



Gaceta Ecológica

ISSN: 1405-2849

[gaceta@ine.gob.mx](mailto:gaceta@ine.gob.mx)

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos  
Naturales  
México

Cotler, Helena; Priego, Ángel; Rodríguez, Claudia; Enríquez, Carlos  
Determinación de zonas prioritarias para la eco-rehabilitación de la cuenca Lerma-Chapala  
Gaceta Ecológica, núm. 71, marzo-junio, 2004, pp. 79-92  
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53907106>

- [Cómo citar el artículo](#)
- [Número completo](#)
- [Más información del artículo](#)
- [Página de la revista en redalyc.org](#)

[redalyc.org](http://redalyc.org)

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Determinación de zonas prioritarias para la eco-rehabilitación de la cuenca Lerma-Chapala<sup>1</sup>

HELENA COTLER, ÁNGEL PRIEGO,  
CLAUDIA RODRÍGUEZ Y  
CARLOS ENRÍQUEZ GUADARRAMA



## INTRODUCCIÓN

El estado de deterioro del conjunto de los recursos naturales (suelo, vegetación, biodiversidad y agua) en la cuenca Lerma-Chapala ha sido ampliamente analizado en este número de la *Gaceta ecológica*, en el marco de los paisajes físico-geográficos y de las relaciones socio-políticas que se presentan entre los estados, a lo largo de los artículos precedentes en este mismo número. Queda claro entonces, que la situación ambiental, en tanto que fragilidad de los

ecosistemas y vulnerabilidad de la población, se encuentra en un momento crítico.

Esta situación no es reciente ni desconocida para los usuarios de los recursos ni para los tomadores de decisiones. Durante las últimas décadas se han realizado a nivel de muchos de los 204 municipios, pertenecientes a los cinco estados que comprenden la cuenca Lerma-Chapala, diversas acciones de conservación de suelos y/o reforestación; también la

federación a través de diferentes programas que han ido cambiando sus prioridades y modalidades de trabajo, ha buscado incidir también sobre la calidad de los suelos y de los ecosistemas en general. Sin embargo, el problema no sólo continúa sino que se ha acentuado.

Una de las causas de esta situación, común en muchos países, obedece a los paradigmas que han regido la conservación de los recursos naturales en general, y del suelo, en particular (Hudson 1991, Biot *et al.* 1995, Agencia Europea del Medio Ambiente y PNUMA 2002). Durante las últimas décadas, los programas de conservación de suelos han pasado por varias fases, síntoma de una evolución del paradigma de la conservación de este recurso. A éstas Biot *et al.* (1995) las denominan las fases “clásica” “populista” y “neoliberal” y les adjudica diferentes situaciones. Durante la primera fase, la “clásica” la toma de decisiones se ejercía de manera centralizada para dar soluciones ambientales a agricultores considerados como ignorantes. Las causas estructurales para explicar la degradación eran la sobrepoblación, el retraso, la falta de previsión y la ignorancia, y las soluciones dadas estaban basadas en el empirismo, bajo un modelo conservador y paternalista, sin consideraciones de orientación al mercado, ni enfoque de género, con un énfasis en prácticas mecánicas de conservación de suelos.

Durante la fase llamada “populista”, la toma de decisiones se ejercía con una participación de abajo hacia arriba (bottom-up) para dar soluciones socio-políticas a agricultores inclinados hacia una racionalidad comunal. Las causas estructurales para explicar la degradación de los suelos eran el manejo inadecuado por parte del Estado. Las soluciones se establecían mediante evaluaciones rurales rápidas hechas por ONG tomando a la comunidad como unidad de análisis y que estaban orientadas a la explotación mediante técnicas agronómicas de conservación. Finalmente, en la llamada fase “neoliberal”, la

toma de decisiones se ejerce mediante políticas de mercado y derechos de propiedad, pensando en dar solución principalmente a problemas económicos e inadecuadas políticas gubernamentales. Las causas estructurales para explicar la degradación se basan en problemas institucionales y de precios.

Sin querer encasillar los programas realizados por las distintas instituciones gubernamentales en una de estas fases, podemos sin embargo encontrar premisas y situaciones comunes de varias de ellas en los programas de conservación/rehabilitación de suelos en México.

Además de la dificultad inherente que representa mantener una coherencia espacial cuando los enfoques de los programas son distintos, y hasta a veces contradictorios, existen elementos técnicos y socio-políticos que a nuestro juicio dificultan la elaboración, la ejecución y el éxito de los planes de conservación de suelos:

- i. Uno de ellos es el énfasis productivo y local de la mayoría de estos programas. Es decir, que la conservación de los suelos no se realiza para mantener al suelo como cuerpo natural, recuperando la mayoría de sus funciones, como pueden ser el de un medio poroso y permeable apto para la regulación del sistema hidrológico, como hábitat de una miríada de organismos o como un medio de reciclaje (Brady y Weil 1999), sino que todo el esfuerzo está centrado en el suelo como medio de soporte y suministro de nutrientes a las plantas, por lo tanto en tierras productivas, importantes desde el punto de vista económico pero no siempre desde una perspectiva ambiental.
- ii. Otro punto que aún falta por esclarecer es el de los mecanismos más apropiados para incorporar a la población en la ejecución de estos programas, para lo cual hay que conocer y entender sus motivaciones e incentivos, en el entendido

