

# Sustentabilidad y desarrollo ambiental

José Luis Calva  
*Coordinador*

Francisco Aguayo  
Patricia Ávila García  
Eckart Boege  
Flor Brown-Grossman  
Julia Carabias  
Roberto M. Constantino Toto  
Gonzalo Chapela  
Lilia Domínguez Villalobos  
José Ignacio Fernández Méndez  
Rosalba Landa  
José Manuel Maass Moreno  
Jesús Manuel Macías  
Sergio Madrid  
Omar Masera  
Adolfo Mejía Ponce de León  
Carlos Muñoz Piña  
Alejandro Nadal  
Úrsula Oswald Spring  
Enrique Provencio  
Víctor Manuel Toledo

## Agenda para el desarrollo

Volumen 14



**CONICER**  
PARA  
EN APOYO A LA  
INVESTIGACIÓN  
ACADÉMICA

Miguel Ángel  
  
Porrúa



H. CÁMARA DE DIPUTADOS  
LX LEGISLATURA



**CONOCER PARA DECIDIR** se denomina la serie que en apoyo a la investigación académica en ciencias sociales, la Cámara de Diputados, LX Legislatura, ha acordado participar en coedición refrendando el histórico y constante interés del H. Congreso de la Unión por publicar obras trascendentes que impulsen y contribuyan a la adopción de las mejores decisiones en políticas públicas e institucionales para México, en su contexto internacional, a efecto de atender oportunamente las diversas materias sobre las que versa el quehacer legislativo.

La H. Cámara de Diputados, LX Legislatura, establece el acuerdo de coeditar con diferentes instituciones académicas, organismos federales y estatales, así como con autores y asociaciones independientes, investigaciones académicas y expresiones culturales de interés nacional, que coadyuven a las tareas propias del legislador mexicano.

**Sustentabilidad y  
desarrollo ambiental**



**Agenda para el desarrollo**

*Volumen 14*

## **Agenda para el desarrollo**

*Globalización y bloques económicos: mitos y realidades*

Volumen 1

*Desarrollo económico: estrategias exitosas*

Volumen 2

*México en el mundo: inserción eficiente*

Volumen 3

*Macroeconomía del crecimiento sostenido*

Volumen 4

*Finanzas públicas para el desarrollo*

Volumen 5

*Financiamiento del crecimiento económico*

Volumen 6

*Política industrial manufacturera*

Volumen 7

*Política energética*

Volumen 8

*Desarrollo agropecuario, forestal y pesquero*

Volumen 9

*Educación, ciencia, tecnología y competitividad*

Volumen 10

*Empleo, ingreso y bienestar*

Volumen 11

*Derechos y políticas sociales*

Volumen 12

*Políticas de desarrollo regional*

Volumen 13

*Sustentabilidad y desarrollo ambiental*

Volumen 14

*Democracia y gobernabilidad*

Volumen 15

# Sustentabilidad y desarrollo ambiental

José Luis Calva  
*Coordinador*

Francisco Aguayo, Patricia Ávila García, Eckart Boege, Flor Brown-Grossman, Julia Carabias, Roberto M. Constantino Toto, Gonzalo Chapela, Lilia Domínguez Villalobos, José Ignacio Fernández Méndez, Rosalva Landa, José Manuel Maass Moreno, Jesús Manuel Macías, Sergio Madrid, Omar Masera, Adolfo Mejía Ponce de León, Carlos Muñoz Piña, Alejandro Nadal, Úrsula Oswald Spring, Enrique Provencio, Víctor Manuel Toledo

*Textos*



Miguel Ángel  
**Porrúa**



MÉXICO

2007

Esta investigación, arbitrada por pares académicos,  
se privilegia con el aval de la institución coeditora.

La H. CÁMARA DE DIPUTADOS, LX LEGISLATURA,  
participa en la coedición de esta obra al incorporarla  
a su serie CONOCER PARA DECIDIR

Primera edición, marzo de 2007

© 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
Ciudad Universitaria, 04510, México, D.F.  
DIRECCIÓN GENERAL DE PUBLICACIONES Y FOMENTO EDITORIAL

Diseño: Miguel Marín

Formación: Gráfica UVE

Apoyo: Arely Torres

Cuidado de edición: Patricia Parada y Patricia Zama

ISBN: 970-32-3532-8 (Obra completa)

ISBN: 970-32-3546-8 (Volumen 14)

© 2007

MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor  
Diseño de forros, impresión y terminado

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta del contenido de la presente obra, sin contar previamente con la autorización por escrito de los editores en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables.

IMPRESO EN MÉXICO



PRINTED IN MEXICO

[www.maporrúa.com.mx](http://www.maporrúa.com.mx)

Amargura 4, San Ángel, Álvaro Obregón, 01000, México, D.F.



## Presentación

Una de las funciones primordiales de la Universidad Nacional Autónoma de México es contribuir a la solución de los problemas nacionales mediante el análisis de la compleja realidad en que se desenvuelve nuestro país, y la aportación de propuestas razonadas y viables que impulsen la participación de todos los sectores de la sociedad.

La tradición universitaria de "pensar la nación" adquiere en el inicio del siglo XXI una trascendencia fundamental, ya que la situación económica, política y social de México demanda el esfuerzo conjunto tanto del Estado como de la sociedad para definir con claridad el rumbo que deberá tomar el país en los próximos años, con el fin de avanzar en la construcción de una realidad más justa y equitativa para los mexicanos.

Siguiendo ese hábito de reflexión profunda e inteligente, la UNAM convocó a más de doscientos destacados investigadores de las principales instituciones académicas del país, tanto públicas como privadas, a participar en el seminario "Agenda del Desarrollo 2006-2020", con el objetivo de realizar un análisis integral de los grandes problemas económicos, sociales y ambientales de México, y proponer soluciones creativas y factibles para establecer políticas públicas que respondan a la compleja realidad actual de nuestro país.

Los trabajos presentados se dividieron en quince seminarios modulares donde participaron académicos provenientes de instituciones tales como el Instituto Politécnico Nacional, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad de Guadalajara, la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, así como de las universidades autónomas de Chihuahua, Nuevo León y Zacatecas; el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, el Instituto Nacional de Antropología e Historia, El Colegio de la Frontera Norte, el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, y también de la Universidad Iberoamericana, el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, y el Centro de Investigación y Docencia Económicas, entre otras.

En estas sesiones, los investigadores expusieron y discutieron sus diagnósticos y propuestas con libertad, independencia y rigor intelectual. Posteriormente, esas ideas fueron estructuradas en conferencias magistrales como parte del Seminario General realizado en el Palacio de Minería, del 22 de mayo al 2 de junio de 2006.

Con la publicación de los trabajos finales en una serie de libros se pretende llevar a un público más amplio los frutos de este ejercicio de reflexión abierta y plural, confiando en que contribuyan al debate nacional sobre el presente y el futuro del país.

La serie está integrada por quince libros agrupados temáticamente. Dada la riqueza de cada una de las propuestas, sólo me refiero a algunos aspectos generales, sobre los que es importante llamar la atención del lector, precisamente, a manera de presentación.

Los tres primeros tomos abordan el análisis económico y político internacional que define el margen de maniobra de nuestro país, para instrumentar una estrategia de desarrollo factible y eficaz. Una inquietud recorrió los trabajos del seminario en este tema: la necesidad de emprender una estrategia alterna, propia, adecuada a las características y necesidades de la realidad mexicana. Resulta claro que México debe cambiar su actitud ante el proceso de globalización, dejar atrás la pasividad ante los fenómenos de la mundialización y adoptar una estrategia más eficiente de inserción en los procesos globales.

La diversidad de las estrategias de desarrollo y de inserción a los procesos globales no está cancelada para ningún país que se lo proponga. Así lo demuestra el caso de China, por citar un ejemplo por demás exitoso. La estrategia de México debería incluir, entre otros muchos aspectos, el impulso al mercado interno, la integración de cadenas productivas a la exportación, el apoyo riguroso a la formación de recursos humanos, la ciencia y la tecnología; la defensa de nuestros recursos naturales, y la diversificación del comercio exterior, sobre todo con Latinoamérica y Asia.

Los siguientes tres libros se ocupan de los problemas macroeconómicos, las finanzas públicas, y los sistemas de ahorro y financiamiento del desarrollo. Se comprueba con evidencias empíricas que una liberalización económica no necesariamente se traduce en mejores niveles de bienestar para la población. Por ello se proponen nuevos caminos de acción para promover el crecimiento sostenido del producto nacional y el empleo, mediante la adopción de una visión integral de la estabilidad macroeconómica que, sin descuidar las variables financieras, comprenda también la estabilidad de los aspectos reales de la economía, que son los que más afectan y preocupan a la mayoría de la población.

Resulta importante destacar las propuestas de los especialistas para incrementar significativamente los ingresos tributarios de Estado, de manera que disponga de mayores recursos para cumplir eficazmente con sus responsabilidades. Se plantea ampliar la base de contribuyentes y de ingresos sujetos a tributación, mediante el gravamen al capital, ganancias y dividendos, y no al trabajo ni al consumo; el combate decidido a la evasión fiscal, la eliminación de exenciones distorsionantes, y la modernización y simplificación del sistema tributario. Con ello, dicen los autores, sería posible incrementar la recaudación fiscal en más de 10 por ciento del PIB, recursos que podrían ser utilizados para impulsar el desarrollo económico y elevar las condiciones de vida de la población más desprotegida.

Los tres volúmenes siguientes incluyen el análisis y el desarrollo de una estrategia industrial eficaz para los sectores manufacturero, energético, agropecuario, forestal y pesquero. Con el fin de elevar considerablemente el ahorro interno y la inversión, se sugiere desplegar una política industrial con instrumentos sectoriales de fomento, con base en las diferencias regionales, tecnológicas, financieras y sociales de cada conjunto de empresas, sobre todo las medianas y pequeñas, que son

las que enfrentan los mayores retos a la hora de competir y son a su vez, las que sostienen la planta laboral del país.

Se establece con claridad y firmeza que las industrias petrolera y eléctrica deben seguir siendo responsabilidad del Estado, pero se debe impulsar su crecimiento y modernización a través de la reestructura de la carga fiscal a la que están sometidas en la actualidad; el establecimiento de un nuevo esquema tarifario, y el impulso a la utilización de tecnologías propias y formas alternativas y renovables de energía, todo ello en el marco de un plan nacional energético con visión de largo plazo.

El campo ocupó un lugar especial en la discusión. Los especialistas coinciden en señalar que sin la solución a los problemas del campo la viabilidad del país está comprometida. Para impulsar el dinamismo del sector rural y agrícola, es necesario desarrollar múltiples acciones de fomento a los pequeños productores, diversificación de cultivos, redefinición de precios, apertura de créditos y compromisos de inversión pública.

El décimo volumen se refiere a la educación y la capacitación que se requiere para hacer frente a los retos que plantea un entorno cambiante y cada vez más competitivo. Para ello no sólo es necesario reforzar el sistema educativo en todos sus niveles sino invertir decididamente en investigación científica e innovación tecnológica, ya que la productividad y la riqueza de las naciones están determinadas por la investigación, el desarrollo e innovación tecnológicos, así como la capacitación permanente de sus ciudadanos.

