santiago y Pénjamo.

Al interior de la subcuenca existen 6 plantas de tratamiento, cuya capacidad instalada suma 181 l/s. Sin embargo, de todo el volumen generado, actualmente sólo se tratan 90 l/s, pues la mayoría de las plantas se encuentra en proceso de rehabilitación, o la red de colectores que las alimentan está a medio construir. Por esta razón, se recomienda agilizar las labores de rehabilitación de las plantas y planear la construcción de nueva infraestructura de saneamiento, que contemple la instrumentación de tecnologías sofisticadas que vayan más allá del tratamiento primario y puedan contrarrestar los

efectos acumulados de la contaminación que se genera cuenca arriba y aquella producida por los municipios de la propia subcuenca.

Lo anterior nos habla del efecto de resonancia que las acciones o inacciones promovidas en una subcuenca pueden ocasionar en las subcuencas contiguas. En este sentido, la administración de los impactos generados por las actividades económicas en Lerma, impone como principal reto un proceso de negociación intenso, que prevea en sus mecanismos de gestión la conformación multi estatal de esta subcuenca, el alto grado de pluralidad política y la limitada capacidad de acción de los municipios, frente a problemáticas que se originan más allá de sus límites político administrativos.

## Subcuenca Melchor Ocampo

Melchor Ocampo está situada al sur de la cuenca Lerma Chapala. Tiene un área de 2,205.30 km<sup>2</sup>. Aproximadamente el 28% de su territorio corresponde a zonas de cabecera, el 68.2% a zonas de captación y transporte y el 3.7% restante a zonas de emisión. Esta subcuenca abarca parcial o totalmente territorio de once municipios del estado de Michoacán, en los que se asienta una población de 222, 000 personas.

Los centros más poblados son Zacapu con 70,000 habitantes, Quiroga y Coeneo con 24,000 cada uno y Nahuatzen con 23,000 habitantes. La mayoría de los municipios presenta un grado de marginación medio, a excepción de Zacapu, con un grado muy bajo y Nahuatzen, que presenta un grado alto. El nivel de educación promedio en la subcuenca es de 4.5 años, aunque en Zacapu, Erongaricuaró y Quiroga, el nivel educativo es superior al resto de los municipios.<sup>38</sup>

Aproximadamente el 36% de la población ocupada labora en el sector terciario, el 33% en el sector secundario y el 29% se emplea en actividades del sector primario. Esta distribución de la población ocupada por sector es una de las más equilibradas de la cuenca Lerma Chapala. El nivel salarial promedio es bajo, pues un 13% de la población ocupada percibe menos de 1 salario mínimo; un 32% gana entre 1 y 2, y casi el 40% percibe entre 2 y 5 salarios mínimos; mientras que sólo un 5% percibe una remuneración superior a los 10 salarios.

La concentración espacial de las actividades económicas divide a esta subcuenca en dos. En los municipios ubicados en la porción centro-norte<sup>39</sup> predomina la actividad primario-agropecuaria, misma que representa la principal fuente de empleo para la mitad de la población ocupada en cada una de estas localidades. En cambio, en los municipios asentados del centro hacia el sur<sup>40</sup>, se registra una importante dinámica industrial, en la que se emplea cerca del 30% de la población ocupada que en ellos reside.

---

<sup>38</sup>El municipio de Morelia tiene un 15% de su territorio incluido en esta subcuenca. No obstante, dado que la cabecera municipal se localiza en la subcuenca contigua; se excluyen del análisis los datos socioeconómicos y sólo se consideran los datos de degradación de suelos y de uso de suelo correspondientes a la fracción del municipio incluida en Melchor Ocampo.

<sup>39</sup> Estos municipios son: Angamacutiro, Panindícuaro, Jiménez, Morelos, Coeneo y Huaniqueo.

<sup>40</sup> Estos es, Zacapu, Nahuatzen, Erongaricuaró y Quiroga.

Al centro de la subcuenca se observa también una franja de desarrollo comercial de mediana escala, producto de la presencia de centros urbanos desarrollados como Zacapu, y de su estrecha vinculación con la zona urbana del municipio de Morelia, tanto en términos de vías de comunicación, como de intercambio comercial y flujo de población.

### **Recomendaciones para zonas de conservación**

Esta subcuenca contiene remanentes importantes de cubierta vegetal natural, de entre los que destacan 584 km<sup>2</sup> de bosque primario y secundario, así como 80 km<sup>2</sup> de matorral subtropical. Ambas coberturas suman casi la tercera parte de la superficie de la subcuenca. Los bosques se distribuyen al sureste, en los municipios de Erongarícuaro, Nahuatzen y Zacapu; y al suroeste, en Quiroga, Morelia y Coeneo. Las zonas de matorral subtropical se ubican en los municipios asentados al norte de la subcuenca.

No obstante, este tipo de coberturas se han visto mermadas ante un intenso cambio de uso del suelo registrado en el periodo 1976-2000. Durante este lapso de tiempo, más de 200 km<sup>2</sup> (10% de la superficie de la subcuenca) han sido transformados a algún tipo de cobertura antrópica. Las transformaciones más importantes fueron el crecimiento de 130 Km<sup>2</sup> de agricultura de temporal y 70 Km<sup>2</sup> de pastizal inducido. En el caso de la agricultura de temporal, esta cobertura desplazó a 48 Km<sup>2</sup> de bosque de encino, 42 Km<sup>2</sup> de bosque de pino-encino y 36 Km<sup>2</sup> de matorral subtropical. En el caso de la deforestación provocada por el establecimiento de pastizales inducidos, se transformó una superficie de 20 Km<sup>2</sup> de bosque de encino, 15 km<sup>2</sup> de bosque de pino-encino y 30 Km<sup>2</sup> de matorral subtropical.

Para revertir este proceso, se sugieren medidas de conservación y restauración en zonas de montaña, principalmente en los macizos de bosque primario de pino y pino encino que se encuentran al sur de la subcuenca, a lo largo de la zona funcional de cabecera. Considerando que la actividad maderera es importante en esta parte de la subcuenca, se sugiere respetar los planes de manejo forestal y promover la reforestación, ya que el óptimo estado de los bosques es también un insumo para la sobrevivencia de muchas familias que basan su sustento en esta industria. Del mismo modo, se recomienda conservar las zonas de matorral subtropical ubicadas al norte, así como evitar su

fragmentación y restaurar las zonas degradadas que afecten o pongan en riesgo el equilibrio de los ecosistemas naturales.

### **Impacto de la actividad agrícola**

Aproximadamente un 46.29% del suelo de esta subcuenca corresponde a suelos agrícolas. En las zonas planas, se extienden 417 km<sup>2</sup> de agricultura de riego, mientras que en zonas de lomeríos y laderas de poca pendiente predomina la agricultura de temporal, la cual abarca un área de 604 km<sup>2</sup>. Finalmente, destaca también un área de 308 km<sup>2</sup> de pastizales inducidos.

Además de ser la actividad más extendida, la agricultura de esta subcuenca está muy diversificada, destacando los cultivos de maíz, avena, alfalfa y sorgo. Al igual que en el resto del país, el maíz es el cultivo más extendido, pues se siembra en aproximadamente 672.6 km<sup>2</sup>; de los cuales 134.52 km<sup>2</sup> son de agricultura de riego y 538 km<sup>2</sup> de temporal. La suma de ambas superficies cultivadas equivale al 60% de la superficie agrícola. En cuanto a su actividad pecuaria, la subcuenca se especializa en la crianza de ganado porcino en el municipio de Parindícuaro y Angamacutiro; así como en ganado bovino en el resto de los municipios.

Los rendimientos agrícolas de la subcuenca oscilan entre bajos y muy bajos tanto en riego como en temporal, colocando en una situación de vulnerabilidad a los municipios del norte, cuya economía depende del sector agrícola. Como hemos mencionado, la expansión de la agricultura de temporal y de los pastizales inducidos, han sido los principales detonantes del problema de deforestación que padece la región, sumando un total de 130 km<sup>2</sup> de nuevas zonas agrícolas de temporal y 70 km<sup>2</sup>. En ninguno de estos dos casos, la rentabilidad económica de dichas transformaciones se ha visto reflejada en un aumento en el nivel de vida de sus poseedores, por lo que resulta indispensable dirigir programas que promuevan el aprovechamiento sustentable, ante la necesidad de conservar y rehabilitar los suelos para evitar y controlar la erosión y favorecer la recarga de los acuíferos.

Al respecto, los sistemas de producción dominantes han detonado además algunos tipos de degradación de suelo que socavan paulatinamente la integridad de la subcuenca. Los principales procesos corresponden a erosión hídrica superficial, declinación de la fertilidad, erosión por cárcavas, salinidad y erosión eólica. El más extendido es el de erosión hídrica superficial, que afecta una superficie de 471.5 km<sup>2</sup>; el equivalente al 21% del total de la subcuenca. Este proceso se presenta principalmente en lomeríos, colinas y piedemonte. Los municipios más afectados de la subcuenca son, al noroeste, Panindícuaro y Jiménez; al sureste, Morelia, Coeneo y Huariqueo; y al noreste el municipio de Morelos. Está asociado a zonas de agricultura de temporal y pastizal inducido. El segundo proceso más extendido es el de declinación de la fertilidad, presente en una superficie de 302.1 km<sup>2</sup>; que equivalen al 14% de la superficie total y se extienden a lo largo de toda la subcuenca, predominando en áreas de agricultura de temporal.