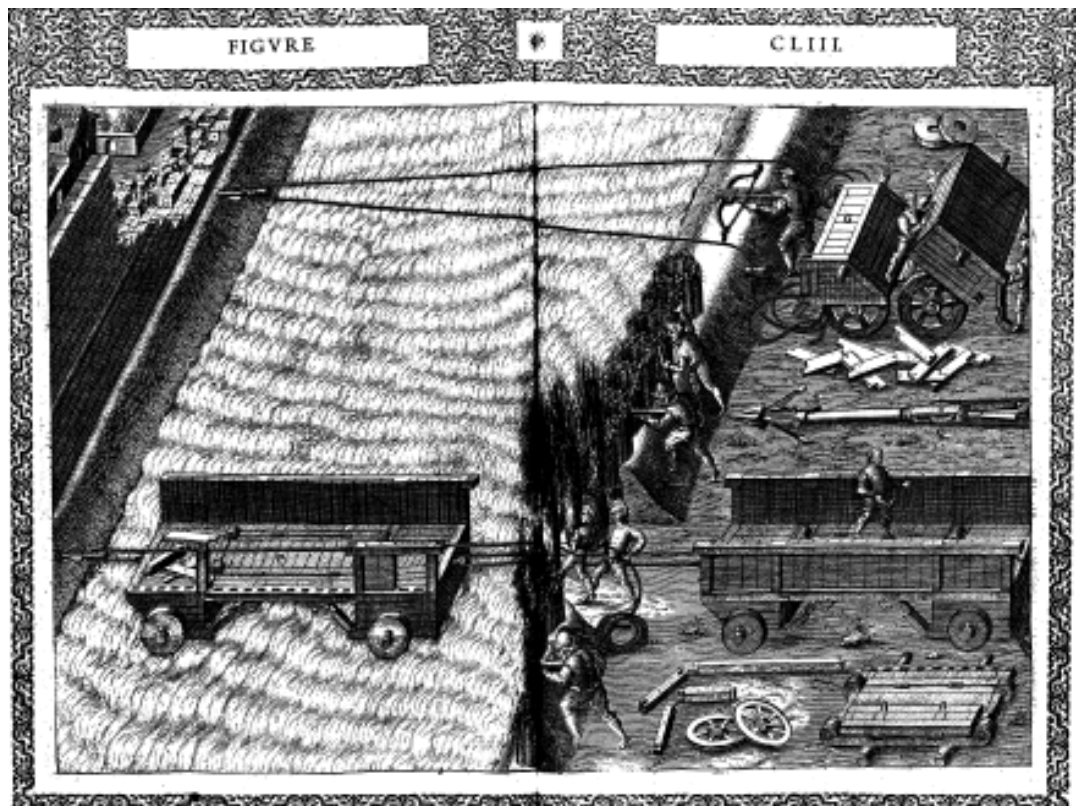
- que las decisiones para adoptar prácticas de conservación están fuertemente influenciadas por políticas gubernamentales, por el poder adquisitivo, costo de oportunidad, derechos de propiedad sobre la tierra a conservarse, entre otros.
- iii. Los programas de conservación de suelos están elaborados pensando en las consecuencias más visibles (pero no por ello las más importantes) y que se concentran en las parcelas donde se origina el problema. Las consecuencias a escala regional, nacional o global de la degradación de los suelos son pocas veces tomadas en consideración.
  - iv. Muchos de los programas de conservación de recursos, utilizan como unidad de análisis a entidades administrativas, como los municipios, los ejidos o las comunidades. Sin embargo, los procesos de erosión hídrica (dominantes en el país) impactan el ciclo hidrológico, disminuyen la infiltración, aumentan el escurrimiento superficial, fomentan la pérdida de materia orgánica, indispensable para el mantenimiento del ecosistema y al mismo tiempo propician la pérdida de carbono del sistema, en forma de uno de los principales “gases de efecto invernadero”. Por ello, estos procesos de degradación se entienden mejor en el contexto de una cuenca hídrica.
  - v. Finalmente, otro aspecto común es la falta de diagnósticos integrales que den un sustento sólido a los programas de conservación de suelos o de reforestación. Las interrelaciones sistémicas que ocurren en una cuenca determinan que la conservación de los suelos no significa exclusivamente la restauración/rehabilitación del suelo como cuerpo natural. El suelo es en sí un sistema abierto, con entradas y salidas, en relación dinámica con su medio ambiente (vegetación, clima, geoforma). Por lo cual su conservación /rehabilitación, lleva consigo inherente, la conservación /rehabilitación del conjunto de los

elementos bióticos y abióticos del paisaje. Algunos procesos de degradación de tierras afectan a sólo un recurso natural: suelos, agua, bosques; sin embargo, dada la naturaleza interactiva de los ecosistemas siempre ocurren cambios asociados a los otros recursos.