Aquí cabe destacar un señalamiento fundamental: la eficiencia competitiva no es cuestión sólo de buena voluntad, hay que pasar a una posición realista donde el Estado asuma y cumpla eficazmente sus responsabilidades en el desarrollo económico y social de México.

Los dos siguientes volúmenes abordan los aspectos sociales de la política económica: el empleo, la migración internacional, la distribución del ingreso, la salud, la seguridad social, la nutrición, la vivienda, la diversidad étnica y de género. Se proponen políticas que contemplen el empleo y el bienestar como objetivos intrínsecos, y aquellos que son indispensables para el desarrollo humano integral, que no se agotan en acciones asistencialistas de combate a la pobreza. La equidad y la erradicación de la pobreza deben ser concebidas como parte integral del funcionamiento de la economía, y no como un simple rezago susceptible de superarse a través de mecanismos bien intencionados de compensación social.

Una propuesta interesante consiste en aplicar una visión integral y moderna de los derechos humanos que incluya no sólo los derechos civiles, sino también los económicos, sociales, ambientales y culturales, conformándose un nuevo "derecho a un nivel mínimo de bienestar", capaz de satisfacer necesidades de alimentación, vestido, vivienda, salud y esparcimiento.

En el volumen trece se pone énfasis en la necesidad de establecer una estrategia de desarrollo regional que se desenvuelva en dos vertientes: una geoestrategia nacional de largo plazo, mediante la cual México aproveche mejor las oportunidades del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, y otra geoestrategia interna, que incluya la planeación territorial, la integración regional de las

políticas públicas y la descentralización de recursos, como palancas de un desarrollo más equitativo e incluyente en las diversas regiones que conforman el país.

En el siguiente volumen se definen los caminos y los instrumentos de política pública que permitirían lograr un desarrollo sustentable mediante el uso racional de los recursos naturales, el respeto a la biodiversidad, el combate a la contaminación y la prevención de desastres. Se plantea la necesidad de encontrar un sano equilibrio entre la mano invisible del mercado y el papel regulador y normativo del Estado.

El último volumen se refiere a los asuntos de la democracia: la representación ciudadana, el federalismo, la autonomía municipal, la participación ciudadana y la gobernabilidad incluyente, entre otros. La introducción de estos temas en un seminario eminentemente económico, asume que la verdadera democracia supone la participación de los ciudadanos en la toma de decisiones, entre ellas las económicas, y que son éstas las que afectan en mayor medida la vida cotidiana de las personas. Las instituciones públicas, pero sobre todo aquéllas encargadas de definir y aplicar las políticas económicas deben servir a los intereses superiores de la nación. En la participación ciudadana cobra verdadero sentido la interacción entre las decisiones económicas y las decisiones democráticas.

Democrático y plural también ha sido el ejercicio de análisis y discusión que animó el trabajo de estos destacados académicos, cuyas opiniones críticas e independientes —sustentadas en largas y prestigiosas trayectorias de investigación y docencia— sirvieron para dar cuerpo a esta obra, que resulta fundamental para entender la compleja situación por la que atraviesa nuestro país y conocer los caminos por los que podemos transitar como nación, acaso con menos sobresaltos.

La Universidad Nacional Autónoma de México reconoce el trabajo de los participantes en el seminario, así como el de las instituciones de las cuales forman parte. Su esfuerzo y su talento refrendan el genuino espíritu universitario: la objetividad y el rigor desde donde deseamos contribuir al desarrollo de la nación mexicana mediante el análisis y la discusión informada.

"Por mi raza hablará el espíritu"

JUAN RAMÓN DE LA FUENTE  
*Rector de la Universidad  
Nacional Autónoma de México*



## Contenido

<b>Prólogo</b>	
<i>José Luis Calva</i> _____	11
<b>Primera sección: Economía y medio ambiente: sustentabilidad del desarrollo</b>	
Medio ambiente y desarrollo sustentable en México	
<i>Alejandro Nadal</i> _____	17
Propuestas para la mejor integración económico-ambiental	
<i>Enrique Provencio</i> _____	33
El gasto ambiental: diagnósticos y reflexiones de política	
<i>Lilia Domínguez Villalobos y Flor Brown-Grossman</i> _____	43
<b>Segunda sección: Recursos naturales y aprovechamiento sustentable</b>	
Recursos naturales y sustentabilidad: una perspectiva institucional y de acción colectiva	
<i>Roberto M. Constantino Toto</i> _____	57
Lineamientos básicos para una política forestal de Estado	
<i>Gonzalo Chapela y Sergio Madrid</i> _____	80
Hacia un programa nacional de manejo sustentable de ecosistemas en México	
<i>José Manuel Maass Moreno</i> _____	89
La pesca como disyuntiva: ¿recurso natural a conservar o producción a fomentar?	
<i>José Ignacio Fernández Méndez</i> _____	100
<b>Tercera sección: Perspectivas frente a los problemas del agua</b>	
Nuevas perspectivas frente a los problemas del agua en México	
<i>Rosalva Landa y Julia Carabias</i> _____	117
Las cuencas hidrológicas de México y su vulnerabilidad socioambiental por el agua	
<i>Patricia Ávila García</i> _____	133
Análisis del subsidio a la tarifa 09	
<i>Carlos Muñoz Piña</i> _____	162

#### **Cuarta sección: Biodiversidad, recursos genéticos y áreas naturales protegidas**

Biodiversidad, recursos genéticos y áreas naturales protegidas <i>Eckart Boege y Víctor Manuel Toledo</i>	191
--	-----

#### **Quinta sección: Cambio climático y emisores de gases de invernadero**

Mitigación de gases-invernadero e innovación en el sector industrial en México <i>Francisco Aguayo</i>	217
Opciones de captura de carbono en los sectores forestal y agrícola de México <i>Omar Maserá, René D. Martínez B., Bernardus H.J. de Jong, Jorge Etchevers y Claudio Balbontin</i>	234

#### **Sexta sección: Manejo de residuos peligrosos**

El manejo de residuos peligrosos en México <i>Adolfo Mejía Ponce de León</i>	251
---	-----

#### **Séptima sección: Desastres por fenómenos naturales: riesgos, vulnerabilidades y políticas de prevención**

Desastres naturales: riesgos, vulnerabilidades, políticas de prevención <i>Úrsula Oswald Spring</i>	267
Estado y desastres: deterioro, retos y tendencias en la reducción de desastres en México <i>Jesús Manuel Macías M.</i>	290



## Prólogo

Lograr un crecimiento económico que conserve y enriquezca en vez de destruir las bases naturales en las que inevitablemente se asienta la actividad humana, constituye un parámetro y objetivo esencial de una estrategia consistente de desarrollo sustentable, que es imperativo de nuestro tiempo. Hoy día, la degradación ambiental es una realidad cuyas expresiones se encuentran en prácticamente todas las regiones de nuestro país, alcanzando en muchas de ellas signos de gravedad que afectan las potencialidades del desarrollo económico nacional y la calidad de vida de la mayoría de los mexicanos.

Ciertamente, el deterioro ambiental característico de la era industrial se originó bajo el modelo de industrialización sustitutivo de importaciones, pero durante las últimas décadas —no obstante los tratados internacionales suscritos por México y la legislación ambiental decretada desde los años noventa— no se ha contenido el deterioro ambiental, sino que se ha agravado por el impulso a la industria maquiladora (incluso generadora de emisiones tóxicas y residuos sólidos peligrosos), la admisión creciente de desechos químicos y radiactivos procedentes de Estados Unidos y la laxitud en el cumplimiento de las normas ambientales, tanto por insuficiencia del gasto público ambiental, como por deficiencias institucionales y en políticas de desarrollo sustentable.

En lo rural, el deterioro ecológico se expresa en los procesos de erosión (que afectan en distinto grado aproximadamente a 75% del territorio) y en la deforestación (que representa una pérdida de alrededor de 600 000 hectáreas de bosques por año). Además, los procesos de salinización, la contaminación de suelos y aguas por excesivo uso de agroquímicos, la sobreexplotación de acuíferos, la dilapidación del agua de riego, el sobrepastoreo en enormes superficies del norte árido y semiárido que no sólo degrada suelos sino también amenaza con la extinción de 60% de las especies silvestres del área; así como la pérdida paulatina generalizada de nuestra biodiversidad, son fenómenos que no sólo afectan la calidad de la vida humana, sino que representan pérdidas de potencial productivo.

La actividad industrial está generando alrededor de 4 millones de toneladas anuales de desechos que no reciben tratamiento adecuado y que afectan la salud humana y alteran —a veces de manera irreversible— los ecosistemas. A lo anterior se suma la contaminación vehicular (que en la ciudad de México genera dos tercios de las emisiones) y la contaminación generada por servicios, que conjuntamente con la industria hacen que las principales zonas urbanas del país, y no sólo el área metropolitana de la ciudad de México, tengan ya una calidad de vida seriamente menguada por la degradación ambiental.

El impulso que el modelo neoliberal ha otorgado al desarrollo acelerado de la industria maquiladora —mediante una política de bajos salarios, normas ambientales laxas y nula exigencia de integración nacional y de compromisos de desempeño industrial— ha afectado el ambiente de las ciudades fronterizas por las emisiones contaminantes y la generación de residuos sólidos, que en una elevada proporción no son regresados a Estados Unidos de acuerdo con los convenios binacionales, sino que se depositan en territorio mexicano a cielo abierto, afectando la calidad del aire y causando riesgos de accidentes químicos e incidencia de malformaciones congénitas en niños de madres trabajadoras o residentes en áreas aledañas. Además, como señaló con preocupación la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos a finales de los noventa, más de la mitad de las industrias maquiladoras de la zona fronteriza “consumen, procesan o producen materiales tóxicos (solventes, aceites, plásticos, ácidos, etc.), que sin tratar se descargan a los canales del agua”, contaminando los principales ríos que llevan estas sustancias al mar (véase OCDE, *Desarrollo regional y política estructural en México. Perspectivas*, París, 1998).

La conversión de México en basurero de desechos radiactivos y químicos procedentes de Estados Unidos representa también un grave problema ecológico. Se estima que los países en desarrollo reciban cada año alrededor de 40 millones de toneladas de basura tóxica; y se considera que en territorio mexicano existen varios millones de toneladas de desechos peligrosos, parte de los cuales son metales nucleares y fluidos de amoníaco provenientes de Estados Unidos. “La zona fronteriza —señaló la OCDE al finalizar los noventa— recibe gran cantidad de desperdicios de EUA que se depositan a lo largo de los 3 200 km de frontera; y la Secretaría del Medio Ambiente es incapaz de determinar la cantidad exacta de estos desperdicios”.

La contaminación de nuestras aguas ha alcanzado también dimensiones alarmantes. Sistemas hidrológicos enteros (como las cuencas de los ríos Lerma, Cutzamala, Tula, Mayo, Yaqui, Colorado, Blanco y Coatzacoalcos), se encuentran gravemente degradados por la sobreexplotación de los recursos hídricos y por la descarga de desechos sólidos y residuos químicos agrícolas e industriales, que afectan también en distintos grados al resto de las 31 cuencas hidrológicas más importantes del país. Las descargas de desechos industriales, agrícolas y urbanos, afectan igualmente a nuestros mares, donde los equilibrios ecológicos se ven además deteriorados por la sobreexplotación de especies comerciales y la pesca indiscriminada de fauna de acompañamiento.