En la parte centro y norte de la subcuenca, en los municipios de Coeneo, Jiménez, Zacapu y Parindícuaro, se observa también un problema de erosión por cárcavas, muy concentrado en los alrededores del Cerro Tipicaco, asociado a zonas con agricultura de riego. Otros procesos que se presentan son el de salinidad y el de erosión eólica. El de salinidad se presenta en zonas con agricultura de riego ubicadas al norte de la presa Melchor Ocampo, en el municipio de Angamacutiro; mientras que la erosión eólica se ubica en terrenos de pastizal inducido y agricultura de temporal, concentrados al sur de la subcuenca, en el municipio de Nahuatzen.

### **Impacto de la actividad industrial**

A pesar de ser una actividad concentrada en pocos municipios, el impacto económico de la industria en esta subcuenca es muy importante, pues esta actividad genera el 56% del VACB en la región. El principal productor es Zacapu, que aporta el 74% del valor económico que genera la industria. Destacan también Panindícuaro y Quiroga, que aportan 8% y 7% respectivamente. Por la intensidad de su actividad, municipios como Erongarícuaro y Nahuatzen han adquirido también un carácter predominantemente industrial.



En el municipio de Zacapu la más importante es la industria química, caracterizada por generar mucho valor económico empleando poca mano de obra. La empresa más representativa de este tipo de industria es la firma Novacel: pinturas y tintas. Destaca también la industria de alimentos, que emplea mucha mano de obra. La firma más importante es productos Lácteos de Zacapu.

Dado que ambos tipos de industria se caracterizan por un alto consumo de agua durante sus procesos productivos y una gran capacidad generadora de descargas, resulta preocupante el hecho de que en este municipio no exista ninguna planta de tratamiento. Más aun cuando se trata del centro más poblado de la región, lo que lo convierte en el principal generador de aguas residuales de la subcuenca<sup>41</sup>. Como medida regulatoria, PROFEPA ha realizado 2 inspecciones directamente al municipio, encontrando irregularidades en ambas y aplicando una sanción de \$16,000 en cada caso<sup>42</sup>. Dado que este municipio descarga directamente al Río Angulo, el cual se conecta al río Lerma en la parte central de la subcuenca Lerma; se sugiere revisar la red de colectores, así como procurar que las empresas cuenten con su propia planta de tratamiento.

---

<sup>41</sup> En esta subcuenca se generan aproximadamente 235 l/s, de los cuales Zacapu genera poco más del 50%. Cabe resaltar que de toda el agua residual de la región, sólo 46 l/s reciben tratamiento, es decir, el 19.5% del volumen generado.

<sup>42</sup> Referencia: [www.semarnat.gob.mx/comunicacionsocial/s18-04-05.htm](http://www.semarnat.gob.mx/comunicacionsocial/s18-04-05.htm)

## **Subcuenca Solís**

Solís es una subcuenca de mediana extensión ubicada al sureste de la Cuenca Lerma Chapala. Tiene un área aproximada de 3003 km<sup>2</sup>. El 75% de su territorio (2251.46 km<sup>2</sup>) se ubica en zonas de captación y transporte, mientras que el 25% restante (751.3 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de cabecera. Esta subcuenca está constituida por territorio de tres de los estados que conforman la cuenca. Dentro de sus límites naturales se encuentran enclavados total o parcialmente trece municipios; siete del estado de Michoacán, dos del estado de México y cuatro de Guanajuato.

En esta unidad hidrográfica habita una población de 500,506 habitantes. En términos de concentración poblacional, el centro urbano más importante es Acámbaro, con 110,718 habitantes, seguido de Maravatío con 69,382 y Temascalcingo con 61,974. El nivel de marginación promedio en la subcuenca es alto, con un bajo nivel salarial. Actualmente el 67% de la población ocupada gana menos de 2 salarios mínimos.

En cuanto a la distribución de población ocupada por sector económico, el sector terciario emplea un 39%, el sector secundario un 33% y el sector primario un 28%. Este último sector muestra un grado de atracción de mano de obra muy alto, pues emplea casi una tercera parte de la población ocupada en la subcuenca, lo cual indica una marcada especialización de la subcuenca en actividades agrícolas.

Por generación de valor, la actividad económica que más destaca es el comercio, el cual aporta el 56% del VACB en la región. En segundo lugar se ubican los servicios, que generan el 24%. Ambas actividades se concentran en los centros poblacionales más grandes, como Acámbaro, Maravatío, Temascalcingo, Zinapécuaro y Jerécuaro. Por ende, estos municipios son los que mayor valor económico generan en la subcuenca, mientras que el resto son municipios con economías de supervivencia.

El municipio de Acámbaro tiene poca industria y los servicios mínimos indispensables para abastecer al centro urbano, sin embargo, ser el centro poblacional más grande ha provocado el desarrollo de una intensa dinámica comercial, haciendo del comercio su principal actividad económica. Los servicios predominan más en municipios como Zinapécuaro y Maravatío.

Los dos polos industriales de la subcuenca se ubican en Temascalcingo y Tlalpujahua, en donde se produce el 16% del VACB de la subcuenca. En el municipio de Temascalcingo, la industria más importante es la textil, que absorbe al 68% de la población ocupada y genera el 60% del VACB municipal. En Tlalpujahua predomina la industria minera, captando el 72.5% de la población ocupada y generando el 73.8% del valor económico. En el resto de la subcuenca, predomina la actividad agrícola.

### **Impacto de la actividad agrícola**

La actividad agropecuaria en esta subcuenca se caracteriza por la siembra de poca variedad de cultivos. Según el índice de especialización por superficie sembrada, el sorgo y el maíz son los cultivos de mayor importancia en los municipios de la subcuenca. En cuanto a rendimiento de los cultivos, el maíz presenta rendimientos altos en agricultura de riego y bajos y medios en agricultura de temporal. Los rendimientos de sorgo son bajos en temporal y altos en riego. Este cultivo equivale al 3% de la superficie neta en riego y al 1.5% en temporal.

La agricultura de temporal es la más extendida, pues abarca una superficie cercana a 1361 km<sup>2</sup>, es decir, el 45% del territorio de la subcuenca. Las zonas agrícolas de riego representan una superficie mucho menor, que suma 340 km<sup>2</sup>, el equivalente al 11% de la subcuenca. Las zonas de riego se han extendido al oeste del río Lerma, en los alrededores del municipio de Tarandacua. Las zonas de pastizal inducido equivalen casi al 17% del territorio de la subcuenca, pues en total esta cobertura alcanza casi 524 km<sup>2</sup>.

En términos pecuarios, existe ganado ovino, caprino, bovino y porcino. Se sugiere que los desechos derivados de la ganadería porcina, al sur de la subcuenca, sean tratados antes de desembocar en el río Lerma. Al norte de la subcuenca, donde se concentra el ganado ovino y caprino, se recomienda fomentar el ganado controlado, para evitar la intensificación de procesos de deforestación y erosión.

Estos tres usos de suelo mantienen una relación directa con la presencia de ciertos tipos de degradación de suelos. Por ejemplo, en esta subcuenca existen 1135 km<sup>2</sup> de agricultura de riego y de temporal que padecen un problema de declinación de la

fertilidad. La superficie afectada equivale al 38% de la subcuenca y se distribuye en prácticamente todos los municipios, con excepción de Zinapécuaro y Tlalpujahua.

Se observa también un problema de erosión hídrica superficial, asociado a la práctica de agricultura de temporal y pastizales inducidos. La superficie afectada suma 554 km<sup>2</sup>, que equivalen a 19% de la subcuenca, y se presenta en zonas de lomeríos de la mayoría de los municipios, exceptuando a Contepec, Tarandacua y El Oro.

Tanto la declinación de la fertilidad como la erosión hídrica superficial se relacionan directamente con el aumento en los niveles de asolve de la presa Solís, a cuyo norte se presenta también un proceso de erosión eólica, asociado principalmente a prácticas de agricultura de temporal.

A pesar de ser una subcuenca altamente diversa en ecosistemas, los procesos de agricultura de temporal y pastizales inducidos representan una amenaza constante para su conservación. En el periodo que va de 1976 al 2000, la agricultura de temporal se extendió sobre 90 km<sup>2</sup> de bosque de pino encino y bosque de encino. En el mismo periodo, 60 km<sup>2</sup> de estos mismos bosques fueron desplazados por pastizales inducidos. Este importante proceso de deforestación se concentra al este de la subcuenca, en el municipio de Maravatío.

Debido a que esta subcuenca se encuentra dentro del polígono de la reserva de la mariposa monarca, se recomienda ampliar las zonas de conservación al sur de la subcuenca y colaborar con los municipios de Angangueo, Aporo y San Felipe en la preservación del corredor natural del bosque de oyamel y pino. Se recomienda que en estas mismas zonas se frene el avance de la agricultura de temporal y el pastizal inducido. Asimismo, se recomienda conservar el macizo de bosque de pino encino en la sierra que comparten los municipios de Yurécuaro, Epitacio Huerta y Coroneo

Al norte de la subcuenca, se recomienda implementar medidas de restauración de matorral subtropical, en los municipios de Jerécuaro y Acámbaro. Estas medidas contribuirán a reducir el aporte de sedimentos a la presa Solís.