El grado de deterioro de la cuenca Lerma-Chapala se expresa claramente en el cambio de uso de la tierra donde se evidencia una pérdida de la vegetación natural. Durante el periodo 1976-2000, se registró una disminución de 817.2 km<sup>2</sup> de selvas y 1,562.2 km<sup>2</sup> de bosques, a favor de la expansión de áreas de cultivo (+ 107.86 km<sup>2</sup>) de pastizales cultivados e inducidos (+ 758.7 km<sup>2</sup>) y de matorrales y bosques secundarios (+ 263.5 y + 975.37 km<sup>2</sup>, respectivamente).

Por otro lado, al interior de cada geosistema (ver Priego *et al.* en este mismo número), se observa un elevado grado de modificación de la cobertura vegetal. Así, el panorama más generalizado en la cuenca son geosistemas donde el 80-85% del área se emplea para actividades agropecuarias o forestales y poseen infraestructura urbana o industrial hasta en 3% de su territorio.

Otra modificación importante la constituye la disminución de la superficie de los cuerpos de agua (reducción de más de 240 km<sup>2</sup> del Lago de Chapala), la cual puede llegar a modificar el ciclo hidrológico, alterar el funcionamiento de la cuenca y disminuir la existencia de vasos reguladores ante situaciones hidroclimáticas extremas. La disminución de la vegetación natural, especialmente en zonas de cabecera y el incremento de áreas de cultivo, en zonas poco aptas para ello, con sistemas agrícolas extractivos y altamente mecanizados promueven problemas de degradación de suelos. Así, cerca del 73% de los suelos de la cuenca presentan algún tipo de degradación. En la zona de cabecera de la cuenca, la erosión hídrica superficial afecta cerca del 27% de



esta área, lo que disminuye la capacidad de infiltración de los suelos y, por ende, mengua la función de recarga de esta zona. En la zona de captación-transporte, el proceso de declinación de la fertilidad abarca 49% del área, donde la compactación y el bajo contenido de materia orgánica dificultan el crecimiento y desarrollo de los cultivos de los principales distritos de riego asentados en esa zona. Este proceso de degradación, junto con el de la salinización afecta también la parte baja de la cuenca.

La priorización de áreas críticas se puede realizar bajo diversas perspectivas (Khan *et al.* 2001) con la preocupación esencial de constituir un apoyo y guía para los tomadores de decisiones. El objetivo central del presente artículo es ubicar las áreas con mayores problemas ambientales en el territorio, específicamente aquellos relacionados con los recursos suelo y ve-

getación con vistas a su rehabilitación. Estas áreas son definidas a una escala regional (1:250,000) y la propuesta se basa en el diagnóstico integral de la cuenca ([www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)) donde se considera tanto el funcionamiento hidro-ecológico de la cuenca como las consecuencias locales y regionales de los procesos de degradación.

#### **LA IMPORTANCIA DEL CONCEPTO DE CUENCA HÍDRICA PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS**

En una cuenca, los flujos hídricos, energéticos, de nutrientes y materiales determinan el funcionamiento y la productividad de los ecosistemas terrestres y acuáticos. En ese sentido, la cuenca se caracteriza por una dinámica ambiental definida por las interacciones sistémicas entre los recursos agua, suelo, geo-

formas, vegetación y el impacto que sobre estas interacciones tienen las decisiones en materia de usos de los recursos naturales tomadas por los distintos actores. La cuenca constituye entonces una unidad ecogeográfica relevante para analizar los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos agua, suelo y vegetación, y es por lo tanto, también el marco apropiado para la planificación de las medidas destinadas a corregir los impactos ambientales producto del uso y manejo de los recursos. Los flujos de agua, materiales y energía no se restringen a límites administrativos sino más bien a límites naturales, por ello, la priorización de las zonas para su rehabilitación debe determinarse según su posición en la cuenca.

Al interior de cada subcuenca sus zonas funcionales: cabecera, captación-transporte y emisión juegan un papel particular en el funcionamiento hidroecológico de toda la cuenca en su conjunto y por ende presentan un grado de fragilidad diferente.

La zona de cabecera constituye el área donde inician los cursos de agua. Esta función se logra cuando los suelos, generalmente bajo cubierta forestal, se saturan de agua fomentando el escurrimiento ante la infiltración. No está de más decir que la función de esta zona es vital para el funcionamiento de toda la

cuenca y que dada las condiciones que requiere su funcionamiento, su fragilidad es elevada.

La zona de captación-transporte, normalmente la más extensa, se caracteriza por ser donde concurren 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.

Dada la fragilidad de cada zona funcional, los procesos de degradación de suelos originarán impactos de diferentes magnitudes. Asimismo, las consecuencias dentro y fuera del sitio son distintas.

En el sitio las principales consecuencias de la erosión hídrica se basan en la destrucción de la estructura del suelo y del arrastre de partículas finas y materia orgánica. Algunas de las consecuencias de la erosión hídrica se encuentran enlistadas en el recuadro 1.

Por su parte, la erosión de suelos fuera de la parcela puede originar problemas de sedimentación e inundación, entre otros. A nivel global este proceso provoca modificaciones de la envergadura del cambio climático, la pérdida de biodiversidad y la modificación del régimen hidrológico de cuencas internacionales, entre otros mencionados en el recuadro 2.