La asignación de recursos por la mano invisible del mercado tiende, de manera natural, a la mayor ganancia en el menor tiempo y, por tanto, a disminuir los *costos privados* de producción sin considerar los *costos sociales*: ambientales y humanos.

Precisamente los criterios puramente económicos de corto plazo, fueron incentivo relevante para que fábricas contaminantes se reubicaran en nuestro país. Por ello, es prioridad nacional el cumplimiento de nuestra legislación ambiental y de los acuerdos paralelos del TLCAN en materia ecológica, así como su ulterior perfeccionamiento para eliminar realmente la ventaja comparativa de la degradación ecológica y mejorar la calidad del ambiente.

Los poderes públicos deben cobrar plena conciencia de la alarmante gravedad de esta problemática, así como de los caminos y principios técnicos y económicos de su solución con visión de Estado, *ergo* sobre horizontes de planeación de corto, mediano y largo plazos. No hay que olvidar que la pesada herencia de degradación ambiental está unida con la permanencia de intereses y relaciones de poder que han conducido a la dilapidación de los recursos naturales y al daño ecológico. En consecuencia, el problema de la degradación ambiental se identifica con el problema general de los destinos nacionales; es decir, con la búsqueda de un sano equilibrio entre la mano invisible del mercado y el papel regulador y promotor del Estado como representante del bien común, incluido el bienestar de los futuros herederos (hoy niños) del ambiente que ahora se mejore o destruya.

El desarrollo ambiental requiere, desde luego, cuantiosos recursos económicos, cuya consecución sólo es factible mediante una amplia conciencia del interés común. Porque las más factibles fuentes de recursos para la preservación y mejoramiento ambiental consisten, precisamente, en diversas formas de *internización de los costos ambientales*. Los caminos son múltiples y han sido ya probados en otros países, incluidos los impuestos ecológicos que gravan actividades ambientalmente perniciosas (emisiones de gases tóxicos, descargas de aguas con desechos dañinos, explotación de recursos naturales, consumos inapropiados de energía, ocupación contaminante de la tierra, etc.), utilizando los recursos provenientes de dichos impuestos en acciones de restauración ecológica y mejoramiento ambiental.

Pero, sobre todo, la inducción de tecnologías apropiadas para el uso racional de los recursos naturales deben multiplicarse, mediante la aplicación de sistemas coherentes de incentivos y desincentivos. Por ejemplo, se estima que la salinización de los suelos —que afecta una importante proporción de las tierras agrícolas irrigadas de México, sobre todo en el noroeste— es principalmente consecuencia de técnicas inadecuadas de irrigación. Más aún, las técnicas ineficientes de riego contribuyen al agotamiento del agua, por los altos niveles de desperdicio en la red de canales de distribución y por el derroche de aguas en los campos de producción, cuyas dimensiones son tales que se estima podría cultivarse la misma superficie irrigada que hoy se cultiva (5.4 millones de hectáreas) con la mitad del agua que hoy se utiliza (tanto de aguas superficiales, como de aguas subterráneas: véase Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, *Evaluación de los efectos ambientales del TLCAN*, Montreal, 1999).

Hay que poner punto final a la falsa economía que dilapida nuestros recursos naturales y degrada el ambiente de vida de los mexicanos. El desarrollo futuro de México debe planificarse con sólidos criterios de sustentabilidad, *id est* de preservación de nuestro patrimonio natural y de responsabilidad ecológica. En consecuencia, el Estado debe asumir plenamente su carácter de representante del interés común de la nación, normando, vigilando y promoviendo la utilización racional de nuestros recursos naturales y el mejoramiento ambiental.

En suma: regular los procesos productivos y de consumo, introduciendo incentivos para utilizar mejor los recursos, minimizar impactos ambientales y restaurar ecosistemas; diseñar e instrumentar

políticas que incluyan, entre sus criterios de eficiencia económica, la eficiencia en el uso, preservación y restauración de los recursos naturales; y, en general, pasar a una estrategia que considere congruentemente la *sustentabilidad ambiental* como elemento nodal de un verdadero desarrollo económico, es tarea de la más alta prioridad nacional.

*José Luis Calva*



**Primera sección**  
**Economía y medio ambiente:**  
**sustentabilidad del desarrollo**



## Medio ambiente y desarrollo sustentable en México

*Alejandro Nadal\**

Existe una fuerte controversia sobre el impacto del desarrollo económico sobre el medio ambiente y sobre el desarrollo sustentable. Por un lado están los que consideran que el crecimiento del ingreso per cápita es una solución a los problemas del deterioro ambiental y el desgaste de la base de recursos naturales. Por el otro encontramos aquellos autores que sostienen que el crecimiento y, en especial, las modalidades de la globalización de mercados bajo un esquema neoliberal, representan una seria amenaza para el medio ambiente e imposibilitan el desarrollo sustentable.

En este debate ocupa un lugar importante la llamada curva ambiental de Kuznets. Este modelo conceptual pretende encontrar una relación entre el aumento del ingreso per cápita y el mejoramiento del medio ambiente a través de una curva en forma de U invertida. La curva ambiental de Kuznets (েকс, por sus siglas en inglés) es un modelo heurístico que permite organizar el debate sobre ese complejo de relaciones. Se trata de uno de los enunciados más completos sobre las relaciones a nivel macro entre economía y medio ambiente, aunque no el más acabado desde el punto de vista conceptual, como veremos en este trabajo.

La primera sección del ensayo examina críticamente el modelo екс y sus principales críticas. El objetivo es extraer el potencial analítico del modelo heurístico para usarlo en nuestro análisis de la economía mexicana. La segunda sección se concentra en la aplicación de este modelo екс para México con el fin de examinar cuál es el horizonte temporal requerido para alcanzar el nivel en el que el deterioro ambiental comienza a reducirse y lo que esto representa para la viabilidad de la economía mexicana en el caso en que se mantengan las tendencias actuales. En este contexto se discuten los principales resultados e implicaciones del sistema de cuentas nacionales ecológicas. El ensayo concluye con una reflexión final sobre la necesidad de diseñar y adoptar una estrategia de desarrollo sustentable para México.

---

\* El Colegio de México.

## La curva ambiental de Kuznets

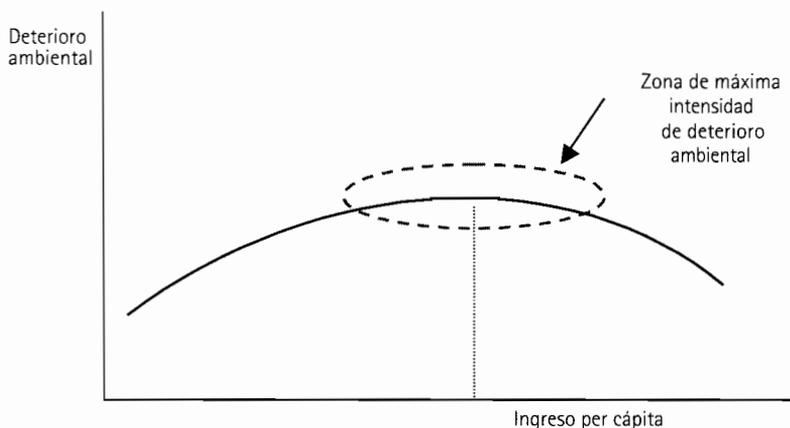
El modelo de la EKC considera que existe una relación entre medio ambiente y nivel de ingreso per cápita similar a la que examinó Kuznets (1955) para la desigualdad en la distribución del ingreso y el crecimiento. La gráfica de esa relación tiene la forma de una U invertida, midiendo el ingreso per cápita sobre el eje de la abscisa y algún indicador de deterioro ambiental en el eje vertical. En apariencia, la lógica de esta relación es sencilla.

Para Kuznets, el crecimiento económico trae aparejado un proceso de cambio estructural del que forma parte la concentración del ingreso. Por ejemplo, al reducirse la importancia del sector agrícola en el crecimiento y favorecerse el sector manufacturero, se pasa a descansar más en industrias intensivas en capital y eso implica nuevos requerimientos de financiamiento que sólo pueden satisfacerse a través de la concentración del ingreso.

La analogía con la curva ambiental de Kuznets se debe a Selden y Song (1994) y su planteamiento sostiene que al iniciarse el crecimiento del ingreso per cápita se coloca una mayor presión sobre el medio ambiente y se sufre un deterioro. Sin embargo, al alcanzarse un umbral en el nivel del ingreso per cápita se presentan cambios estructurales y en la tecnología que detienen el deterioro y hasta lo revierten. El cambio estructural está relacionado con la declinación de industrias contaminantes y el auge de actividades limpias. El cambio técnico está asociado a la adopción de procesos menos contaminantes y tecnologías que reducen el impacto ambiental. Finalmente, uno de los postulados centrales es que la calidad ambiental es un bien normal y que su demanda se incrementa al aumentar el ingreso. Como puede observarse en la gráfica 1, el umbral coincide con la fase de mayor presión sobre el medio ambiente.

Gráfica 1

### La curva ambiental de Kuznets (EKC)



La curva de la gráfica indica que el crecimiento económico no sólo no es dañino para el medio ambiente, sino que a la larga contiene la solución para detener el deterioro ambiental. El umbral de la transición entre el segmento con pendiente positiva y el resto de la curva depende de muchos factores, pero algunos estudios consideran que los países miembros de la OCDE llegaron a ese punto cuando alcanzaron un ingreso per cápita de unos 12 mil dólares. Este aparato conceptual ha sido utilizado por muchos autores para justificar la apertura comercial, argumentando que el libre comercio acelera el crecimiento económico y eso acarrea un beneficio ambiental. Este tipo de argumentación ignora que el libre comercio no necesariamente está asociado con el crecimiento. Además, se supone de entrada que existe la relación que expresa la EKC, como si se tratara de una realidad que no necesita demostración. Lo más grave es que se deja de lado un análisis crítico de los principales componentes de la EKC. En los párrafos siguientes examinamos varias críticas importantes dirigidas a este modelo.

La EKC ha sido utilizada en muchos estudios para examinar la relación entre cambios macroeconómicos (por ejemplo los derivados de la apertura comercial) y el medio ambiente. Algunas referencias sobre estos y otros estudios que aplican el modelo de la EKC se encuentran en Cavlovic *et al.*, 2000. Uno de los estudios más citados sobre esta relación es el que aparece en el Informe del Banco Mundial (World Bank, 1992) basado en un análisis de corte transversal para varios países. La principal conclusión de ese trabajo es que la intensidad de contaminación atmosférica por unidad de producto bruto aumenta inicialmente con el crecimiento y después de cierto punto, disminuye.