Es importante destacar también que durante el periodo de 1976 – 2000, en la subcuenca se ha presentado un proceso de revegetación en 160 km<sup>2</sup> de agricultura de temporal y

pastizales inducidos. En los municipios de Tlalpujahua y Zinapécuaro, se recuperaron 72 Km<sup>2</sup> de bosque de pino-encino. En el mismo municipio de Tlalpujahua, se recuperaron también 11 Km<sup>2</sup> de bosque de oyamel. Asimismo, en los municipios de El Oro y Zinapécuaro se recuperaron 41 Km<sup>2</sup> de bosque de encino. Por otro lado, la recuperación de matorral subtropical fue de poco más de 30 Km<sup>2</sup>, establecidos principalmente en el municipio de Jerécuaro. Estos procesos de revegetación sugieren el abandono tanto de tierras agrícolas como de pastizales inducidos, permitiendo el establecimiento de un proceso secuencial de regeneración natural, en cuya etapa final logra establecerse la vegetación natural de esos lugares.

### **Impacto de las presas**

Esta subcuenca cuenta con el mayor número de embalses de toda la Cuenca Lerma Chapala. La cantidad de presas y bordos existentes se considera excesiva para las dimensiones de la subcuenca. De 78 presas y bordos registrados actualmente, se estima que el 56% corresponde a embalses chicos utilizados para riego y abrevadero y un 26% son obras de tamaño chico, mediano y grande cuyo uso es exclusivo para riego. Esta sobrepoblación en el número de obras hidráulicas explica la importancia que tienen las actividades agrícolas en la región, lo cual se corrobora al observar el alto porcentaje de superficie cultivada por municipio. Es importante destacar también que en esta subcuenca se ubica el distrito de riego 045.

Tal concentración de embalses artificiales aumenta de forma exponencial los impactos potenciales al medio ambiente, entre los que destacan el grado de afectación en los patrones naturales del flujo del agua, la fragmentación de los ecosistemas fluviales y la interrupción del flujo y los pulsos que mantienen a los hábitats riparios, los cuales renuevan y enriquecen las planicies, deltas y suelos de la cuenca baja, además de controlar y regular fluctuaciones hídricas extremas.

El efecto de la concentración excesiva y aumento potencial en el número de presas y bordos puede observarse más allá de los límites de esta subcuenca, pues su presencia modifica la calidad del agua “presa abajo”, provocando cambios de temperatura, alteraciones en la cantidad de nutrientes, gases disueltos, turbidez, concentración de metales pesados y minerales. De la misma manera, estas obras pueden ser fuente de importantes emisiones de gases invernaderos.

Una de las obras hidráulicas de esta subcuenca es la presa Solís, ubicada en la zona de emisión. Este embalse es el más grande de la subcuenca y uno de los más importantes de la Cuenca Lerma Chapala. El periodo de funcionamiento de esta presa ha superado su vida útil, aunque actualmente sigue siendo el depositario de los escurrimientos de toda la porción central de la subcuenca, especialmente del Valle de Maravatío. Este municipio es uno de los productores más importantes de aguas residuales de la subcuenca, pues el 19% (73 l/s) del volumen total<sup>43</sup>, por lo que se recomienda implementar acciones de saneamiento en este municipio en particular.

---

<sup>43</sup> Calculado en 373 l/s.

## Subcuenca Tepuxtepec

Tepuxtepec se ubica al sureste de la cuenca Lerma Chapala y tiene una extensión de 2,642 km<sup>2</sup>, de los cuales casi el 79% (2085.59 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de captación y transporte y el 21% restante (557.24 km<sup>2</sup>) a zonas de cabecera. Dado que su superficie es menor a los 3,000 km<sup>2</sup>, el flujo hídrico superficial de esta subcuenca no contribuye significativamente al sistema Lerma-Chapala; además de presentar un déficit muy alto de agua.

En cuanto a su conformación, esta subcuenca está integrada por 11 municipios, 8 del estado de México, 2 del estado de Michoacán y 1 del estado de Querétaro. La mayoría de estos municipios poseen un alto grado de marginación, a excepción de Atlacomulco y Jicotitlán en el Estado de México, que presentan un grado medio. El número de habitantes de esta subcuenca asciende a 725,750 residentes, destacando también un importante fenómeno de población flotante atraída por las fuentes de empleo, lo cual aumenta el número de habitantes registrados.

El municipio más poblado es San Felipe del Progreso, con 177,287 habitantes, seguido de Ixtlahuaca con 115,165 habitantes y Atlacomulco con 75,750 habitantes. La cabecera de este municipio es el centro urbano más importante de la zona y concentra alrededor de 20,000 habitantes. En esta subcuenca se observa un porcentaje importante de población indígena (mazahua), principalmente en los municipios de Ixtlahuaca, Jiquipilco y San Felipe del progreso.

A pesar de representar una alternativa de empleo para municipios aledaños, en esta subcuenca el 66% de la población percibe una remuneración salarial inferior a los 2 salarios mínimos; siendo éste el más alto porcentaje de población con menores ingresos de toda la cuenca Lerma Chapala. Sólo el 29% gana entre 2 y 5 salarios mínimos y el 5% restante percibe más de 5. Este bajo poder adquisitivo se combina con un profundo rezago educativo, pues cerca del 20% de la población de 15 años o más es analfabeta; casi el doble del promedio nacional.

En cuanto a la producción económica, la actividad más importante es la industria, que genera el 69% del VACB producido en la subcuenca, mientras que el comercio y los

servicios generan en conjunto cerca del 29%. El municipio que más contribuye a la generación del VACB es Jocotitlán, aportando el 75%. También se observa una práctica importante de actividades agrícolas, explicada en función de que la mayoría de los municipios poseen una dinámica eminentemente rural.

En términos de población ocupada, se observa una distribución más o menos equilibrada entre los tres sectores, pues el 38% se emplea en el sector terciario, el 33% en sector secundario y el 29% en el sector primario.

### **Impacto de la actividad industrial**

La dinámica socioeconómica de esta subcuenca es muy contrastante. Mientras que en la zona norte el sector que predomina es el primario, en la zona sur observamos una economía más dependiente del sector secundario. Así, tenemos que los municipios que se encuentran en la porción sur- sureste de la subcuenca conforman un corredor industrial en el que predominan la industria metálica básica y la industria textil. Estos municipios emplean al 3% de la población ocupada de la subcuenca y producen el 67.23% de todo el VACB en la región.

La industria metálica básica se concentra en los municipios de Atlacomulco y Jocotitlán. En el primer caso, esta actividad ocupa al 16.58% de la población y produce la tercera parte del VACB municipal. En el caso del municipio de Jocotitlán, esta industria emplea al 33.39% de la población y aporta el 54.26% de la producción económica del municipio.

El valor de este tipo de industria en Jocotitlán representa casi el 50% del valor industrial de la subcuenca y contribuye con el 21% del VACB total en la región. Cabe mencionar que en este municipio se encuentra la empresa Pasteje, propiedad del grupo IUSA; uno de los principales productores de la industria metálica. Las dimensiones infraestructurales de esta planta, su diversidad de productos y sus altos volúmenes de producción explican la alta participación de este municipio en el VACB de la subcuenca.

No obstante, la intensidad de esta actividad tiene impactos importantes en el ambiente, pues según información del municipio, algunos de sus principales problemas de



contaminación en agua y suelos se deben al uso indiscriminado de plásticos<sup>44</sup>. Debido a la gran cantidad de agua que este tipo de industria requiere para sus procesos de producción, se recomienda vigilar que las descargas generadas en la planta cumplan con las normas oficiales mexicanas.

Por su parte, la industria textil se concentra en los municipios de Atlacomulco y Morelos. En el primer caso, esta industria ocupa al 65.7% de la población y aporta el 39.5% del VACB municipal. En el segundo, la industria textil emplea el 93% de la población ocupada y genera el 97.3% del VACB municipal. Al igual que en el caso de Jocotitlán, se recomienda vigilar que las descargas generadas por este tipo de industria cumplan con los estándares que establece la normatividad oficial.

Esta recomendación requiere especial atención en el municipio Morelos, debido a que no existen registros de sus volúmenes de agua descargados por lo que se recomienda registrar las descargas de esta actividad para monitorear su efecto en el río Lerma. En el caso de Atlacomulco, se recomienda ampliar la red de colectores municipales y procurar el funcionamiento óptimo de su planta de tratamiento de aguas, cuya capacidad de tratamiento es de 220 l/s, pero cuya cantidad efectiva de agua tratada (o gasto de operación) es de sólo 80 l/s, mismos que son descargados al río Lerma.

En este punto conviene destacar el caso del municipio de Ixtlahuaca, pues aunque su principal actividad económica es la agricultura, este municipio es el segundo más poblado y el primer generador de aguas residuales municipales de toda la subcuenca (126 lts/seg aproximadamente). A pesar de ello, no cuenta con ninguna planta de tratamiento de aguas y se desconoce el destino de sus descargas. Esta situación podría convertirse en un problema de contaminación serio, pues existen proyectos para que algunas industrias establezcan sus plantas en el territorio municipal, debido a la cercanía de este municipio con la capital del Estado y con la Ciudad de México<sup>45</sup>.

Lo anterior ha propiciado además, expectativas para la construcción de centros comerciales, así como conjuntos habitacionales que surgirán como alternativas de vivienda para las personas que laboran en el área del Valle de Toluca. Por tal motivo, se

---

<sup>44</sup> Plan de Desarrollo Municipal de Jocotitlán, consulta en línea: [www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/Municipios/Jocotitlan](http://www.ordenjuridico.gob.mx/Estatal/Municipios/Jocotitlan)

<sup>45</sup> [http://www.fitchmexico.com/Noticias/NW\\_1006.pdf](http://www.fitchmexico.com/Noticias/NW_1006.pdf)

recomienda invertir en infraestructura de tratamiento de aguas que atienda la necesidad actual, pero planeada con la capacidad suficiente para abastecer la demanda creciente de servicios de saneamiento.