RECUADRO 1. PRINCIPALES CONSECUENCIAS DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL SITIO

- . Disminución de infiltración y retención de agua
- . Aumento de la erosionabilidad del suelo
- . Aumento del riesgo de compactación del suelo
- . Pérdida selectiva de partículas: partículas finas y materia orgánica
- . Pérdida de nutrientes: disminuye la productividad y aumenta el costo de producción
- . Disminución de profundidad del suelo
- . Disminución de la calidad del suelo: pérdida de las funciones del suelo
- . Dificulta el establecimiento de nuevas plantaciones
- . Afecta la biodiversidad (interna y externa)
- . Disminución de la recarga del acuífero

Fuente: Cotler 2003.

RECUADRO 2. PRINCIPALES CONSECUENCIAS DE LA EROSIÓN HÍDRICA FUERA DEL SITIO

- . Incremento de sedimentos: sepulta cultivos bajos y suelos en partes bajas, afecta infraestructura (casas, pistas, carreteras), azolva presas, lagos, estuarios y canales de riego
- . Disminuye la vida de presas
- . Disminuye la capacidad de generación hidro-eléctrica
- . Incrementa costo de purificación del agua
- . Aumenta turbidez del agua y eutrofización
  - reduce fotosíntesis y sobrevivencia de vegetación acuática
  - degrada hábitat de peces y altera cadena alimenticia
- . Aumenta riesgo de inundaciones
- . Acarreo de material sólido de diferentes fuentes (basureros, jales, aguas negras)
- . Contaminación por metales pesados y componentes orgánicos (provenientes de pesticidas)
- . Emisiones de gases invernaderos (CO<sub>2</sub>)
- . Contaminación de aguas marinas

Fuente: Maass y García-Oliva 1990, Pagiola 1999 y de Graaf 2000.

## METODOLOGÍA

Para la determinación de las zonas prioritarias para su eco-rehabilitación se utilizaron los siguientes insumos:

- . Mapa de subcuencas de la cuenca del río Lerma-Chapala (Fuente: Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas-INE, [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- . Mapa de degradación de suelos (fuente: SEMARNAT-Colegio de Posgraduados 2000, validado en campo).
- . Mapa de antropización de la vegetación (fuente: Priego y Enriquez 2003).
- . Mapa de paisajes hidrológicos de la cuenca Lerma-Chapala (fuente: PLADEYRA 2003).
- . Tenencia de la tierra (fuente: Registro Agrario Nacional).
- Diagnóstico socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala (fuente: Manejo Integral de Cuencas Hídricas-INE, [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx)).
- Mapa de uso actual del suelo (fuente: Instituto de Geografía-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) e Instituto Nacional de Ecología (INE) 2002).

## FASES METODOLÓGICAS

1. Se extrajo del mapa de paisajes hidrológicos las zonas funcionales por sub-cuencas de la cuenca del río Lerma-Chapala.
2. Se elaboró una matriz mediante el cruce de los principales procesos de degradación de suelos con el índice de antropización.
3. Integración de la matriz (punto 2) al interior de la zona funcional de cada subcuenca.
4. Caracterización de cada una de las subcuencas con atributos del uso dominante del suelo, la tenencia de la tierra y datos socioeconómicos.

## RESULTADOS

El cruce del mapa de sub-cuencas con el de paisajes hidrológicos permitió delimitar cada una de las zonas funcionales y conocer su extensión. En el cuadro 1 se observa que la mayoría de las subcuencas abarcan las zonas de cabecera y captación-transporte, y sólo cinco sub-cuencas comprenden las zonas de cabecera y de emisión. La cuenca de Cuitzeo es la única que

CUADRO 1. ZONAS FUNCIONALES DE CADA UNA DE LAS SUB-CUENCAS DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA

NOMBRE DE LA SUBCUENCA	SUPERFICIE	CABECERA		CAPTACIÓN Y TRANSPORTE		EMISIÓN	
	TOTAL	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
Lerma-Nevaldo de Toluca	1,543.06	452.6	29.33	1,090.5	70.67		
Lerma-Antonio Alzate	519.39	123.9	23.85	395.51	76.15		
Ignacio Ramírez	501.25	181.9	36.29	319.32	63.71		
Tepetitlán	369.03	161.4	43.74	207.63	56.26		
Lerma-Tepuxtepec	2,644.68	557.2	21.07	2,087.4	78.93		
Lerma-Solís	2,573.50	626.8	24.36	1,946.7	75.64		
Ceballos	37.16	37.16	100				
El Tigre	382.29	79.34	20.75	302.95	79.25		
Cuitzeo	3,812.31	907	23.79	1715.4	45.00	1,190	31.21
Lago de Pátzcuaro	937.54	407.3	43.44			530.3	56.56
Itzuhuachacolo	135.77	83.76	61.69			52.02	38.31
Paracho de Verduasco	220.74	150.4	68.11			70.38	31.88
Charapan	327.77	188.7	57.56			139.1	42.44
Laja-Ignacio Allende	6,910.23	1,958	28.34	4,951.8	71.66		
La Purísima	489.95	184.8	37.72	305.12	62.28		
Guanajuato	2510.08	378.8	15.09	2,131.3	84.91		
Río Turbio	4,802.86	941.1	19.59	3,861.7	80.41		
La Pólvara	307.06	63.05	20.53	244.01	79.47		
Zula	1,822.98	428.6	23.51	1,394.3	76.49		
Lago de Chapala	1,987.67					1,987.67	100
Pasión	404.51	170	42.01	234.56	57.99		
Lerma	5,813.86	996.2	17.14			4,818	82.86
Sahuayo de Morelos	907.40	435.8	48.02	471.6	51.98		
Huacamacato	648.69	256.1	39.47	392.62	60.53		
Duero	2,238.51	738.2	32.98	1,500.3	67.02		
Melchor Ocampo	2,119.74	614.5	28.99	1,505.2	71.01		
Yuriria	1,104.86	386.8	35.01	718.07	64.992		
Lerma-Laja	7,518.41	1,266	16.84	6,252.3	83.16		