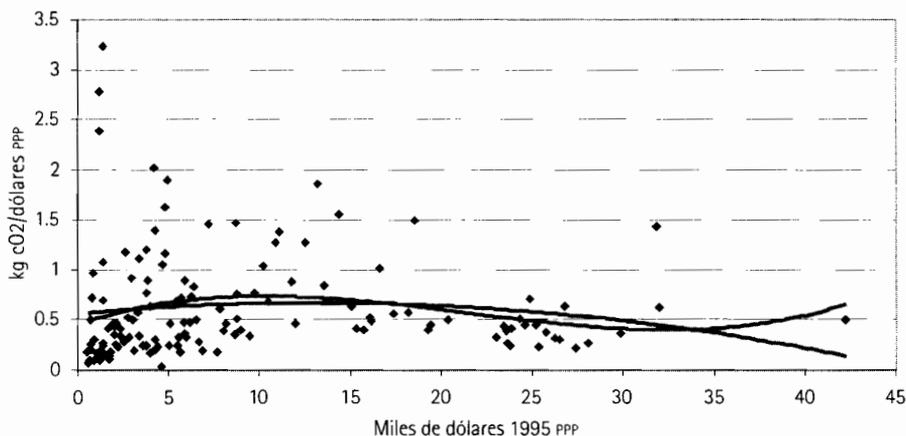
Sin embargo, la relación puede no ser tan evidente. Aguayo (2005) revela que la relación entre emisiones de  $\text{CO}_2$  y PIB per cápita (medido en dólares de paridad de poder de compra equivalente de 1995) para 136 países no es clara. La gráfica 2 muestra los puntos en los que se ubican los países y la curva en azul parece indicar una relación similar a la de la EKC. Esa curva es una polinomial de segundo orden y su forma indicaría que a partir de los 12 mil dólares, el nivel de emisiones comienza a contraerse mientras continúa el crecimiento.

Sin embargo, cuando se utiliza una curva diferente, por ejemplo una polinomial de tercer orden, el mensaje es diferente. La curva roja indica que las emisiones aumentan con el crecimiento hasta el umbral de 11 mil dólares y luego disminuyen hasta un segundo umbral marcado por los 30 mil dólares. A partir de ese segundo umbral las emisiones por unidad de producto comienzan a crecer nuevamente, lo que contradice el postulado de la EKC. Quizás lo que nos está informando esta curva roja es que cuando se toman más variables en cuenta, por ejemplo el efecto de desperdicio cuando se alcanzan niveles de riqueza per cápita muy altos, la forma de la relación entre contaminación y crecimiento no es la esperada. En síntesis, la relación carece de una base estadística robusta.

Gráfica 2

**PIB per cápita vs. intensidad de emisiones**

136 países



Fuente: Aguayo, 2005.

La crítica a la EKC no se detiene en este punto. Considerada desde el punto de vista de la consistencia conceptual, está marcada por cinco problemas. El *primer* problema de la EKC es que se ignora la retroalimentación entre economía y medio ambiente. Es posible que el deterioro ambiental haga más difícil canalizar recursos para el crecimiento y, en ese caso, el primer segmento de la curva de Kuznets tendría una forma inesperada: en lugar de adoptar la forma típica de una función con rendimientos decrecientes (en este caso, tasa de crecimiento decreciente para el deterioro ambiental) tendríamos una curva similar a los casos de tasas de cambio crecientes. En ese caso estaríamos en presencia de una economía que sufre una relación perversa y acumulativa de estancamiento y deterioro creciente del medio ambiente. Éste es un punto muy importante sobre el que regresaremos más adelante al examinar el caso de la economía mexicana. Por el momento podemos adelantar que el estancamiento también genera deterioro ambiental.

El *segundo* es que supone que el deterioro ambiental no es acumulativo y tampoco es irreversible. Eso permite postular que el crecimiento empeora las cosas al principio, pero después genera los recursos suficientes para solucionar los problemas creados durante las etapas anteriores. El supuesto implícito en ese caso es que la contaminación puede disminuir primero, reducirse después y que el daño ambiental provocado durante la primera fase de la curva puede ser reparado. Esto está relacionado con el supuesto de la sustentabilidad débil, punto sobre el que regresamos en la parte final de este ensayo.

Desde luego, no todo daño ambiental tiene esa característica. El ejemplo más extremo de esto es la pérdida de biodiversidad. La extinción de especies es irreversible y si es acelerada por un proceso de crecimiento, el costo es incalculable. Ningún monto de recursos financieros puede cambiar este hecho fundamental.

Existen otros ejemplos de deterioro ambiental que representan daños acumulativos e irreversibles. Un caso importante es la erosión severa de suelos provocada por prácticas agrícolas de labranza agresiva. La reparación del daño en este caso requiere de un tiempo demasiado largo para el horizonte temporal de cualquier economía pues se mide en cientos de años. Otro caso ejemplar es el del agotamiento de acuíferos subterráneos que tienen tasas de recarga muy débiles y que pueden requerir de décadas para recuperar sus niveles normales. En el caso de acuíferos fósiles, no existe una tasa de recarga y el daño es irreversible. Otro ejemplo es el de algunos contaminantes que tienen tiempos de residencia muy largos en la atmósfera y para fines prácticos se asemejan más a la irreversibilidad que a un problema de mediano plazo. En esos casos, es más certero considerar al daño ambiental como un acervo (*stock*) que se ha ido acumulando y dejar de verlo como una tendencia o flujo.

Aquí cabe señalar que la EKC mide la intensidad de deterioro ambiental en el eje vertical. Esa medición se asemeja a la tasa de crecimiento del deterioro (o, si se prefiere, de la contaminación ambiental). Eso quiere decir que cuando la curva de Kuznets llega nuevamente al eje de la abscisa, la *tasa de crecimiento* de la contaminación y del deterioro ambiental llega a cero, pero eso no significa que la contaminación desaparece. En ese caso, el sistema económico sigue manteniendo un nivel de contaminación que a pesar de ser menor por unidad de producto que en las fases anteriores, no desaparece.

Esto puede ilustrarse con la gráfica 3 en la que aparecen cuatro curvas asociadas a dos economías distintas. Las curvas con los puntos A y B corresponden a una misma economía; mientras que las curvas W y W' corresponden a la otra. El cuadrante superior exhibe las curvas logísticas que representan el *crecimiento* del deterioro ambiental y expresan, por lo mismo, el aspecto acumulativo del mismo. El punto A corresponde al nivel de acumulación más intenso y está asociado al punto B en la curva del cuadrante inferior que expresa la tasa máxima de crecimiento (o la intensidad) del daño ambiental por unidad de producto. En la vecindad de los puntos A y B estamos en el punto de máxima presión sobre el medio ambiente. En el segmento a la derecha del punto B la tasa de crecimiento del daño ambiental es menor (o, si se prefiere, la intensidad es menor), pero eso no significa que el daño ambiental se haya detenido, como puede verse en la curva A. El daño ambiental continúa creciendo, como se observa en la curva superior, sólo que a una tasa menor. Incluso cuando la tasa de crecimiento es cero, el daño ambiental se mantiene, pues la presión es constante (tramo horizontal en la extrema derecha de la curva A).

¿Qué sucede cuando la curva B llega a cruzar el eje de la abscisa? Podría suponerse que en ese caso, el crecimiento económico genera recursos suficientes para limpiar y corregir el daño ambiental

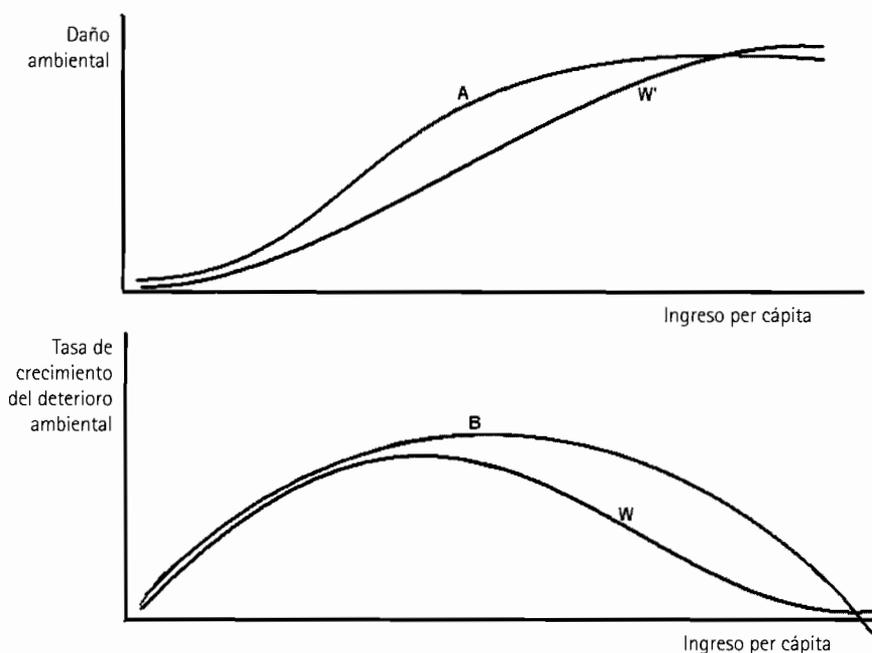
ocasionado en la fase anterior. Sin embargo, lo más probable es que aunque la intensidad por unidad de producto se reduce, nunca se alcance el eje horizontal. La curva W expresa el caso de una economía que aun al reducir la intensidad de daño ambiental por unidad de producto, no la anula. La tasa a la que se reduce la intensidad de daño es cada vez más pequeña. En ese caso, el daño ambiental no sólo se mantiene, sino que hasta puede seguir aumentando ya que la tasa de crecimiento de la intensidad por unidad de producto sigue siendo estrictamente mayor que cero. La curva W' en el cuadrante superior mostraría un ligero incremento en el daño ambiental.

Si se toma en cuenta que el daño ambiental es acumulativo y a partir de cierto umbral puede llegar a ser irreversible, el hecho de que se siga produciendo una presión sobre el medio ambiente aun después de alcanzarse la tasa de intensidad cero es importante. Ésta debe ser la verdadera referencia para el diseño de una estrategia de desarrollo sustentable y de política económica.

El tercer problema es que el medio ambiente es multidimensional y no puede simplificarse el análisis reduciendo el impacto ambiental del crecimiento a una sola de sus dimensiones. Por ejemplo, la emisión de óxido nitroso es un indicador importante, pero mientras esas emisiones pueden reducirse a partir de un cierto umbral de ingreso, otros indicadores podrían empeorar.

Gráfica 3

### Acumulación e intensidad en la EC



Considerando al medio ambiente como un vector  $n$ -dimensional, algunos de sus componentes pueden incrementarse al mismo tiempo que otros se reducen. ¿Qué debemos concluir de eso? Desafortunadamente, los indicadores son de muy variada índole y no pueden reducirse a una sola escala. Y aun cuando pudieran compararse a través de un sistema de números índice, ¿cómo saber si el resultado neto es bueno o dañino para el medio ambiente? Los análisis de la EKC evaden esa pregunta.

Finalmente, una hipótesis plausible es que el deterioro ambiental se presente de manera simultánea en todos los componentes del medio ambiente. En ese caso es importante preguntar qué sucede cuando coexisten la erosión de suelos, la sobreexplotación y contaminación de acuíferos, la contaminación atmosférica, la deforestación, la destrucción de hábitats y la pérdida de biodiversidad, la acumulación de desechos y residuos sólidos (tóxicos y no tóxicos), etc. Lo más probable es que el deterioro en todas y cada una de estas dimensiones desemboque en un efecto acumulativo compuesto que agrava todo el proceso de desgaste y mina la capacidad de recuperación de los ecosistemas.