### **Impacto de la actividad agrícola**

El 68 % de la superficie de la subcuenca son suelos agrícolas. La práctica más extendida es la agricultura de temporal, pues abarca 1,167 km<sup>2</sup>, en los que predomina el cultivo del maíz, con rendimientos medios, y la avena, con rendimientos muy bajos. La agricultura de riego se practica en 636 km<sup>2</sup>, en los que se siembra maíz con rendimientos altos y avena con rendimientos muy bajos.

Entre los principales usos de suelo de la subcuenca destacan también 393 km<sup>2</sup> de pastizal inducido y 385 km<sup>2</sup> de bosque, de los cuales el 70% es bosque primario y el 30% restante es bosque secundario. Estos bosques son principalmente de encino, pinos y pino-encino.

Los remanentes se distribuyen en tres zonas de la subcuenca: al sureste, en el volcán de Jocotitlán y en el municipio de Jiquipilco; en la parte central, en el municipio de Temascalcingo; y al norte de la subcuenca, en los municipios de Amealco de Bonfil y Contepec. En la Sierra de las Cruces (Jiquipilco) y en el municipio de Morelos, existen reportes de la existencia de bosque de oyamel, el cual se considera área prioritaria de conservación.

Debido al bajo índice de naturalidad que presenta esta subcuenca, se recomienda conservar aquellas áreas remanentes de bosque, especialmente en las zonas de cabecera ubicadas en los municipios de Acambay, Morelos, Amealco de Bonfil y Jiquipilco. En el municipio de Temascalcingo, se recomienda promover la continuidad de la vegetación a lo largo del corredor que va del Cerro de las Cruces al cerro cercano a la localidad de Santiago Coachochitlán; así como la zona que parte de la Mesa del Venado hacia el norte de la subcuenca (hacia Contepec) para fomentar la protección de suelos y evitar el avance de los procesos de degradación y la sedimentación en cauces, bordos y presas.

Actualmente el suelo de esta subcuenca se encuentra afectado por cuatro procesos de degradación. Por la extensión de las zonas afectadas, los más importantes son la declinación de la fertilidad y la erosión hídrica superficial. La declinación de la fertilidad se presenta en 869 km<sup>2</sup> del centro y sur de la subcuenca, afectando al 33% de la superficie total. Este proceso está asociado a las actividades agrícolas de riego y temporal.

La erosión hídrica superficial afecta un área de 419.2 km<sup>2</sup>, que equivalen al 16% de la superficie de la subcuenca. En la porción norte de la subcuenca, este tipo de degradación se presenta mayormente en zonas de agricultura de temporal, en los municipios de Epitacio Huerta, Amealco y Temascalcingo. Los depósitos de erosión de esta zona se acumulan en la presa Tepuxtepec. Al sur, los municipios más afectados por este proceso son Morelos, Jocotitlán y San Felipe del Progreso, en zonas de agricultura de temporal y pastizales inducidos. En la parte sur estos depósitos se acumulan en el río Lerma, que desemboca luego en la presa Tepuxtepec.

El impacto del proceso de expansión de tierras agrícolas y de otro tipo de coberturas antrópicas puede observarse también en los datos de deforestación reportados para esta subcuenca. El cambio más importante ha sido ocasionado por la expansión de las zonas de agricultura de temporal sobre 76 km<sup>2</sup> de bosque de encino, a los que se suman 43 km<sup>2</sup> que fueron desplazados por pastizal inducido. Otro cambio significativo es el crecimiento de la presa Tepuxtepec, la cual se ha extendido 32 km<sup>2</sup>, provocando impactos tales como la alteración del flujo hidrológico natural, el oscilamiento de poblaciones y la modificación de la calidad del agua presa abajo, entre otras.

## **Subcuenca Yuriria**

La subcuenca de Yuriria abarca un área de 1080 km<sup>2</sup>, ubicados en la parte central de la cuenca Lerma Chapala. Aproximadamente dos terceras partes de su territorio (715.74 km<sup>2</sup>) corresponden a zonas de captación y transporte, mientras que el tercio restante (365.12 km<sup>2</sup>) se ubica en zonas de cabecera. Esta subcuenca está completamente incluida dentro de los límites del estado de Guanajuato. Su integración comprende parcialmente el territorio de cuatro municipios: Yuriria, Uriangato, Moroleón y Santiago Maravatío, en los que se asienta una población de 181 mil habitantes.

Yuriria es el municipio de mayor extensión en la subcuenca, pues abarca casi el 70% de su territorio; rodeando por el oeste a Moroleón y pasando por en medio de Uriangato y Santiago Maravatío. Sus grandes extensiones hacen de Yuriria el municipio más poblado, con 73,000 habitantes y un grado de marginación medio. Por concentración poblacional, el segundo municipio es Uriangato, con 52,000 habitantes viviendo en condiciones de baja marginación. Le sigue Moroleón con 47,000 habitantes y un grado de marginación muy bajo. El municipio menos poblado es Santiago Maravatío, con una población muy dispersa, que suma apenas 7,151 habitantes, y posee un grado de marginación medio.

En cuanto a nivel salarial, cerca del 49% de la población ocupada gana menos de 2 salarios mínimos y un 42% percibe entre 2 y 5 salarios diarios. Este patrón de percepción salarial coloca a la subcuenca en un nivel de ingresos bajo. Por tipo de actividad, vemos que la distribución entre sectores económicos está muy cargada hacia el sector terciario, en el cual se emplea el 44% de la población ocupada. De las actividades que integran este sector, la más importante es el comercio, pues genera el 60% del VACB de la subcuenca.

El sector secundario también tiene una fuerte presencia en la región, pues es fuente de empleo para el 41% de la población y contribuye con el 30% del VACB. El sector primario es el que menos empleo genera en la subcuenca, ya que solamente mantiene al 15% de la población ocupada. Este último se concentra en los municipios de Santiago Maravatío y

Yuriria; municipio que posee la distribución más equilibrada de población ocupada por sector de toda la subcuenca.

La dinámica comercial y de servicios se concentra en Uriangato y Moroleón, cuyas cabeceras municipales han formado una conurbación que funciona como el centro de articulación económica de la región. Estos dos municipios generan el 86% del VACB que se produce en la subcuenca y concentran aproximadamente el 70% de la actividad comercial y el 60% de la industria asentada en la subcuenca. En esta zona se ubica el desarrollo textil más importante del estado.

Al estar situada en un punto estratégico de la autopista México-Guadalajara, la zona conurbada Uriangato-Moroleón es el escenario propicio para desarrollar flujos comerciales hacia Guadalajara, Querétaro, Morelia y hacia el interior del propio estado de Guanajuato.

### **Impacto de la actividad industrial y el desarrollo del comercio**

La industria textil es la más importante de la subcuenca. En los últimos años, su producción económica y capacidad de comercialización se han posicionado en la región a través del desarrollo de una industria de pequeña escala, basada sobre todo en la operación de pequeños talleres familiares, en los que se produce una serie de productos tales como confección de ropa, suéteres, calzado y muebles, para lo cual se recurre sobre todo al empleo de mujeres<sup>46</sup>. Esta actividad se concentra en las zonas urbanas de la subcuenca, tales como Uriangato, Moroleón y la cabecera del municipio de Yuriria. Siendo ésta una industria intensiva en mano de obra, logra captar casi el 90% de la población ocupada en Moroleón, el 71% en Uriangato y el 48.5% en Yuriria.

En cuanto a producción del VACB, la producción de textiles aporta el 44% a la economía local de Yuriria, lugar en donde también se aprecia una importante contribución de la industria química, que genera el 28% del VACB, a pesar de emplear sólo al 8.7% de la

---

<sup>46</sup> VANGSTRUP, ULRIK (1995) "Moroleón: la pequeña ciudad de la gran industria". En: Espiral, Estudios sobre Estado y Sociedad Vol. II. No. 4

población ocupada. En el municipio de Uriangato, la industria textil contribuye con el 78% de la producción económica y en Moroleón el peso de este tipo de industria es casi absoluto, pues genera el 92% del valor producido.

En esta subcuenca la actividad industrial se encuentra estrechamente vinculada al comercio, pues los productos textiles fabricados se comercializan *in situ*. El auge en la comercialización de textiles puede observarse en el crecimiento de la actividad comercial sobre todo en la conurbación Uriangato- Moroleón, puesto que su localización geográfica favorece su desarrollo como parte de una red de pequeñas ciudades industriales del occidente de México, que abarca los estados de Michoacán, Jalisco y Guanajuato.

Desafortunadamente, el crecimiento sostenido de ambas actividades ha ocurrido desprovisto de un plan de desarrollo integral que contemple los múltiples impactos ambientales de la industria textil en la región. Uno de los impactos más alarmantes es el aporte de contaminantes a la laguna de Yuriria, cuerpo de agua que funciona como el receptor directo de los 71 l/s de agua residual producida por el municipio de Yuriria; y de forma indirecta recibe también las aguas residuales de Uriangato y Moroleón, que producen en promedio 97 y 86 l/s respectivamente. Estos tres municipios generan alrededor de 261 l/s de aguas residuales, que equivalen al 98% del volumen producido en la subcuenca.