abarca las tres zonas funcionales, mientras que la del Lago de Chapala incluye sólo la zona de emisión.

La distribución de los procesos de degradación de suelos dentro de cada subcuenca responde tanto a las variables naturales que determinan estos procesos (relieve, clima, erosionabilidad del suelo, cobertura vegetal) como a las prácticas de manejo.

Los procesos de degradación que se consideraron

para este análisis fueron: la erosión hídrica superficial, la erosión hídrica en cárcavas y la declinación de la fertilidad. Como se puede observar en el cuadro 5 de Priego *et al.* (en este mismo número), estos tres procesos abarcan más del 90% de la degradación de suelos.

La erosión hídrica superficial implica una remoción de parte del horizonte superficial del suelo mediante escurrimientos no concentrados.



CUADRO 2. ZONIFICACIÓN DE PROCESOS DE DEGRADACIÓN POR ZONAS FUNCIONALES DE CADA SUBCUENCA

NOMBRE DE LA SUBCUENCA	SUPERFICIE TOTAL DE LA SUBCUENCA (km <sup>2</sup> )	PROCESO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS-IACC	CABECERA		CAPTACIÓN Y TRANSPORTE	
			Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
Ignacio Ramírez	501.24	Hc	66.54	13.27	68.40	13.65
Lerma-Antonio Alzate	519.38	Qd-IACC medio			18.47	3.68
		Hc			67.41	12.98
La Purísima	489.95	Qd-IACC alto			246.08	47.38
		Hc			79.70	16.27
Huacamacato	648.68	Hs-IACC alto			73.33	11.31
		QD-IACC alto			230.08	35.47
Melchor Ocampo	2,119.71	Hs-IACC alto			304.40	14.36
Yuridia	1,104.85	HS-IACC alto			138.93	12.57
Ceballos	37.16	Hs-IACC alto	24.67	66.39		
		Qd-IACC alto	5.62	15.11		
Pasión	404.51	Qd-IACC medio	50.65	12.52		
Tepetitlán	369.02	Hs-IACC alto			64.64	17.52
		Hs-IACC muy alto			29.06	7.87
		Qd-IACC medio	42.21	11.44		
Sahuayo de Morelos	907.42	Qd-IACC alto	39.47	10.70		
		Qd-IACC medio	147.13	16.21		
Zula	1,822.96	Qd-IACC alto	238.84	13.10	1,014.06	55.63
Lerma-Tepuxtepec	2,644.89	Qd-IACC muy alto	10.09	0.38	68.18	2.58
El Tigre	382.28	Qd-IACC alto			152.60	39.92
Lerma-Laja	7,518.37	Qd-IACC alto			3,017.15	40.13
Lerma-Nevado de Toluca	1,543.04	Qd-IACC alto			709.64	45.99
Lerma-Solís	2,473.46	Qd-IACC alto			878.25	35.51
Guanajuato	2,510.06	Qd-IACC alto			1,256.78	50.07
Charapan	327.78	Hc				
Lago de Pátzcuaro	937.73	Hs-IACC alto				
		Qd-IACC medio				
Lago de Chapala	1,987.63	Qd-IACC medio				
Lerma	5,813.82	Qd-IACC alto				
		Qd-muy alto				

Siglas:

Degradación de suelos: Qd: *declinación de la fertilidad*; Hc: *erosión hídrica por cárcavas*; Hs: *erosión hídrica superficial*; IACC: *Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal*.

Uso actual: At: *agricultura de temporal*, Ar: *agricultura de riego*, P: *pastizal*, Vn: *vegetación natural*;

Tenencia de la tierra: Pp: *propiedad privada*, Sin inf.: *sin información*.

EMISIÓN		USO DE SUELO Y VEGETACIÓN					TENENCIA DE LA TIERRA		
KM <sup>2</sup>	%	AT	AR	P	VN	Pp	EJIDO	SIN INF.	COMUNAL
					X			X	
		X						X	
		X						X	
			X					X	
				X		X	X		
		X	X			X	X		
		X	X			X	X		
		X		X		X	X		
		X				X			
		X	X					X	
				X		X	X		
					X	X			
					X	X			
		X						X	
		X						X	
		X				X			
		X	X					X	
		X	X					X	
		X	X				X	X	
19.90	6.07	X						X	
83.15	8.87	X	X				X		
78.64	8.39	X				X			
220.43	11.09	X		X		X	X		
1,979.02	34.04	X	X			X	X		
250.27	4.30	X	X			X	X		

La erosión hídrica con cárcavas constituye la remoción concentrada del suelo mediante la formación de cárcavas. La declinación de la fertilidad corresponde a una compactación del suelo a aproximadamente 20 cm de profundidad por acción del excesivo paso de la maquinaria, poca incorporación de abono orgánico y decrecimiento neto de nutrientes.