Un *cuarto* defecto del marco analítico de la EKC es que supone que el sendero de crecimiento económico es estable. Ése es un supuesto que no siempre se ve corroborado en la realidad. De hecho, se puede afirmar que en número muy alto de países, el proceso de crecimiento es altamente inestable. Las crisis financieras y económicas, así como los severos programas de ajuste han marcado la evolución de muchas economías en las últimas dos décadas. En cada episodio de crecimiento acelerado, crisis y contracción, los daños ambientales se incrementan y la presión sobre la base de recursos naturales se intensifica. Lejos de acercarse a la fase de reducción del deterioro ambiental, muchas economías se mantienen durante largos periodos en la fase ascendente de la hipotética curva ambiental de Kuznets, o en el segmento de máxima presión ambiental.

En algunos casos, el estancamiento en la cresta de la curva significa que se prolonga el lapso de tiempo en el que la presión sobre el medio ambiente es más intensa. Cuando el daño ambiental es acumulativo, este estancamiento en la zona de máxima presión es particularmente gravoso. Regresaremos sobre este punto en la próxima sección.

Finalmente, un *quinto* problema que surge en la EKC es que puede existir un desplazamiento de costos ambientales de una economía hacia otra. En ese caso, la EKC sería una medida incorrecta del impacto del crecimiento económico sobre el medio ambiente. El desplazamiento puede ocurrir cuando una economía utiliza a otro espacio geográfico-económico para reubicar industrias contaminantes que anteriormente operaban en su territorio. Este caso correspondería al de la hipótesis de los paraísos contaminantes que ha sido considerada en el marco de los debates sobre acuerdos comerciales y de inversión. Esa es una discusión que sigue abierta y no parece haber llegado a una conclusión definitiva.

Existe otra perspectiva sobre el desplazamiento de costos ambientales que está más vinculada con los flujos de comercio internacional. La investigación de Muradian, Martínez Alier y O'Connor (2001) mide el balance de emisiones incorporadas en el comercio internacional para 18 países industrializados con el resto del mundo y con los países en vías de desarrollo. El análisis se llevó a

cabo para varios años (entre 1976 y 1994) y revela que la economía de Estados Unidos llevó a cabo un desplazamiento de costos ambientales para los años considerados y en todos los contaminantes incluidos en el estudio. En el caso de  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  y  $\text{CO}$ , los primeros años del estudio, el desplazamiento es alto y después parece disminuir, pero para los últimos años vuelve a incrementarse. Japón también presenta un desplazamiento para casi todos los años del estudio. Para Europa, la evolución del balance de los contaminantes parece seguir la forma de una U invertida. En general, la forma de las curvas para Estados Unidos y Japón está influida por cambios en la estructura de los flujos de comercio. En especial, el balance para el dióxido de azufre se ve afectado por variaciones en las importaciones y exportaciones de petróleo, hierro y acero, y de productos metálicos no ferrosos. Aunque este tipo de estudios no permite llegar a conclusiones generales, sí obligan a una reconsideración de la utilidad de la curva ambiental de Kuznets como referencia para el diseño de una estrategia de desarrollo sustentable.

### **La curva de Kuznets y la economía mexicana**

En los últimos 40 años la economía mexicana ha experimentado transformaciones estructurales profundas. Sin embargo, existe una serie de problemas que no sólo no han sido resueltos, sino que se han ido agravando con el tiempo. Algunos de los problemas más notables son los siguientes: desigualdad, pobreza, altas tasas de desempleo abierto y disfrazado, distorsiones sectoriales y regionales, esfuerzo científico y tecnológico raquítico y sin dirección, finanzas públicas lastradas por las cargas de la deuda pública, desequilibrio externo permanente.

Además, la economía mexicana tiene ahora un sector exportador disfuncional en el sentido de que no sólo no es suficiente para alcanzar un saldo comercial superavitario, sino que tampoco genera impulsos dinámicos para el resto de la economía. Esto se explica por el hecho de que la parte medular del sector exportador está desvinculado del resto de la economía. Por si fuera poco, la economía mexicana se ha caracterizado en los últimos 20 años por una hostilidad marcada hacia el sector agropecuario (en donde opera 22% de la población económicamente activa). En el mismo lapso se presenta un proceso de desindustrialización que ha contribuido a profundizar las distorsiones en el sector industrial.

La economía mexicana ha mantenido en los últimos 15 años una postura de política macroeconómica obsesionada por la lucha contra la inflación. Para lograr este objetivo se ha escogido el camino de la contracción de la demanda agregada. Por ejemplo, la política monetaria restrictiva ha propiciado altas tasas de interés reales y la desregulación en el sector bancario ha permitido altas tasas de intermediación, con lo cual se ha desincentivado la formación de capital. La política cambiaria ha sostenido un tipo de cambio sobrevaluado como ancla del sistema de precios para frenar la inflación, lo que ha afectado negativamente el saldo en la balanza comercial.

Finalmente, la política fiscal ha estado marcada por la desviación de recursos hacia la esfera financiera. Eso se ha logrado con prioridades perversas que descansan en reducciones del gasto

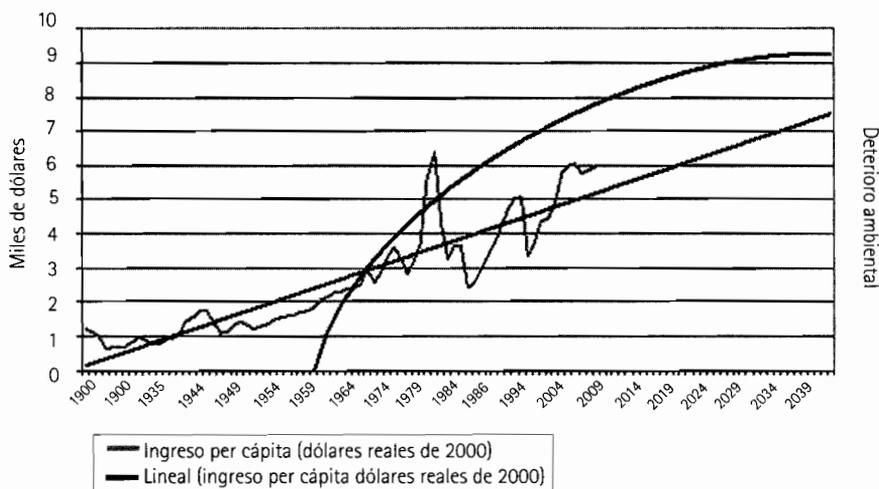
programable con el fin de generar un superávit primario (antes de cargas financieras). Los recursos así *generados* han sido adjudicados al pago de cargas financieras relacionadas con el servicio de una deuda pública que incluye no sólo la deuda en sentido estricto (endeudamiento interno y externo), sino los llamados requerimientos financieros del sector público (en donde se ubica el costo del rescate bancario, carretero y los esquemas de financiamiento de impacto diferido en el gasto, Pidiregas). Hoy el déficit en el balance económico de las finanzas públicas es cinco veces mayor al autorizado por el Congreso al gobierno federal.

El balance negativo de todo esto está sintetizado en la evolución del PIB. Con tasas de crecimiento promedio inferiores a 2.8% se puede afirmar sin lugar a dudas que México tiene ya más de 25 años de semiestancamiento económico. ¿Qué se puede concluir en el marco del esquema de la curva ambiental de Kuznets? La gráfica 4 permite echar un vistazo de largo plazo a la variable clave de la curva ambiental de Kuznets. La línea roja presenta la evolución del ingreso per cápita (calculado a dólares reales del año 2000) en México a partir de 1920. La curva muestra algunos grandes saltos, y en especial, el ciclo de expansión y colapso en el periodo 1978-1981. También destacan las crisis de 1986 y de 1994-1995, con caídas que entrañan un terrible costo social.

La curva negra muestra una curva ambiental de Kuznets estilizada (midiendo el deterioro ambiental en el eje vertical de la derecha) asumiendo que la transición hacia la reducción en la intensidad de deterioro se da en un nivel de ingreso per cápita cercano a los 10 mil dólares. La curva de Kuznets aquí descrita toma como punto de partida el final de los años cincuenta por considerar que en esos años comienza a intensificarse el impacto sobre el medio ambiente de la etapa del *desarrollo estabilizador*.

Gráfica 4

#### EKC en México: Ingreso per cápita y deterioro ambiental



La gráfica 4 muestra que bajo esos supuestos, la economía mexicana necesitaría todavía unos 40 años para alcanzar la cresta de la curva. Es decir, durante las próximas cuatro décadas todavía estaríamos en un escenario de presión intensa y creciente sobre el *medio ambiente*. Este escenario esconde varios supuestos relacionados con la crítica a la EKC presentada en la sección anterior. Por ejemplo, se supone en este caso que no hay procesos de retroalimentación negativa entre economía y medio ambiente (es decir, que el deterioro ambiental no hace más difícil el proceso de crecimiento).

El *deterioro ambiental* del segundo eje vertical es una categoría multidimensional. Es necesario recordar que el balance neto es difícil cuando los distintos componentes sufren variaciones que no son uniformes. Pero si consideramos que en México existen severos problemas de erosión de suelos, deforestación, sobreexplotación de acuíferos, contaminación de ríos y lagos, pérdida de biodiversidad, sobreexplotación en las principales pesquerías, acumulación de desechos sólidos (tóxicos y no tóxicos), podemos concluir que el esquema de la curva de Kuznets conlleva una llamada de alerta. Por ejemplo, entre 1990 y 2000, México perdió un promedio de 347 000 hectáreas de superficie boscosa cada año. Y aunque (según cifras oficiales) la tasa de deforestación anual disminuyó de 0.5% a 0.4% de la superficie boscosa, entre 1990 y 2005 México perdió 4.7 millones de hectáreas o 7% de la superficie boscosa existente. El impacto de este proceso en el mediano y largo plazo será significativo.

Si se necesitan cuatro décadas para alcanzar el punto de transición en la intensidad de deterioro del medio ambiente, es probable que los ecosistemas afectados no puedan recuperarse del castigo recibido. Por otra parte, hay que recordar que después del punto de transición, la acumulación de deterioro ambiental continuará y eso agrava todavía más las cosas. Al fin de cuentas, según el esquema de la EKC todavía faltarían unos 70 años para que el deterioro ambiental comience a revertirse de manera significativa y los ecosistemas puedan iniciar su recuperación. Todo el aparato conceptual de la EKC apunta en una dirección: si no se altera de manera radical la relación de la economía mexicana con la base de recursos naturales y el medio ambiente, es posible que el país entre en una trayectoria de colapso ambiental. La retroalimentación sobre la actividad económica puede empeorar este escenario pues haría más lento el proceso de crecimiento.<sup>1</sup>

El ejemplo más simple del tipo de problemas que comienzan a plantearse cuando hay retroalimentación entre deterioro ambiental y desempeño económico es el que revelan las cuentas nacionales ecológicas. Desde 1996 México mantiene un sistema de cuentas nacionales de ingreso acopladas a una evaluación del desgaste de la base de recursos naturales y del impacto económico del deterioro ambiental.