Cabe mencionar que ninguno de estos municipios cuenta con planta tratadora, por lo que el total del agua residual se descarga sin tratamiento. Esta situación es aun más grave si tomamos en cuenta que las descargas de agua residual incluyen los desechos de las textileras domésticas, pues recordemos que, al operar en talleres familiares, es muy probable que su sistema de desagüe se conecte con la red de drenaje municipal. Ante esta problemática, se recomienda la construcción de plantas de tratamiento en la zona urbana de Uriangato y Moroleón, así como en el municipio de Yuriria.

### **Impacto de la actividad agrícola**

A pesar de su baja captación de mano de obra, la actividad más extendida es la agricultura, pues se practica en 547 km<sup>2</sup>, que equivalen prácticamente a la mitad del territorio de la subcuenca. De todo el suelo agrícola, más del 60% son áreas de agricultura de temporal,

concentradas en zonas de lomeríos, colinas y piedemonte. Las parcelas de agricultura de riego son más comunes en las zonas planas, predominantes en la parte media de la subcuenca, así como en pequeños manchones al sur de la laguna de Yuriria.

Esta subcuenca se especializa en el cultivo de trigo y sorgo, tanto en agricultura de riego como de temporal. En agricultura de riego, la superficie sembrada de trigo es de 37 Km<sup>2</sup> y presenta rendimientos medios. La de sorgo es de 56 Km<sup>2</sup> y sus rendimientos van de altos a muy altos; ambas superficies suman el 17% del área cultivada en la subcuenca. En agricultura de temporal, la superficie sembrada de este mismo tipo de cultivos es menor. El trigo se siembra en 31 Km<sup>2</sup> y el sorgo en 48 km<sup>2</sup>, que en conjunto equivalen al 14.44% del suelo agrícola. Ambos cultivos presentan rendimientos bajos.

Tanto el trigo como el sorgo se cultivan más en los municipios de Yuriria y Maravatío, mientras que en Uriangato y Moroleón es más común la siembra de maíz, con rendimientos muy altos en riego y muy bajos en temporal. En estos dos municipios destaca también el cultivo de frijol, con rendimientos muy bajos en temporal y muy altos en riego. En cuanto a su actividad pecuaria, el municipio de Yuriria se especializa en la cría de ganado bovino, en Moroleón y Maravatío predomina el ganado caprino y en Uriangato el ganado porcino.

Las prácticas intensivas de estos sistemas de producción agropecuaria han detonado procesos de degradación del suelo que afectan la integridad de la región. De estos procesos, destaca el de erosión hídrica superficial, que afecta una superficie de 264 km<sup>2</sup>, equivalentes al 24% de la subcuenca. Este problema se presenta con mayor frecuencia en zonas de matorral subtropical y agricultura de temporal. El único municipio en el que no se registran áreas afectadas por este problema es Santiago Maravatío.

En proporciones muy similares, se registra también un proceso de declinación de la fertilidad, que afecta 214 km<sup>2</sup> de agricultura de temporal y de riego. Con excepción de Moroleón, este tipo de degradación se presenta en todos los municipios de la subcuenca. Si bien el grado de afectación del suelo por ambos tipos de degradación presenta niveles

moderados, es necesario implementar mejores prácticas agrícolas, que incluyan medidas de conservación y manejo del suelo.

Aunado a los procesos de degradación del suelo, el estado actual de la vegetación natural en la subcuenca presenta grandes cambios en cuanto a su distribución espacial y a su estructura; cambios que se pueden observar en la fragmentación del paisaje y en el incremento de la superficie de comunidades con vegetación secundaria. En el caso del matorral subtropical, que es el tipo de vegetación natural predominante en la subcuenca, sólo la 3ª parte de los 328 km<sup>2</sup> existentes no presenta un proceso de secundarización. De bosque existen solamente 30 km<sup>2</sup>, ubicados en aislados fragmentos al suroeste y oeste de la cuenca, mayoritariamente en zona de cabecera. Esta superficie es menor a la de pastizal inducido, que abarca 65 km<sup>2</sup>.

Este intenso proceso de cambio de uso del suelo se explica principalmente por la expansión descontrolada de las zonas agrícolas y la poca capacidad de planeación del territorio. El uso de suelo que más se ha extendido es la agricultura de temporal, pues en el periodo 1976-2000 ha crecido 46 km<sup>2</sup>, es decir, un 4% del territorio de la subcuenca, desplazando principalmente al matorral subtropical. En el lado oeste de la laguna Yuriria también se observa un considerable aumento de la superficie de agricultura de riego, en un área de aproximadamente 38 km<sup>2</sup>.

De igual forma, en los municipios de Yuriria y Uriangato se registra el crecimiento de 15 km<sup>2</sup> de pastizal inducido, cobertura que desplazó principalmente a bosques de encino y matorral subtropical. Al sur de la subcuenca destaca también la expansión de la zona conurbada Moroleón Uriangato, que creció 16 km<sup>2</sup>, expandiéndose sobre zonas de agricultura de temporal.

En el mismo periodo, se observa también un importante proceso de revegetación o regeneración natural sobre tierras agrícolas de temporal que fueron abandonadas. El cambio más notorio es el crecimiento de matorral subtropical en una superficie de 100 km<sup>2</sup>. A estos, se suman 28 km<sup>2</sup> de suelos agrícolas transformados a pastizal inducido. La superficie regenerada total equivale al 11.84% de la superficie de la subcuenca.



En esta subcuenca, el proceso revegetativo se relaciona de manera directa con la interrupción de las actividades agrícolas en terrenos con cultivos en pie. Esta interrupción ha permitido la regeneración del suelo, así como el establecimiento de especies vegetales que se encontraban en el banco de semillas contenidas en el mismo. La revegetación con matorral subtropical brinda al suelo una mejor protección contra los procesos de erosión que la brindada por los cultivos de temporal. Además, favorece la infiltración y reduce el transporte de sedimentos a la laguna de Yuriria<sup>47</sup>.

Las áreas que muestran este tipo de reconversión se concentran al interior de los municipios de Yuriria, Moroleón y Santiago Maravatío. En estos municipios, el abandono de tierras de labranza puede explicarse por la falta de alternativas de empleo y el bajo rendimiento del campo. Las tierras abandonadas coinciden en su mayoría con localidades muy pobres, con pérdidas de población muy elevadas y flujos migratorios a los Estados Unidos que se encuentran por encima del promedio nacional. Este hecho nos permite establecer una relación positiva entre el proceso de revegetación observado y la intensificación de los flujos migratorios.

Los niveles de migración en la subcuenca alcanzan sus registros más altos en las localidades pertenecientes al municipio de Moroleón. En el año 2000, el índice de intensidad migratoria para este municipio fue de 0.7288, es decir, un grado de intensidad migratoria medio, con una tasa anual de emigración de aproximadamente 7.4 personas por cada mil<sup>48</sup>. No obstante, en los últimos años se ha observado un incremento considerable en los niveles de migración de las localidades con mayor población rural. En el caso de Piñicuaro, ubicada al sureste del municipio, los niveles de despoblamiento se han incrementado de manera gradual hasta alcanzar tasas migratorias muy altas, sobre todo en los meses de Enero a Febrero, periodo en el que se calcula que más del 60% de los 2,000 habitantes que conforman la población local, migra a los Estados Unidos<sup>49</sup>.

---

<sup>47</sup> López E., Bocco, G., Mendoza, M., Velásquez, A., Aguirre, A. (2005) Peasant emigration and land- use change at the watershed level. A GIS-based approach in Central México. *En prensa*.

<sup>48</sup> FUENTE: <http://www.guanajuato.gob.mx/municipios/moroleon.htm>

<sup>49</sup> Nota publicada en el Diario "La Opinión Digital" el 26 de Septiembre de 2005. ([www.laopinion.com.mx](http://www.laopinion.com.mx))

Por lo menos en esta subcuenca, podemos afirmar que la escasa productividad agrícola ha reconfigurado la dinámica socioambiental de la zona. En este sentido, resulta necesario frenar el avance de la agricultura de temporal, pues recordemos que, en el periodo observado, este tipo de cobertura es el que más ha crecido, fragmentando aun más los remanentes de vegetación natural existentes. Este crecimiento constituye un costo socioambiental muy alto para la subcuenca, si consideramos que se trata de terrenos que muy probablemente serán cultivados por un lapso de tiempo corto, con tecnologías que favorecen los bajos rendimientos, y que posteriormente serán abandonados.

Como alternativa, se recomienda una mayor inversión en el desarrollo de tecnologías agrícolas de riego, que incluyan prácticas de conservación de suelos y uso eficiente del agua. Asimismo, resulta necesario diseñar acciones que promuevan la diversificación de las fuentes de empleo y mecanismos de política social que permitan aumentar el grado de atracción poblacional de estas localidades, a través de la reactivación de los flujos económicos locales.

Otra sugerencia pertinente es disminuir el uso intensivo de agroquímicos en las zonas de agricultura de riego aledañas a la laguna de Yuriria, pues este embalse presenta un grado de eutroficación alto, con una gran concentración de nutrientes y “proliferación de malezas acuáticas emergentes, flotantes y sumergidas que cubren hasta un 35% de su superficie”<sup>50</sup>. Asimismo, se sugiere implementar medidas de restauración del matorral subtropical secundario, para reducir los problemas de erosión y el aporte de sedimentos a la laguna.