Por otro lado, el Índice de Antropización de la Cobertura Vegetal del Paisaje (IACC) permite conocer el grado de modificación que presenta la cobertura vegetal de cada geocomplejo, ponderando los rangos de transformación por tipos de utilización (Priego *et al.* en este mismo número).

La integración de ambas variables nos permitió generar una matriz que nos introduce al mapa de zonas prioritarias para la eco-rehabilitación de la cuenca Lerma Chapala.

De forma general, como se ve en la figura 2 de Priego *et al.* (en este mismo número), los procesos de erosión hídrica son mayores en la cabecera y van disminuyendo con la cercanía de la zona de emisión, siendo la proporción mayor para la escorrentía hídrica superficial, mientras que la declinación de la fertilidad sigue el patrón contrario al ir aumentando en las aproximaciones de la zona de emisión. Es por ello, que en el cuadro 2 se observa que a excepción de tres subcuencas (Lago de Pátzcuaro, Lago de Chapala y Lerma), los procesos de degradación considerados se encuentran especialmente en la zona de captación-transporte y en la zona de cabecera.

Como explicamos anteriormente, la distribución de los procesos de degradación por zona funcional tiene repercusiones distintas en el funcionamiento hidro-ecológico de la cuenca. Sin embargo, ante la extensa cobertura de estos procesos en toda la cuenca fue necesario priorizar aquellas áreas donde se deberían concentrar los primeros esfuerzos de rehabilitación. Para ello, se consideraron las sub-cuencas que presentaban algún tipo de erosión hídrica, tanto por pérdida superficial del suelo como por cárcavas,

los cuales al ubicarse en cualquiera de las zonas funcionales originan las consecuencias en sitio y fuera de sitio, ya expuestos. En ese sentido, las áreas prioritarias se ubicaron en las sub-cuencas Ignacio Ramírez, Lerma-Antonio Alzate, Huacamacato, Tepetitlán, Ceballos y Charapan. En 20 de las subcuencas restantes (cuadro 2) el proceso de degradación dominante es el de la declinación de la fertilidad.

El planteamiento de la eco-rehabilitación o de cualquier proceso de recuperación de las funciones del suelo requiere no sólo del conocimiento de la composición del paisaje natural sino de las condiciones socioeconómicas y culturales que sustentan las prácticas de manejo. Al igual que con cualquier otra variable geográfica, la resolución a la cual se plantea esta propuesta de rehabilitación (1:250,000) obliga a utilizar información a escala regional. Ante ello se eligieron algunas variables que además de caracterizar las áreas prioritarias sirven de guía o referencia para el establecimiento de planes y programas de conservación/rehabilitación. En ese sentido, en el cuadro 2 presentamos el conjunto de las subcuencas distribuidas al interior de la cuenca Lerma-Chapala caracterizadas por atributos del uso actual dominante, lo cual ayuda a determinar el abanico de prácticas que se pueden ejecutar y de la tenencia de la tierra, la cual es necesaria para establecer los mecanismos que permitan la participación de la población en las acciones.

La información presentada en dicho cuadro nos muestra un panorama donde, de manera general, la erosión del suelo en forma de cárcavas se presenta principalmente en sistemas de agricultura de temporal, pastizal y vegetación natural.<sup>2</sup> La erosión superficial del suelo se presenta fundamentalmente en sistemas de agricultura de temporal y esporádicamente con agricultura de riego, vegetación natural y pastizal, tanto en tierras con tenencia ejidal como propiedad privada. Por último, los procesos de declinación de la fertilidad se dan con sistemas de agricultura,

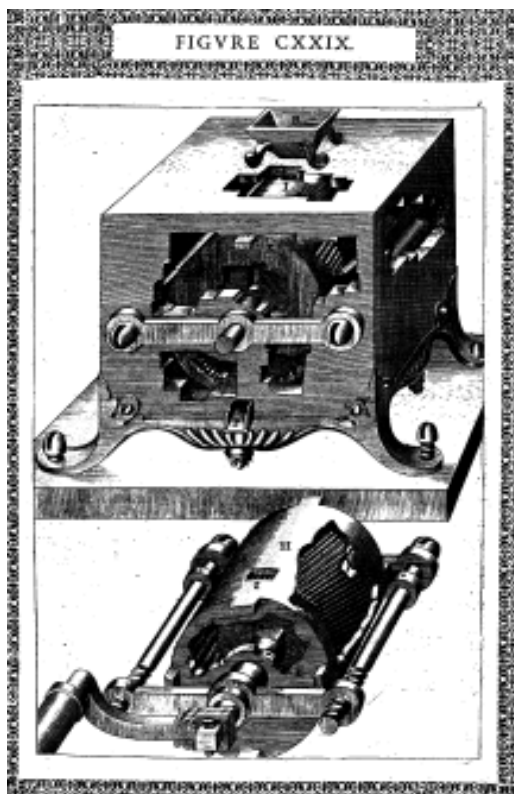
tanto de temporal como de riego, en tierras ejidales y de propiedad privada.