---

<sup>1</sup> Ezzati, Singer y Kammen (2001) muestran que cuando existe retroalimentación (negativa) entre economía y medio ambiente la U invertida es sólo una posibilidad dentro de una multiplicidad de relaciones posibles; además, el sendero recorrido también es importante. Por ejemplo, en el caso del "síndrome de China" el crecimiento acelerado puede dañar el medio ambiente más allá de la recuperación. El caso del "síndrome mexicano" sería diferente: el estancamiento puede coincidir con daños ambientales irreversibles que hacen más difícil el crecimiento en el futuro.

El punto de partida de las cuentas nacionales ecológicas es que la base de recursos naturales puede ser considerada como un activo no producido. El producto interno neto (PIN) se calcula restando el consumo de capital fijo al PIB. ¿Cómo introducir el deterioro ambiental? A diferencia de los activos producidos, por ejemplo, la maquinaria y edificios, los activos no producidos no son resultado de un proceso que esté bajo el control y responsabilidad de un agente económico. Es decir, sí son afectados por la actividad económica, pero no son reemplazados por un proceso productivo. En México, las reservas probadas de petróleo y los yacimientos de minerales, o la biomasa de una pesquería, son activos económicos no producidos.<sup>2</sup>

Por otra parte, el agua, el aire, los suelos, los bosques y la biodiversidad son considerados activos ambientales. La diferencia entre activos que son *recursos naturales* y los que se consideran *activos ambientales* es tenue; los suelos, por ejemplo, son también el recurso natural que puede agotarse por la sobreexplotación agrícola. Esa diferencia puede marcar otras diferencias en la metodología de evaluación del costo ambiental pues el deterioro de los activos ambientales normalmente no va a recibir el mismo valor que el del agotamiento de los recursos naturales. De todas maneras, a partir del PIN de la economía mexicana se obtiene el producto interno neto ajustado ambientalmente (PINE) a través de las siguientes expresiones:

$$PIN = C + In + (X - M)$$

$$PINE = PIN - [Cag + Cdg]$$

en donde  $C$  es el consumo,  $In$  es la inversión,  $X$  y  $M$  son las exportaciones e importaciones respectivamente,  $Cag$  es el costo del agotamiento de los recursos naturales y  $Cdg$  es el costo por degradación del medio ambiente. Estos costos son el valor monetario asociado al desgaste o pérdida de los recursos naturales y son similares al costo de la depreciación de activos producidos que son utilizados en un proceso productivo. En el caso de las reservas de petróleo, por ejemplo, existen metodologías convencionales en la industria para calcular el costo de la disminución de reservas probadas y derivar el  $Cag$ . En cambio, los costos por degradación (o deterioro) de los activos ambientales son estimaciones del costo que representa restaurar las condiciones de los diferentes ecosistemas para que puedan continuar prestando sus servicios ambientales. Por ejemplo, en el caso de la contaminación de un acuífero o la destrucción de un bosque, el  $Cdg$  sería el costo de restituir las condiciones naturales del acuífero y reforestar el bosque.

La gráfica 5 muestra la evaluación del PINE en el periodo 1996-2003 y revela que el producto interno neto se reduce 13% en promedio en esos años. Eso quiere decir que el costo por agotamiento de recursos naturales y deterioro del medio ambiente equivale en promedio a 13% del producto interno neto. El impacto de este costo se deja sentir inmediatamente en la evaluación del ingreso per

<sup>2</sup> Para una explicación de la metodología para calcular las cuentas nacionales ecológicas véase [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)

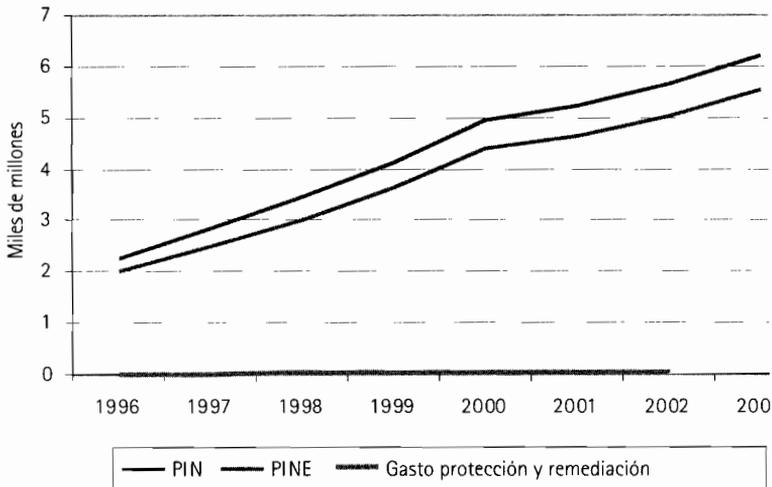
cápita que se presenta en la gráfica 4. Es decir, la curva ambiental de Kuznets ajustada (con el valor del PINE) estaría por debajo de la que se presenta en la gráfica y, en consecuencia, llevaría todavía más tiempo alcanzar la cresta o el punto de transición entre máxima intensidad de deterioro y reducción de dicha intensidad.

Hay otras dos razones por las cuales es plausible suponer que la economía mexicana necesita todavía más tiempo para alcanzar el punto de transición postulado por la EKC. La primera es que lo más probable es que el ajuste para calcular el PINE está subestimando algunos costos del deterioro ambiental y del desgaste de la base de recursos naturales. En la explicación metodológica del INEGI se puede observar que la pérdida de biodiversidad, por ejemplo, no es tomada en cuenta. Es cierto que es difícil calcular el costo de la extinción de especies, pero en muchos casos no se trata de extinción sino de desaparición de especies de un ecosistema. En esos casos es posible calcular el costo de reintroducción de esas especies, y eso puede servir para estimar el costo de la pérdida de biodiversidad.

La extinción de especies destruye la posibilidad de acceder a recursos genéticos valiosos y es muy difícil evaluar el costo de los recursos genéticos que se pierden para siempre. Sin embargo, la dificultad de cálculo no implica imposibilidad para realizar estimaciones. Se podría utilizar, por ejemplo, una fracción razonable de las regalías y rentabilidad asociada a algunos de los productos de la industria farmacéutica derivados de manipulaciones genéticas sobre materiales recogidos en bosques tropicales húmedos para hacer una estimación del costo incurrido por la extinción de especies. En todo caso, no incluir la pérdida de biodiversidad en los cálculos del PINE es subestimar el costo del deterioro ambiental.

Gráfica 5

### Cuentas nacionales ecológicas en México



Fuente: Elaborado por el autor con datos del INEGI, Sistema de cuentas nacionales ecológicas.

La segunda razón por la cual el horizonte temporal para alcanzar la cresta de la EKC es mayor es que cuando el deterioro ambiental rebasa cierto umbral, se afecta negativamente la capacidad de la economía para seguir creciendo al ritmo que había mantenido hasta entonces. Éste es el punto medular de la retroalimentación entre medio ambiente y economía, por lo que no se puede mantener el supuesto poco realista de que el deterioro ambiental y el crecimiento no están relacionados de esta manera. Por ejemplo, es evidente que el agotamiento de las reservas de hidrocarburos en una economía cuyo crecimiento está soportado por las exportaciones de crudo tendría un fuerte impacto sobre la capacidad de mantener el ritmo de crecimiento de esa economía. Por esa razón, una economía en esas condiciones tendría que preparar la transición hacia otra fuente de impulso dinámico reorientando sus inversiones para preparar la transición.

En el caso de una economía en la que el deterioro se presente simultáneamente en varias de las dimensiones del medio ambiente, el efecto negativo puede ser más intenso que el de la suma de los componentes individuales. En efecto, la curva ambiental de Kuznets no toma en cuenta las interdependencias entre los distintos componentes del medio ambiente. Por ejemplo, el agotamiento de acuíferos y la erosión de suelos inducen una mayor pérdida de biodiversidad. El colapso ambiental se puede presentar con crisis simultáneas en estas tres dimensiones del medio ambiente. Y el efecto sobre el crecimiento es mucho más severo.

En consecuencia, la relación entre el deterioro ambiental y el crecimiento obliga a pensar que la curva ambiental de Kuznets que se presenta en la gráfica 4 tiene una forma más achatada y alargada (hacia la derecha), de tal modo que el tiempo necesario para alcanzar la cresta y el punto de transición es mucho más largo (probablemente de unas siete décadas en lugar de cuatro). Un indicador adicional que refuerza esta hipótesis es que las cuentas nacionales ecológicas reportan datos sobre el gasto para remediar el deterioro ambiental. Ese dato incluye las erogaciones realizadas por el gobierno federal, empresas paraestatales de control directo y de los gobiernos de los estados para la prevención, abatimiento de la contaminación y remediación del daño ambiental (incluye el costo de recolección de basura municipal). Las cantidades erogadas y la proporción del costo del deterioro ambiental se presentan en el cuadro 1. Como se puede observar, la cobertura del costo estimado por el INEGI para el agotamiento de recursos y deterioro ambiental es realmente marginal. En el caso de que el costo para ajustar el PINE esté subestimado, esa cobertura sería todavía menor (aunque también es posible que el gasto en restauración esté subestimado).

A lo largo de este análisis hemos señalado que el deterioro ambiental puede presentar irreversibilidades a partir de ciertos umbrales. Sin embargo, implícitamente la EKC adopta una postura diferente: si se alcanza el punto de transición, la intensidad de deterioro deberá comenzar a disminuir y se alcanzaría el punto en el que el crecimiento del ingreso sería capaz de proveer los recursos para restaurar el daño ambiental. Esa visión de las cosas tiene una estrecha relación con el llamado supuesto de *sustentabilidad débil* basado en la idea de que el agotamiento de los activos naturales y ambientales puede compensarse con activos producidos. El supuesto de *sustentabilidad fuerte*

Cuadro 1

**Gastos de protección ambiental (1997-2003)**

Miles de pesos a precios corrientes

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Total	9 493 007	13 995 128	26 452 318	30 121 240	32 357 027	36 404 193	43 602 818
Corrientes	6 828 895	8 623 159	16 849 824	16 031 890	20 495 756	25 422 532	29 997 092
Capital	2 664 112	5 371 970	9 602 494	14 089 350	11 861 271	10 981 662	13 605 726
Cobertura (%)	3	3	5	5	5	6	7

Fuente: INEGI, Sistema de cuentas económicas y ecológicas de México, 1998-2003.

sostiene lo contrario: los acervos de activos naturales y ambientales no pueden ser compensados o reemplazados por activos producidos por el hombre y, por lo tanto, en la medida de lo posible deben ser conservados. Si se adopta el supuesto de sustentabilidad fuerte, la EKC pierde su valor heurístico porque el deterioro ambiental incurrido durante el crecimiento no podrá ser reparado.

**Conclusión**

El análisis derivado de la hipótesis de la curva ambiental de Kuznets arroja dos conclusiones clave. La primera es que la economía mexicana tardaría mucho en llegar al punto de transición en el que la intensidad en el deterioro ambiental debe comenzar a reducirse. La segunda es que el riesgo de que el deterioro acumulado afecte negativamente el desempeño de la economía es considerable. Juntas, estas dos conclusiones indican que por el camino que sigue hoy en día la sociedad mexicana no sólo no se va a alcanzar un estadio de sustentabilidad, sino que la probabilidad de sufrir un colapso ambiental (y por ende económico) es muy alta.