---

<sup>50</sup> Reporte sobre la muerte masiva de aves en la Laguna de Yuriria (Guanajuato, México). Sociedad Audubon de México, <http://www.audubon.org/local/latin/bulletin3/habitats-esp.html>

## Subcuenca Zula

La subcuenca de Zula se ubica al poniente de la cuenca Lerma Chapala y se encuentra completamente incluida en el estado de Jalisco. Tiene una superficie de 1830 km<sup>2</sup>, de los cuales el 80% (1464 km<sup>2</sup>) pertenece a zonas de captación y transporte y el 20% restante (366 km<sup>2</sup>) se ubica en zonas de cabecera.

Esta subcuenca está integrada por siete municipios con un grado de marginación bajo. Al norte se ubican los municipios de Tepatitlán de Morelos y Arandas, que junto con Atotonilco el Alto han articulado redes de comunicación orientadas a conectar esta parte de la subcuenca con los municipios de San Juan de los Lagos y León, Guanajuato. Al sur, encontramos municipios como Ocotlán, Zapotlán del Rey y Tototlán, cuya dinámica se encuentra más articulada con el corredor Tlaquepaque- Guadalajara - Zapopan.

El número de habitantes de esta subcuenca asciende a 388, 157. El centro más poblado es Tepatitlán, con 119,197 habitantes, que representan un tercio de la población de la subcuenca. Destacan también Ocotlán, con 84,200 y Arandas, con 76,293. Con respecto al común de la cuenca Lerma Chapala, la subcuenca de Zula tiene un alto porcentaje de población económicamente activa (35%), además de poseer un mejor equilibrio en salarios, pues si bien el 43% gana menos de 2 salarios mínimos, existe un 47% ganando entre 2 y 5, lo que nos habla de una mejor distribución del ingreso.

La principal actividad económica de esta subcuenca es la industria, ya que genera cerca del 70% del VACB que se produce en la zona y emplea al 34% de la población ocupada. La dinámica industrial se combina con una práctica intensa de actividades agropecuarias, entre las que destacan la agricultura de temporal y la ganadería. Este tipo de actividades emplean al 22% de la población ocupada. Adicionalmente, en todos los municipios de esta subcuenca se observa una actividad comercial y de servicios importante, pues en conjunto emplean al 44% de la población ocupada, aunque la actividad comercial registrada no genere mucho valor.

## **Impacto de la actividad Industrial**

La actividad industrial predominante en la subcuenca es la industria de alimentos y bebidas. Esta especialización industrial es más evidente en los municipios asentados en la parte centro- norte de la subcuenca, es decir, Tepatitlán, Arandas y Atotonilco el Alto, que son los municipios en los que se asienta la industria tequilera de la región.

El municipio de Arandas posee la industria más diversificada de la subcuenca, pues si bien la industria tequilera aporta casi el 75% del VACB industrial y ocupa a un tercio de la población del municipio; también destacan la industria de la madera y la industria textil, que en conjunto generan casi un 20% de la producción económica municipal.

Debido a la gran cantidad de contaminantes derivados de la industria tequilera asentada en este municipio, las autoridades federales han emitido sanciones a varias compañías; sin embargo, se recomienda enfatizar el monitoreo de descargas industriales en esta zona y ampliar la capacidad de tratamiento de la planta municipal, la cual descarga directamente al río Zula y se encuentra trabajando al máximo de su capacidad (PROFEPA, 2005).

El municipio de Tepatitlán de Morelos posee la distribución más equilibrada de población ocupada por sector; aunque en términos de producción económica la actividad más importante sea la industria de alimentos y bebidas, que genera casi el 80% del VACB de la industria local. El peso de este tipo de industria responde a que Tepatitlán no sólo es una región agavera muy importante, sino que también está considerado como uno de los principales productores porcícolas de la zona de los Altos de Jalisco<sup>51</sup>.

La intensa práctica de ambas actividades ejerce una fuerte presión sobre el agua, pues la industria tequilera se caracteriza por un alto consumo de agua durante su proceso productivo; mientras que los desechos de las granjas porcícolas aumentan el riesgo de contaminación en escurrimientos y descargas que drenan hacia la presa del Jihuite. Se considera además que la mayoría del agua para uso pecuario se utiliza para la limpieza

---

<sup>51</sup> Unión Regional de Porcicultores de Jalisco. <http://www.porcicultoresdejalisco.com.mx>

de las excretas de los animales, descargándose posteriormente sin tratamiento alguno a otros cuerpos de agua o a los terrenos de cultivo aledaños a las granjas.

El otro gran centro de producción de tequila de la subcuenca es Atotonilco el Alto, cuya industria tequilera genera casi el 90% del VACB industrial y el 70% del VACB de todo el municipio, empleando a una tercera parte de la población. Por absorción de mano de obra, en este municipio destacan también la industria textil y la industria química, aunque su aportación al VACB municipal es menos significativa. La intensa actividad agroindustrial del municipio ha provocado el uso excesivo de agroquímicos, mientras que los desechos tanto de la industria textil como química, representan un foco de contaminación importante para los cuerpos de agua<sup>52</sup>.

En los municipios asentados en la porción sur de la subcuenca, la especialización industrial ya no es tan evidente, pues en el caso de Zapotlán, la industria predominante es la industria textil, que genera casi el 65% del VACB y emplea una proporción similar de mano de obra. Algunos de los principales problemas asociados con este tipo de industria son los contaminantes y residuos peligrosos que se descargan sin tratamiento, además de una fuerte demanda de extracción de agua. Por lo anterior, se recomienda que las empresas cuenten con plantas tratadoras de agua, así como la inversión en infraestructura de saneamiento municipal y la regulación de las descargas industriales que se viertan a la red de colectores del municipio.

En esta parte de la subcuenca destaca también la industria de la madera, sobre todo en el municipio de Ocotlán, en donde este tipo de industria emplea casi al 70% de la población ocupada. Sin embargo, por generación de valor, la industria predominante es la de alimentos, pues se trata de una industria intensiva en capital, que genera casi el 75% del VACB industrial del municipio, a pesar de emplear sólo un 20% de la población. Los principales problemas ambientales asociados con la actividad económica de este municipio son la deforestación, la contaminación de cuerpos de agua superficial y la generación de residuos peligrosos derivados de la industria textil.

Una cantidad importante de las descargas industriales de Ocotlán se une a los escurrimientos que corren de noreste a suroeste del municipio, drenando directamente al

---

<sup>52</sup> INIFAP/ UNAM (2003) Opciones para el Manejo de Efluentes de Granjas Porcícolas de la Zona Centro de México.

río Zula, sin recibir ningún tipo de tratamiento. Al respecto, cabe mencionar que en los últimos años la contaminación de este río se ha convertido en uno de los principales problemas de la región, pues se han reportado consecuencias importantes tales como la mortandad de algunas especies de fauna acuática. A raíz de este fenómeno, se ha desencadenado un continuo reclamo por parte de la población en la región, que reclama medidas urgentes de limpieza del río, así como una mejor regulación de las industrias<sup>53</sup>.

Aunado a lo anterior, en este último año se edificaron cortinas de concreto para desviar de su cauce natural al río Zula y encauzarlo hacia el río Santiago, a través de canales conductores artificiales; impidiendo con ello su emisión hídrica al Lago de Chapala. Tal alteración al cauce natural de este río, puede ocasionar problemas serios de sedimentación y trabajo erosivo no solo en la dinámica fluvial de la desembocadura del río y en la hidrología subterránea, sino en el equilibrio microclimático del Lago Chapala y en la dinámica entera de este cuerpo de agua.

### **Impacto de la actividad agrícola**

La actividad agrícola se practica en 1262 km<sup>2</sup>, equivalentes al 69% de la superficie total de la subcuenca. La actividad más extendida es la agricultura de temporal, cuya superficie alcanza los 973 km<sup>2</sup>, mientras que la superficie de agricultura de riego es de tan solo 289 km<sup>2</sup>. Ambos tipos de agricultura se especializan en el cultivo de trigo y sorgo. Los rendimientos del cultivo de trigo son altos en agricultura de riego y bajos en agricultura de temporal, mientras que el sorgo presenta rendimientos medios en agricultura de riego y bajos en temporal.

Los municipios en los que predomina la actividad agrícola son Tototlán, ubicado al centro de la subcuenca; y Jamay, ubicado en la porción sur. Estos dos municipios presentan la mayor población ocupada en sector primario de toda la subcuenca. En ambos se registra un uso intensivo de agroquímicos, contaminación de agua subterránea y una gran demanda de extracción de agua<sup>54</sup>.

---

<sup>53</sup> El Universal, 17 abril de 2005

<sup>54</sup> Ordenamiento Ecológico Territorial del Estado de Jalisco.- Diagnóstico de prioridades de la Región Ciénega

Se observa también un proceso de erosión hídrica superficial, el cual afecta las zonas montañosas de estos dos municipios; extendiéndose hacia los municipios de Ocotlán y Atotonilco el Alto. La erosión de estas zonas esta aportando sedimentos al río Zula, generando impactos agregados que se suman al problema de contaminación de este río provocado por la actividad industrial. Otro proceso de degradación asociado a prácticas agrícolas es el de declinación de la fertilidad, el cual afecta casi al 70% de la superficie de la subcuenca; predominando en zonas donde se practica la agricultura de temporal.