Además de esta información, las áreas prioritarias fueron caracterizadas mediante el Índice de Desarrollo Socio-económico dominante (Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas, [www.inegob.mx](http://www.inegob.mx)), indicativo del poder de inversión de la población en prácticas de conservación y de su capacidad de riesgo, entre otros, el Valor Agregado Censal Bruto,<sup>3</sup> el cual indica las principales fuentes generadores de ingreso en la zona y el grado de alfabetismo de la población mayor de 15 años (cuadro 3).

Estos atributos socio-económicos muestran claramente que mientras el VACB provenga principalmente del sector industrial, el desarrollo socioeconómico puede ser mayor que aquellas zonas donde el VACB proceda del sector servicios, donde el desarrollo socio-económico varía de medio a bajo y el nivel de alfabetismo es ligeramente inferior. Este tipo de información nos proporciona una idea general del tipo de actividades, nivel socioeconómico y por ende puede permitir la formulación de lineamientos generales para la participación de la población en políticas públicas concernientes a la conservación del suelo.

CUADRO 3. ATRIBUTOS SOCIOECONÓMICOS DE LAS SUBCUENCAS PRIORITARIAS AL INTERIOR DE LA CUENCA LERMA-CHAPALA

SUBCUENCAS PRIORITARIAS	VALOR AGREGADO CENSAL BRUTO		DESAROLLO SOCIOECONÓMICO POR MUNICIPIO			% POBLACIÓN > 15 AÑOS	
	INDUSTRIAL %	SERVICIOS %	ALTO	MEDIO	BAJO	ALFABETA	ANALFABETA
Ignacio Ramírez/ Antonio Alzate	74	26	Toluca Temoaya Zinacantepec	Almoloya Villa Victoria Temoaya Zinacantepec		90	10
Huacamacato	21	79		Churintzio Yurecuaro Ecuandureo La Piedad		89	11
Ceballos	12	88		Coroneo Huimilpan		80	20
Tepetitlán	13	87		San Felipe El Oro		75	25
Charapan	21	79		Charapan Paracho Uruapan		88	12



## CONCLUSIONES

Las causas del deterioro ecológico de la cuenca Lerma-Chapala responden a décadas de sistemas de producción, políticas públicas e incentivos de mercado, muchos de los cuales han estado erróneamente orientados en función de la demanda poblacional. Sin embargo, otra causa menos considerada radica en los paradigmas que han regido la conservación de los recursos naturales, en general y del suelo, en particular.

Una de las principales paradojas del suelo es su multifuncionalidad, lo que conlleva a la rivalidad entre usos concurrentes, por lo cual la conservación de este recurso debería considerarse como un problema transversal. Sin embargo, el énfasis de los programas de conservación reside en una única función que es la de soporte y fuente de nutrientes para cultivos. Por

ello, estos programas pocas veces se han sustentado en un diagnóstico integral. Asimismo, el uso de entidades administrativas, como unidades de estudio, dificulta la evaluación de las consecuencias de la degradación del suelo, especialmente, cuando su causa principal es el agua. Como ya se señaló, los procesos de erosión hídrica (dominantes en el país) impactan el ciclo hidrológico, disminuye la infiltración, aumentan el escurrimiento superficial, fomentan la pérdida de materia orgánica, indispensable para el mantenimiento del ecosistema y al mismo tiempo propician la pérdida de carbono del sistema, en forma de uno de los principales “gases de efecto invernadero”, por ello, estos procesos de degradación se entienden mejor en el contexto de una cuenca hídrica.

La integración de los tres procesos de degradación más importantes en la cuenca Lerma-Chapala, a saber: la erosión hídrica superficial, la erosión hídrica en forma de cárcavas y la declinación de la fertilidad, con el índice de antropización de la cobertura vegetal nos permitió determinar áreas prioritarias cuya rehabilitación permitiría reestablecer el funcionamiento hidro-ecológico de la cuenca. La evaluación de estos procesos al interior de las zonas funcionales de cada subcuenca implica el reconocimiento de la fragilidad y de la vulnerabilidad disímil de cada una de éstas zonas. A partir de este enfoque se ubicaron las áreas prioritarias en las subcuencas Ignacio Ramírez, Lerma-Antonio Alzate, Huacamacato, Tepetitlán, Cebalos y Charapan.

El nivel regional del análisis permite discernir que la erosión del suelo en forma de cárcavas se presenta principalmente ante sistemas de agricultura de temporal, pastizal y vegetación natural. La erosión superficial del suelo se presenta principalmente ante sistemas de agricultura de temporal y esporádicamente con agricultura de riego, vegetación natural y pastizal, tanto en tierras con tenencia ejidal como propiedad privada y que los procesos de declinación de la fertilidad se dan con sis-

temas de agricultura, tanto de temporal como de riego, en tierras ejidales y de propiedad privada.

Los mecanismos de participación de la población, el poder de inversión en prácticas de conservación y su interés pueden estar regidos, entre otros, por su nivel socioeconómico y sus actividades, los cuales fueron evaluados mediante el Índice de Desarrollo Socioeconómico, el Valor Agregado Censal Bruto y el grado de alfabetismo de la población mayor de 15 años.