La lección es que se requiere diseñar y aplicar una estrategia de transición a un sendero de crecimiento con desarrollo sustentable lo más pronto posible. El diseño de esa estrategia debe tomar en cuenta no sólo las interdependencias entre dimensiones ambientales (agua, suelos, atmósfera y vegetación), sino la conexión con las estrategias de producción de los agentes económicos. Una lista exhaustiva de los componentes de dicha estrategia rebasa con mucho los límites de este trabajo, pero por lo menos se pueden identificar algunos grandes lineamientos para su puesta en marcha.

En primer lugar, la política macroeconómica debe integrar de manera clara las preocupaciones sobre largo plazo en sus objetivos e instrumentos. En especial, los datos de las cuentas nacionales ecológicas deben ser tomados en cuenta como una referencia permanente de las decisiones de la política monetaria y fiscal. La preocupación con el objetivo de estabilizar la evolución de las variables de corto plazo no puede eclipsar totalmente la relevancia de variables que tienen horizontes temporales mayores. De hecho, la política macroeconómica debería estar relacionada con objetivos de largo plazo (como la competitividad, la productividad, el empleo y la equidad), por lo que la

integración de las cuentas nacionales ecológicas no debe ser un problema de esencia. De entrada se debe articular la política macroeconómica con la política sectorial, sobre todo en el caso de la política para el sector agropecuario.

En segundo lugar, se deben destinar recursos para varios temas de importancia estratégica, entre los que destacan los siguientes tres. En lugar de mantener la hostilidad contra el sector agropecuario que hoy caracteriza el modelo económico, se debe proporcionar el apoyo necesario para que la agricultura mexicana pueda desempeñar su papel multifuncional (además de la producción de alimentos y materias primas, en la conservación de la agrobiodiversidad, suelos y optimización en el uso de acuíferos). La transición hacia un régimen energético poshidrocarburos es otra tarea urgente que demanda una atención inmediata. Las reservas de hidrocarburos se agotan rápidamente y es necesario pasar a un régimen basado en fuentes renovables de energía. Finalmente, la disponibilidad de agua es el otro tema prioritario. Es urgente revertir el fuerte rezago existente en materia de inversiones para captar el agua de lluvia. México recibe alrededor de 1 570 km<sup>3</sup> de agua pero 70% se pierde por evapotranspiración; las inversiones para reducir esta pérdida podrían resolver rápidamente la falta del líquido y asegurar una mayor y más diversificada producción agrícola, así como un incremento en el bienestar de la población.

Finalmente, la elaboración de las cuentas nacionales ecológicas debe recibir mayor atención y apoyo para que se pueda tener una idea mucho más certera de los costos del deterioro ambiental. Sólo de este modo será posible tener una idea adecuada sobre las implicaciones del deterioro ambiental para el resto de la economía y, sobre todo, para poder definir prioridades para la sustentabilidad.

## Bibliografía

- Aguayo, F., 2005, *La curva ambiental de Kuznets y las emisiones de CO<sub>2</sub>: una revisión crítica*, Serie Documentos de Trabajo del Procientec.
- Cavlovic, T., et al., 2000, "A Meta-analysis of Environmental Kuznets Studies", *Agriculture and Resource Economics Review*, vol. 29, núm. 1, pp. 32-42.
- Ezzati, M., B. Singer y D. Kammen, 2001, "Towards an Integrated Framework for Development and Environment Policy: the Dynamics of Environmental Kuznets Curves", *World Development*, vol. 29, núm. 8, pp. 619-639.
- Kuznets, S., 1955, "Economic Growth and Income Inequality", *American Economic Review*, vol. 45 núm. 1, pp. 1-28.
- Muradian, Roldan, Martin O'Connor y Joan Martínez Alier, 2001, *Embodied Pollution in Trade: Estimating the 'Environmental Load Displacement' of Industrialised Countries*, Fondazione Eni Enrico Mattei, nota de trabajo 57-2001, versión electrónica [http://www.feem.it/web/attiv/\\_attiv.html](http://www.feem.it/web/attiv/_attiv.html).

Tisdell, C., 2001, "Globalisation and Sustainability: Environmental Kuznets Curve and the WTO", *Ecological Economics*, núm. 39, pp. 185-196.

Selden, T. y D. Song, 1994, "Environmental Quality and Development: Is There a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?", *Journal of Environmental Economics and Management*, núm. 27, pp. 147-162.

World Bank, 1992, *World Development Report 1992: Development and the Environment*, World Bank, Washington.



## Propuestas para la mejor integración económico-ambiental

*Enrique Provencio\**

El encuentro entre políticas de desarrollo y medio ambiente en México aún está por verse. El núcleo duro de la política económica sigue al margen de la cuestión ambiental, buena parte del ambientalismo sigue siendo refractario al desarrollo, y el desarrollo sustentable sigue en búsqueda de un programa operativo.

No es que el discurso ambiental sea completamente ajeno a las necesidades de la integración con la economía. Al contrario: el objetivo de alcanzar la transversalidad o intersectorialidad ha sido al menos desde 1995 uno de los principales ordenadores de la prevención del deterioro ecológico y la protección de los ecosistemas, buscando que en las demás áreas de la administración pública y en los sectores productivos se incorporen criterios operativos relacionados con el medio ambiente. Por lo demás, estos propósitos también han formado parte de los movimientos ecologistas originales, incluso con el fin explícito de aplicar estrategias de integración regional y por ecosistemas.

Tampoco es que las disposiciones legales no hayan incorporado la obligación de aplicar medidas económicas para fines ambientales. Al contrario, al menos desde 1992 se ha ido recorriendo un camino ya largo en el que paulatinamente se ha establecido un marco jurídico que aunque disperso, sienta las bases para que sea posible avanzar con mayor rapidez en la ejecución de medidas articuladas entre políticas económicas y ambientales.

Aún más, dichas disposiciones han definido aceptablemente criterios de sustentabilidad en las políticas de desarrollo (LGEEPA, 2004). Normativamente, ha quedado fijada la necesidad de hacer compatible la obtención de beneficios productivos y económicos de las empresas, individuos y organiza-

---

\* Enrique Provencio (enriqueprovencio@aol.com) Profesor por asignatura en la Facultad de Economía de la UNAM. Secretario de Desarrollo Social del Distrito Federal (2006). Ha sido Subsecretario de Planeación de la SEMARNAP, Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Procurador Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal, y Director General de Investigación y Desarrollo del Instituto Nacional de Ecología, entre otras responsabilidades

ciones, con la preservación de los ecosistemas, adoptando los principios de "quien contamina paga", entre otros relacionados con la interiorización de las externalidades ambientales negativas.

A escala macroeconómica también se ha generado la obligación de cuantificar los costos de la degradación y del agotamiento de los recursos económicos generados por la actividad productiva, y de expresarlos estadísticamente como parte de los sistemas de cuentas nacionales, lo que el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática ya viene realizando, aunque no al mismo ritmo ni con similar alcance al de la contabilidad económica nacional. Aún más, la legislación incorporó expresamente la necesidad de volver convergentes los esfuerzos de protección ambiental con los de la equidad del desarrollo, especialmente en lo que tiene que ver con el bienestar y la salud de la población.

En el plano de las medidas específicas, a partir de 1996 quedó formalizada la posibilidad de diseñar, desarrollar y aplicar instrumentos económicos que incentiven el cumplimiento de los objetivos ambientales, de tal modo que las conductas macroeconómicas se vayan alineando con la sustentabilidad, y se genere información que permita a los precios reflejar los beneficios y los costos ecológicos de las decisiones económicas. Esto supone la base para que los esfuerzos de protección ambiental no dependan sólo de medidas regulatorias, sino que también se asocien a esfuerzos de mercado de tal modo que se generen incentivos para la prevención y restauración.

Para la política fiscal, tales medidas implican la necesidad de estimular las acciones de protección ambiental, pero sin un criterio predominante de recaudación. Se definieron también instrumentos financieros como los créditos, las fianzas, los seguros, los pagos por responsabilidad civil, fondos, fideicomisos y otros, especialmente para proyectos de innovación y desarrollo tecnológico, el ahorro energético, la eficiencia en el uso del agua y en su tratamiento, la reubicación de instalaciones y procesos contaminantes. Incluso está formalizada la opción de introducir mecanismos de mercado para optimizar decisiones económico-ambientales en paralelo a las medidas regulatorias o a los instrumentos de política económica.

Las disposiciones sectoriales o temáticas ha especificado aún más la base normativa para la integración económico-ambiental. Algunos ejemplos. En cuanto a las aguas, las acciones de uso y suministro tendrían que basarse en estudios de valoración económica vinculados a la decisión técnico-hidrológica e hídrica, de tal modo que exista conocimiento e información para determinar de mejor modo los costos ambientales y monetarios y en función de ello determinar mejor los precios y tarifas tanto para el manejo de cuencas y el aprovechamiento agrícola, como para los usos municipales industriales, domésticos y de los servicios (LAN, 2004).

En otros temas se han introducido opciones de articulación a través de mercados de bienes y servicios ambientales que promuevan la compensación por los beneficios que generan los ecosistemas, como los vinculados a las actividades forestales y las de desarrollo rural, incluidas las de vida silvestre. Con estos mecanismos se han establecido reglas para propiciar un mejor acoplamiento de tiempos económicos y ecológicos, y para forzar una mejor valoración pecuniaria de los recursos

naturales y en general de los beneficios de los ecosistemas. Este aspecto, el de la valoración, está también incluido como obligación en los casos en que la regulación ambiental, y especialmente las normas, tengan repercusiones sobre el desarrollo (LFMN, 1999), de tal modo que hay que realizar análisis monetarios sobre el valor actual de los impactos potenciales que puedan tener las decisiones ambientales asociadas a la regulación sobre el empleo, el ingreso y otros aspectos económicos.

La aplicación de las disposiciones mencionadas es aún incipiente. No se trata, sin embargo, de un simple problema de mala aplicación o de incumplimiento formal, sino de dificultades de mayor fondo. Como se ha mostrado para otras experiencias, especialmente de América Latina (Acquatella, 2001), la aplicación coordinada de mecanismos económico-ambientales enfrenta resistencias estructurales más vinculadas al rezago institucional que a la falta de voluntad política o a la insuficiencia conceptual o de desarrollos técnico-legales.

El hecho es que a pesar de que la voluntad articuladora es ya de larga data, y de que exista la base normativa suficiente, la política ambiental mexicana avanza en la primera década del siglo XXI con una orientación general excesivamente sesgada a mecanismos regulatorios y basados en medios de control centralizados, cuyo cumplimiento depende de la vigilancia y las sanciones (figura 1). Pero desde la política económica el rezago es aún más grave, pues ahí persiste la mayor resistencia a incorporar la dimensión de sustentabilidad ambiental en las decisiones macroeconómicas y presupuestales.