Además de los cultivos indicados, en esta subcuenca se siembran 338 km<sup>2</sup> de agave, que equivalen al 18.5% de la superficie total. El 40% del cultivo de agave se concentra en el municipio de Arandas, que se especializa en la siembra de agave azul tequilana Weber. Poco más del 30% restante se siembra en el municipio de Atotonilco el Alto, combinando la producción de agave con la siembra de maguey utilizado para producir mezcal.

En el periodo de 1976 al 2000, ambos municipios registran un cambio de uso de suelo de 70km<sup>2</sup>, que pasaron de matorral subtropical a agricultura de temporal. Debido al bajo índice de naturalidad que posee esta subcuenca, resulta muy importante frenar el avance de la agricultura de temporal, sobre todo hacia las zonas de lomeríos y de sierra, ubicadas parte central y occidental del municipio de Arandas, en donde se deben implementar prácticas de conservación. Se recomienda también implementar acciones de restauración a lo largo de la zona funcional de cabecera, en los municipios de Tototlán y Tepatitlán, y al este del municipio de Ocotlán.

## **Subcuenca del lago de Pátzcuaro**

La subcuenca de Pátzcuaro se ubica al sur de la Cuenca Lerma Chapala. Cuenta con una superficie aproximada de 936 km<sup>2</sup>, de los cuales el 56.7% (530.2 km<sup>2</sup>) es zona de emisión y el 43.3% (405 km<sup>2</sup>) se ubica en zonas de cabecera. De las diecinueve subcuencas, ésta es la única que no presenta déficit hídrico y posee un nivel aceptable en cuanto a volúmenes de disponibilidad de agua.

Esta unidad hidrográfica destaca por poseer uno de los índices de naturalidad más altos de toda la cuenca, además de contener al Lago de Pátzcuaro, uno de los cuerpos de agua superficial más importantes no sólo de la Cuenca, sino del país. Ambas características hacen de esta subcuenca un escenario factible para el diseño y la implementación de acciones tendientes a procurar el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales, evitando su degradación.

Al igual que Cuitzeo, se trata de una subcuenca endorreica sin efectos sobre la dinámica hidrológica superficial regional de la Cuenca Lerma Chapala. Sin embargo, su geomorfología y características geológicas y bio-climáticas la vuelven parte del espectro de análisis de la misma cuenca, al presentar más similitudes con ésta que con la Cuenca del Río Balsas.

Esta subcuenca abarca territorio de siete municipios, albergando un total de 179 mil habitantes. El centro poblacional más importante es Pátzcuaro, con 77,872 habitantes. En segundo lugar se ubican los municipios de Quiroga y Nahuatzen, con cantidades de población muy similares que oscilan entre los 23 y 24 mil habitantes. El resto de los municipios que conforman la subcuenca poseen poblaciones menores a los 13 mil habitantes. La mayoría de los municipios poseen un grado de marginación medio, con excepción de Pátzcuaro, que presenta un grado bajo, y Nahuatzen, cuyo nivel de desarrollo le confiere un grado de alta marginación.

El 48% del valor económico que se produce en la subcuenca proviene del comercio, el 16% de los servicios, el 25% lo genera la industria y la actividad pesquera aporta un 4%. De todo el valor producido, el 61% proviene del municipio de Pátzcuaro, en donde se concentra la mayor cantidad de las actividades comerciales. Un 17% proviene del



municipio de Quiroga, en donde destaca una dinámica industrial importante. Finalmente, los municipios de Tingambato y Nahuatzen<sup>55</sup> producen un 7% del VACB respectivamente.

Por sector de ocupación, en esta subcuenca el 19% de la población se emplea en el sector primario, el 39% en actividades del sector secundario y el 42% en el sector terciario. El nivel salarial se considera bajo, pues cerca del 67 % de la población gana menos de 2 salarios mínimos, mientras que el 27% percibe entre 2 y 5 salarios mínimos por jornada laboral.

En esta subcuenca los habitantes mantienen una relación muy estrecha con los recursos naturales, pues la mayoría de los municipios que la conforman posee un carácter predominantemente rural. Este hecho intensifica la necesidad de desarrollar mecanismos de coordinación intermunicipal promovidos por el gobierno del Estado, tendientes a tomar medidas para la conservación de los recursos a través de una mejor planificación de las actividades económicas y la diversificación de las fuentes de ingresos disponibles.

### **Impacto de la dinámica socioeconómica**

En los últimos años, la falta de planeación de las actividades socioeconómicas ha provocado que fenómenos como el desarrollo urbano, la expansión de la superficie agrícola y la intensificación de las actividades turísticas generen efectos adversos al funcionamiento eco-hidrológico de esta subcuenca. Una manifestación de este deterioro puede observarse en la gran cantidad de desechos que se emiten como descargas hacia las zonas de los ríos y afluentes del lago de Pátzcuaro. Actualmente, se estima que este lago recibe diariamente un volumen de 28 mil 429 metros cúbicos de aguas negras<sup>56</sup>.

Los principales contribuyentes de aguas residuales al lago son los municipios de Quiroga y Pátzcuaro, lo cual se explica por tratarse de los municipios más poblados, con mayor actividad económica. Estos dos municipios producen el 74.7% de las aguas residuales que se producen en la subcuenca, pero sólo tratan el 30% del volumen que

---

<sup>55</sup> El aporte importante de este municipio al VACB de la subcuenca obedece a su número de habitantes, que resulta alto para los niveles poblacionales registrados en los demás municipios.

<sup>56</sup> FUENTE: <http://www.semarnat.gob.mx/regiones/patzcuaro/index.shtml>

generan. Por esta razón, se recomienda vigilar el óptimo funcionamiento de las plantas tratadoras existentes, así como ampliar la red de colectores municipal, a fin de optimizar la capacidad instalada en dichas plantas.

Los desechos producidos por estos dos municipios se depositan en el lago a través de los emisores que conducen las aguas residuales municipales, las cuales se combinan con desechos derivados de actividades productivas, entre los que destacan los agroquímicos usados en la agricultura. El uso desmedido de agroquímicos produce un exceso de nutrientes y materia orgánica que afectan el equilibrio de los ecosistemas acuáticos, incrementando la eutroficación del lago.

De este modo, vemos cómo el grado de afectación de las distintas actividades económicas se traduce no sólo en una disfunción eco-hidrológica de la subcuenca, sino que representa una amenaza para la rentabilidad de actividades y servicios como el turismo, el comercio y la pesca, afectando con ello aproximadamente el 30% de la economía de la subcuenca.

### **Impacto de la actividad agrícola**

Actualmente, la actividad agrícola se concentra en el corredor central de la subcuenca, en la zona de lomeríos que va desde el municipio de Nahuatzen hasta Huiramba. Asimismo, esta actividad se observa en las colinas que rodean al lago de Pátzcuaro. Aproximadamente el 97% de la superficie agrícola es de temporal y la especialización por cultivo es muy marcada, pues un 77% del suelo agrícola es sembrado con maíz y un 16% con avena. Los rendimientos agrícolas son bajos en el caso del maíz y muy bajos en el caso de la avena. En cuanto a sus actividades pecuarias, la subcuenca se especializa en el ganado bovino, con excepción del municipio de Pátzcuaro, que se especializa en ganado caprino. Se recomienda una actividad ganadera controlada para evitar la secundarización de las zonas de vegetación natural.

Las prácticas agropecuarias inadecuadas en esta subcuenca han desencadenado algunos procesos importantes de degradación de suelos. El más extendido es el de declinación de la fertilidad, detectado sobre todo al este y al sur de la subcuenca, en los municipios

de Pátzcuaro, Tzintzuntzan y Quiroga. Este proceso está asociado a la práctica de la agricultura de temporal y afecta al 18% de la superficie de la subcuenca.

El segundo proceso más extendido es el de erosión hídrica superficial, detectado al norte, sur y oeste del lago de Pátzcuaro, siendo la causa de un importante aporte de sedimentos en dicho cuerpo de agua. Este proceso afecta al 14% de la subcuenca y está asociado con la agricultura de temporal, aunque también se registró en pequeños manchones de bosque de pino encino.

Finalmente, destaca un proceso de erosión eólica, concentrado en la porción oeste de la subcuenca, en el municipio de Nahuatzen. Este proceso está asociado con la práctica de la agricultura de temporal y con pastizales inducidos, afectando al 4% de la subcuenca, aproximadamente.

Otra afectación atribuible a la escasa planeación de las actividades económicas en función de la conservación de los recursos naturales puede observarse en el proceso de deforestación que esta subcuenca ha padecido en los últimos treinta años. En el periodo que va de 1976 al 2000, la extensión de la agricultura de temporal provocó la pérdida de aproximadamente 65 km<sup>2</sup> de bosque de pino encino, que equivalen al 7% de la superficie de la subcuenca. A estos, se suma la pérdida de 13 km<sup>2</sup> de bosques que fueron desplazados por pastizal inducido. Este cambio en la cobertura de uso de suelo ocurrió al sur del lago de Pátzcuaro, en los municipios de Pátzcuaro y Erongarícuaro, así como en pequeños manchones ubicados en el municipio de Quiroga, al noreste del lago.

Dada la calidad de los remanentes boscosos existentes, se propone conservar las coberturas de bosque primario tanto de encino como de pino, principalmente en las zonas de cabecera. Estas mejoras en la conservación del bosque favorecerán la calidad del lago, reduciendo los aportes de sedimentos ocasionados por la erosión superficial. Dado el potencial natural de la subcuenca, se podrían desarrollar también medidas para lograr un aprovechamiento más sustentable de bosques y especies maderables y no maderables; complementándose con acciones que ofrezcan un valor agregado a través de la transformación del recurso.