El análisis regional, a escala 1:250,000, de los problemas ambientales y manejo de los recursos naturales en la cuenca Lerma-Chapala tiene la ventaja de poder evaluar la situación de la cuenca en su integralidad y de identificar las áreas prioritarias a rehabilitar para el funcionamiento hidro-ecológico de esta unidad hidrográfica. Sin embargo, este nivel de detalle sólo nos permite captar la situación ambiental y social genérica, a partir de la cual se tendrían que “abrir ventanas”, estudios a mayor detalle para definir las prácticas de conservación de suelos más adecuadas, los mecanismos indicados de incorporación de la población y de seguimiento de las medidas.

## NOTAS

- 1 Elaborado a partir del informe presentado a la Subsecretaría de Fomento y Normatividad Ambiental de la SEMARNAT.
- 2 Los terrenos que presentan este proceso no cuentan con información de tenencia de la tierra.
- 3 VACB: es la expresión monetaria del valor que se agrega a los insumos en la ejecución de las actividades económicas y se obtiene de restarle a la producción bruta total el importe de los insumos totales.

## BIBLIOGRAFÍA

Agencia Europea del Medio Ambiente y PNUMA 2002. *Con los pies en la Tierra: la degradación del suelo y el desarrollo sostenible en Europa*. Problemas medioambientales n° 16. Copenhague.



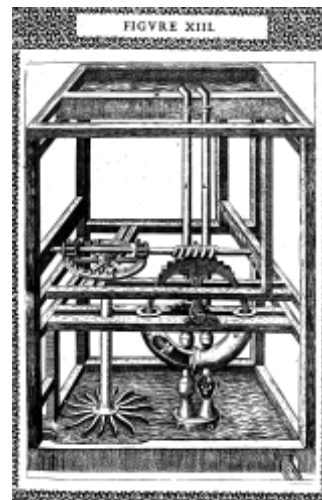
Brady C.N. y R.R. Weil 1999. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall. 881 pp.

Biot. Y., M.P., Blaikie, C. Jackson y R. Palmer-Jones 1995. *Rethinking research on land degradation in developing countries*. World Bank Discussion Papers 289, 94 pp.

Cotler, H. 2003. Características y manejo de suelos en ecosistemas templados de montaña. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters, O. Monroy-Vilchis (editores). *Conservación de ecosistemas templados de montaña en México*. Diplomado de capacitación y actualización sobre conservación de ecosistemas templados de montaña en México. SEMARNAT, INE, US Fish&Wildlife Service. Pp. 153-161.

De Graaf, J. 2000 *Downstream effects of land degradation and soil and water conservation*. Background paper 5, FAO, Roma.

- Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas 2003. Diagnóstico socio-ambiental de la cuenca Lerma-Chapala: [www.ine.gob.mx](http://www.ine.gob.mx).
- Hudson, W.N. 1991. *A study of the reasons for success or failure of soil conservation projects*. FAO Soils Bulletin 64.
- Instituto de Geografía-UNAM, INE 2002. Inventario Nacional Forestal a escala 1:250,000. Instituto de Geografía-UNAM e Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAT. Formato digital, CD ROM.
- Khan, M.A., V.P. Gupta y P.C. Moharana 2001. Watershed prioritization using remote sensing and geographical information system: a case study from Guhiya, India. *Journal of Arid Environment* 49: 465-475.
- Maass, J.M., y F. García-Oliva 1990. La conservación de suelos en zonas tropicales: el caso de México. *Ciencia y Desarrollo* XV(90): 21-36.
- Pagiola, S. 1999. *The global environmental benefits of land degradation control on agricultural land*. World Bank Environment Paper 16, Washington D.C.
- PLADEYRA S.C. (Planeación, Desarrollo y recuperación ambiental) 2003. Estudio de paisajes hidrológicos y balance hídrico de la cuenca Lerma Chapala. 83 pp.
- Priego, A. y C. Enriquez 2003. Antropización de la cobertura vegetal del paisaje en la cuenca Lerma-Chapala, México a escala 1:250,000. Instituto Nacional de Ecología de la SEMARNAT. [www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/mapa\\_antropizacion.html](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/mapa_antropizacion.html).
- Priego, A., H. Cotler, A. Fregoso, N. Luna, y C. Enríquez, 2004. La dinámica ambiental de la cuenca Lerma-Chapala. *Gaceta ecológica* 71. INE, México.




---

**Helena Cotler.** Directora en Manejo Integral de Cuencas Hídricas, INE. Correo-e: [hcotler@ine.gob.mx](mailto:hcotler@ine.gob.mx).  
**Ángel G. Priego Santander.** Instituto de Geografía, UNAM. Correo-e: [agpriego@igiris.igeograf.unam.mx](mailto:agpriego@igiris.igeograf.unam.mx).  
**Claudia Rodríguez.** Subdirectora de Aspectos Socioeconómicos en Cuencas, INE. Correo-e: [crodrig@ine.gob.mx](mailto:crodrig@ine.gob.mx).  
**Carlos Enríquez Guadarrama.** Jefe de Departamento del Medio Físico Regional y Local, INE. Correo-e: [cenrique@ine.gob.mx](mailto:cenrique@ine.gob.mx).