## Subcuenca Río Turbio

Esta subcuenca se ubica en la porción noroeste de la cuenca Lerma Chapala. Tiene una extensión de 4802.8 km<sup>2</sup>, de los cuales 80.4% (3861.7 km<sup>2</sup>) corresponde a zonas de captación y transporte y el 19.6% (941.1 km<sup>2</sup>) a zonas de cabecera. Su patrón hidrológico corresponde al de una subcuenca balanceada, con un buen nivel de captación total según su nivel de evapotransportación. Sin embargo, posee un déficit hídrico significativo, derivado de la sobreexplotación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos.

La población de esta subcuenca es de 1' 828, 000 habitantes. El centro más poblado es la ciudad de León de los Aldama, que concentra alrededor de 1'134,842 habitantes; es decir, el 80% de la población total. El segundo centro más poblado es Pénjamo, con 144, 000 habitantes, seguido de Lagos de Moreno, con 128, 000. Los otros diez municipios que integran esta subcuenca poseen poblaciones menores a los 100, 000 habitantes.

La dinámica socioeconómica divide a esta subcuenca en dos. La porción norte se distingue por tener un sector secundario fuerte, cuya actividad gira entorno a la dinámica industrial de León. En cambio, en la porción sur de la subcuenca se observa una práctica intensa de actividades agrícolas, con una dinámica económica más articulada a la zona del bajío.

De los 13 municipios que la integran, siete poseen un grado de marginación medio<sup>57</sup>, cinco se ubican en un nivel bajo<sup>58</sup> y sólo el municipio de León posee un grado muy bajo de marginación. El hecho de que ninguno de estos municipios posea grados de marginación altos o muy altos, nos habla de una subcuenca con un nivel de desarrollo socioeconómico ligeramente mayor al promedio del resto de los integrantes de la Cuenca.

A pesar de que el nivel salarial sigue siendo bajo, éste mantiene una distribución marginalmente mejor en relación al resto de la Cuenca, pues aproximadamente el 50%

---

<sup>57</sup> Abasolo, Cuerámaro, Pénjamo y Manuel Doblado en el estado de Guanajuato, y Jesús María, San Diego de Alejandría y Unión de San Antonio en Jalisco.

<sup>58</sup> Purísima del Rincón y San Francisco del Rincón en Guanajuato; Arandas, Lagos de Moreno y San Julián en Jalisco.

de la población ocupada gana más de 2 salarios mínimos, mientras que el 40% cuenta con menos de dos salarios por jornada laboral.

En cuanto a distribución de la población ocupada por sector, sólo el 9% de la población se dedica al sector primario, mientras que un 44% labora en el sector secundario y 47% en el sector terciario. En cuanto a producción económica por tipo de actividad, el 40% del VACB proviene de la industria, 32% del comercio, 13% de los servicios y 10% proviene del transporte. De todo el valor que se genera, el 78% proviene de León, seguido por Lagos de Moreno con 8%, San Francisco del Rincón, con 5% y Arandas, con 4%.

### **Impacto de la actividad industrial**

La actividad económica más importante es la industria, asentada en los municipios de León, Lagos de Moreno y Arandas; municipios en los que también se concentran el comercio y los servicios. Las industrias más fuertes son la industria textil, la industria de alimentos y bebidas, química, papel y productos metálicos.

Las repercusiones ambientales provocadas por la dinámica industrial que se mantiene en la subcuenca, se *exportan* a otras subcuencas a través de las descargas que el río Turbio arrastra cuenca abajo, generando efectos acumulativos en la subcuenca del Lerma y en el propio lago de Chapala. A lo largo de la subcuenca, el río Turbio recibe 2782 l/s de aguas residuales. El municipio de León es el principal contribuyente, al producir el 80.9% (2251.7 l/s) del volumen descargado. Si bien el porcentaje de tratamiento de este municipio es alto, pues cuenta con la capacidad para tratar cerca del 68% de sus descargas, su sistema de saneamiento funciona a base de tratamiento primario, lo que sólo logra separar los residuos biológicos. Por esta razón, en este río se han reportado porcentajes variables de sulfuro, cromo, nitratos y cloruros.

Cabe mencionar que este municipio es el único en toda la Cuenca Lerma Chapala que ha logrado introducir el concepto de saneamiento en la facturación del pago de agua a los particulares, los cuales pagan un 13% por dicho concepto. Sin embargo, esta medida no es suficiente cuando el principal problema de contaminación obedece a las descargas de tipo industrial, por lo que se recomienda reforzar el sistema de regulación industrial y el monitoreo de sus descargas. Asimismo, se sugiere monitorear las descargas

municipales de la parte alta y media de la subcuenca, con el fin de disminuir y revertir el proceso de contaminación cuenca abajo.

### **Impacto de la actividad agropecuaria**

Esta subcuenca se caracteriza por ser una gran llanura aluvial, en donde se practica la agricultura de riego en casi 977 km<sup>2</sup>, distribuidos a ambos lados del río Turbio. La superficie de agricultura de temporal se practica en zonas de lomeríos y piedemontes con pendiente ligera y moderada, en una superficie cercana a los 899.2 km<sup>2</sup>. Ambas superficies suman 1876 km<sup>2</sup>, equivalentes al 39% de la subcuenca. Esto hace de la actividad agrícola la más extendida de la subcuenca.

Las prácticas pecuarias de esta subcuenca responden también al patrón espacial establecido por las actividades económicas más importantes. Esto significa que los municipios asentados alrededor de León, tales como San Diego de Alejandría, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón y Manuel Doblado se especializan en ganado bovino. Dicha especialización responde a la demanda de la de la industria curtidora de León. Por otro lado, los municipios de Lagos de Moreno, Unión de San Antonio, Cuerámara y el propio León, se especializan en ganado caprino, respondiendo a la misma necesidad industrial de materia prima. El resto de los municipios ubicados al sur de la subcuenca presentan una mayor especialización en ganado porcino.

La intensificación de las actividades agropecuarias ha detonado la aparición o agudización de una gran diversidad de proceso de degradación. Entre ellos destaca el problema de erosión hídrica superficial, presente en toda la parte media de la subcuenca, en áreas de pastizal inducido y agricultura de temporal ubicadas al oeste del río Turbio. Este problema también se registra en la parte norte de la subcuenca, en áreas de bosque de encino ubicadas en los municipios de Jesús María, Manuel Doblado, Pénjamo y Cuerámara. Un segundo problema es el de declinación de la fertilidad, que se presenta en suelos de agricultura de temporal distribuidos por toda la parte central de la subcuenca, y en zonas de agricultura de riego, ubicadas en la parte sur.

Destaca también un problema de contaminación de suelos, registrado al sur de la zona urbana de León, así como en los municipios de San Francisco del Rincón, Purísima del Rincón y Manuel Doblado. Este proceso se presenta con mayor frecuencia en las

planicies de ambos lados del río Turbio, lo que podría explicarse por el uso de las aguas de este río para el riego de los cultivos de la región.

La principal recomendación es mejorar las prácticas agrícolas, con el fin de detener y revertir el proceso de erosión hídrica del suelo. Se sugiere también corregir las prácticas ganaderas en su mayoría extensivas, para evitar la degradación de suelos. A este respecto, sería importante promover programas de reconversión productiva para incrementar los ingresos de la población buscando alternativas que generen un menor impacto ambiental.

Aunado a los problemas de contaminación y degradación del suelo, en el periodo que va de 1976 al 2000 se registra un proceso de pérdida de vegetación natural. La cobertura que más superficie ha perdido es el bosque de encino, el cual ha perdido cerca de 182 km<sup>2</sup> que fueron transformados en zonas de pastizal inducido. Las zonas afectadas se localizan en los municipios de Jesús María y Degollado. Se registra también la pérdida de 26 km<sup>2</sup> de mezquital que fueron transformados en pastizal inducido. Las zonas afectadas se localizan en el municipio de Abasolo (14 km<sup>2</sup>) y en Arandas (12 km<sup>2</sup>).

Actualmente, el pastizal inducido alcanza una cobertura de 443 km<sup>2</sup>, es decir, casi el doble de la superficie de bosque ubicado en las partes altas de la cuenca, el cual alcanza apenas 244 km<sup>2</sup>. Por esta razón, se sugiere establecer medidas de conservación en la zona norte de la subcuenca, en las áreas en las que se localizan los bosques de encino. Se sugiere también establecer medidas de conservación al norte del municipio de Pénjamo y al suroeste del municipio de Cuerámara, en zonas de montaña y lomeríos. Como zonas de conservación y restauración, se sugieren las zonas de bosque ubicadas en los municipios de Jesús María y Manuel Doblado, en donde también es necesario disminuir la erosión en áreas de pastizal inducido.

Finalmente, se recomienda también poner énfasis en la planeación urbana de la ciudad de León, cuidando de no orientar su desarrollo hacia las zonas de montaña y lomeríos que se ubican al norte de la mancha urbana. Esto con el fin de disminuir la presión sobre las áreas boscosas y de matorral subtropical y procurar un crecimiento urbano acorde con las normas sustentables de desarrollo.

***ANEXO I. SUBCUENCAS DE LA CUENCA LERMA CHAPALA.-  
Conformación por estados y municipios***



## ***ANEXO II. RECOMENDACIONES TÉCNICAS POR SUBCUENCA***