Figura 1

### Gestión ambiental mexicana: componentes principales de la batería instrumental

Regulaciones y sanciones	Cargos Incentivos y financiamiento	Creación de mercados	"Regulación informal"	Responsabilidad por daños
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Estándares</li> <li>■ Estándares o niveles</li> <li>■ Licenciamiento</li> <li>■ Restricciones</li> <li>■ Regulación del impacto</li> <li>■ Multas</li> <li>■ Prohibiciones</li> <li>■ Cuotas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cargos por uso</li> <li>■ Incentivos fiscales y financiamiento</li> <li>■ Cargos por volumen</li> <li>■ Impuestos</li> <li>■ Regalías compensación</li> <li>■ Bonos de desempeño</li> <li>■ Cargos sobre efluentes</li> <li>■ Tarifas de recolección</li> <li>■ Cargos por uso de agua</li> <li>■ Incentivos tecnologías</li> <li>■ Financiamiento a través de fondos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Permisos comerciales</li> <li>■ Derecho de propiedad bien asignados</li> <li>■ Sistema de depósito-reembolso</li> <li>■ Permisos tranables para derechos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Desempeño</li> <li>■ Publicar datos</li> <li>■ Lista pública de empresas</li> <li>■ Etiquetado</li> <li>■ Educación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Legislación sobre responsabilidad</li> <li>■ Compensación por daños</li> <li>■ Bonos de desempeño</li> <li>■ Requisitos de "Cero impacto neto"</li> </ul>
Intensidad de aplicación hacia 2006				
Muy alta	Incipiente	En proceso	Incipiente	En proceso

Sin embargo, ya hay suficiente experiencia en cuanto a políticas ambientales y en cuanto a desarrollo institucional como para superar estos rezagos (Provencio, 2004). Las políticas ambientales formales

tuvieron una primera etapa de despliegue en México entre principios de los setenta y principios de los ochenta del siglo pasado. Se trataba entonces de políticas incipientes, de baja intensidad regulatoria y aún más débil aplicación y cumplimiento normativo, y sobre todo políticas subordinadas a las estrategias de crecimiento a toda costa.

Una segunda etapa de las políticas ambientales en México tuvo lugar entre 1982 y 1994. Se dio en un contexto económico muy distinto, de crisis y recesiones recurrentes, a pesar de lo cual se empezaron a fortalecer las instituciones públicas dedicadas a la protección ambiental, se fortaleció el presupuesto y se mejoró notablemente la legislación, a contracorriente con el debilitamiento estatal que prevaleció a partir de los mil novecientos ochenta.

Otra diferencia respecto a la primera etapa fue que el entorno mundial de la acción ambiental tanto social como gubernamental cambió drásticamente, ya que se generaron a partir de iniciativas de Naciones Unidas y de organizaciones no gubernamentales un conjunto de convenciones y acuerdos que aceleraron la creación de capacidades nacionales, y sobre todo se articuló un gran debate que permitió la emergencia del desarrollo sustentable como corriente de pensamiento, cuyo planteamiento central es la integración económica y social con la protección ambiental.

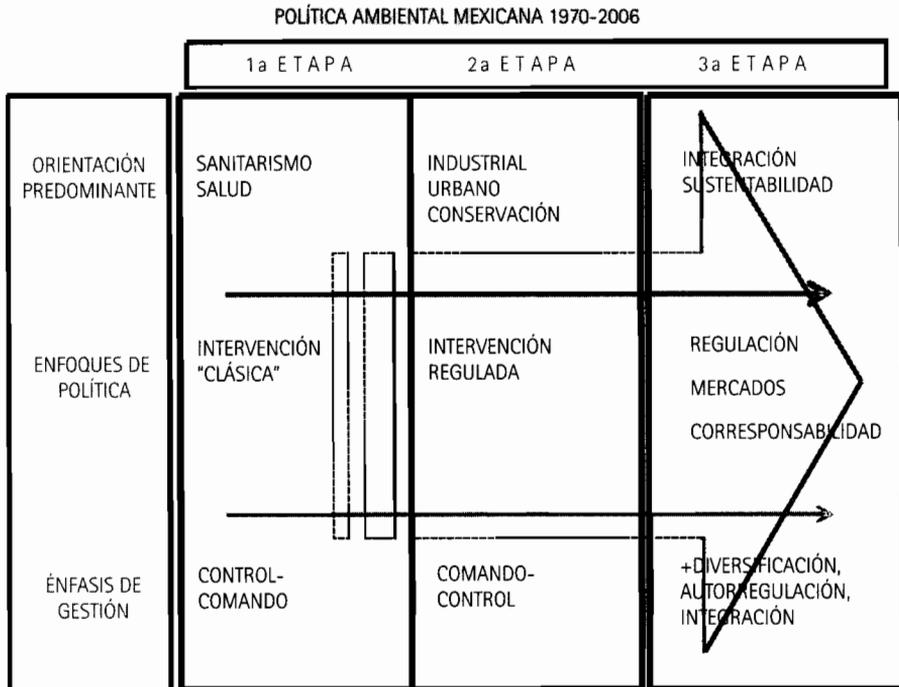
Como parte del debate sobre la sustentabilidad de desarrollo cobró fuerza la discusión sobre la vinculación entre políticas económicas y ambientales, y en particular sobre la adopción de medidas fiscales, comerciales, financieras y de otro tipo para generar incentivos ambientales o para corregir distorsiones en subsidios, o para adaptar medidas económicas que pudieran ser convergentes con las ambientales. Este debate apenas fue tomado en cuenta en México y no sería sino hasta la tercera etapa de las políticas ambientales cuando se iniciaría la adopción de medidas de integración económico-ambiental, a partir de 1995.

En esta tercera etapa, se modernizó la organización pública y se renovaron instrumentos, el personal se profesionalizó y los presupuestos se estabilizaron, se generaron reformas legales y los programas mejoraron notablemente, y en conjunto se institucionalizó una política que adoptó como eje básico la sustentabilidad del desarrollo. Los cambios han sido progresivos o más bien acumulativos, y al margen de la duración, hacia 2006 podría decirse que esta tercera etapa continuaba con el rasgo básico de una insuficiente diversificación de la política ambiental, una incipiente integración con la economía y las actividades sectoriales y una visión de desarrollo sustentable que apenas está en proceso. En este aspecto, el problema central sigue siendo la desintegración crónica de la economía –y la política económica– con la protección ambiental y de esta con la política social, a pesar de que se ha transitado claramente hacia perspectivas más comprehensivas en cuanto a orientaciones predominantes, enfoques y énfasis en la gestión (figura 2).

Hay suficientes evidencias empíricas de los vínculos virtuosos entre sustentabilidad y desarrollo, así como de las relaciones perversas entre deterioro ambiental, costos económicos y sociales, y en general atraso económico, aunque el debate sobre las relaciones teóricas y funcionales entre crecimiento económico, desarrollo y sustentabilidad aún se encuentre abierto (MEM, 2005).

Desde la perspectiva macroeconómica, el reto central sigue siendo desacoplar el crecimiento económico del impacto sobre los ecosistemas, al menos en tres dimensiones: 1) La capacidad de asimilación de los sumideros y servicios ambientales, tanto de descarga como de provisión de funciones reguladoras; 2) La capacidad de recuperación de los recursos naturales, y 3) La capacidad de sustitución de los recursos no renovables, especialmente los combustibles fósiles.

Figura 2  
**Política ambiental mexicana 1970-2006**



El incumplimiento de estas condiciones está haciendo que las perspectivas de crecimiento sigan asociadas a intensas presiones ambientales, por ejemplo en el uso de la energía y las emisiones de efecto invernadero, el uso del suelo y la biodiversidad, la presión hídrica, entre otros problemas, aunque algunos estén ya en proceso de solución, como la contaminación urbana (ocde, 2003).

El costo del deterioro ambiental no será, sino que ya es muy elevado para México: la suma de la degradación y el agotamiento de los principales recursos equivale anualmente a poco más de 10% del producto interno bruto, aunque no se perciba claramente en las transacciones mercantiles (INEGI, 2003).

Los costos principales tienen relación con los efectos de la contaminación sobre la salud, y con el impacto del agotamiento de recursos no renovables, principalmente. Los balances físicos muestran tendencias negativas (figura 3), y dadas las necesidades de crecimiento económico que supone el desarrollo para las próximas décadas, aún está por realizarse el mayor esfuerzo de contención para controlar los efectos negativos de la expansión productiva y del consumo sobre la calidad de vida y sobre el soporte natural del desarrollo.

Las tendencias varían claramente entre sectores y regiones (Semarnat-UNDP, 2005), pero en términos generales apuntan al hecho de que en las próximas décadas estaremos enfrentando presiones adicionales en la mayoría de los sectores. En particular, son cada vez más visibles las amenazas por la creciente vulnerabilidad derivada de una compleja trama de factores ambientales, económicos y sociales que están poniendo en mayores riesgos a extensas zonas geográficas y a grupos sociales que ven más amenazadas sus perspectivas de desarrollo (Provencio, 2006).

Figura 3

**Balances físicos de los recursos naturales**

1997-2002

Recursos	Unidad de medida	1997	2002	Tmca	Observaciones
Forestal (bosques)	Millones de m <sup>3</sup> de madera en rollo	2 377	2 275	(0.87)	Balance apertura +/- cambios=Balance de cierre
Petróleo (reservas totales)	Millones de barriles	56 505	50 032	(2.40)	<i>Idem</i>
Aqua: (disponibilidad)	Millones de m <sup>3</sup>	(5 949)	(6 642)	(2.23)	<i>Idem</i>
Contaminación del aire por emisiones primarias	Miles de toneladas	40 155	53 924	6.07	Flujo de emisores contaminantes
Contaminación del suelo por residuos sólidos municipales	Miles de toneladas	31 512	35 820	2.60	<i>Idem</i>
Contaminación del agua (descargas de agua residual)	Millonre de m <sup>3</sup>	19 215	21 608	2.37	<i>Idem</i>
Erosión de suelos (pérdida de nutrientes)	Miles de toneladas	637 098	768 730	3.83	Flujo

Tmca=Tasa Media de Crecimiento Anual

Fuente: INEGI, 2003.

La política ambiental estará asociada inevitablemente a los escenarios de desarrollo, no sólo a los del crecimiento económico, sino también a los de la distribución, superación de la pobreza, cambio institucional, despliegue científico y tecnológico y transformación cultural.

En términos generales, se coincide en que el mejor escenario sería uno de crecimiento acelerado con regulación adaptada a condiciones de competitividad y de prevención. Los debates en curso sobre la sustentabilidad apuntan y apuestan en esa dirección (PNUMA-INE, 2004).

Las condiciones probables para los próximos años son las de una política de sustentabilidad en un entorno cada vez más adverso, de mayor competencia por los recursos y de una gobernabilidad cada vez más conflictiva. Algunos rasgos destacados de dicho entorno podrían ser los siguientes:

- Tensiones mayores entre crecimiento económico y protección ambiental, por la acumulación de rezagos en el desarrollo.
- Conflictos al alza por la distribución de recursos naturales: agua, territorios, otros.
- Continuidad de las insuficiencias presupuestales.
- Presiones adicionales por impactos globales en ascenso (vulnerabilidad).
- Nuevas rondas de compromisos internacionales.
- Instrumentos de política en el límite.
- Condiciones críticas de gobernabilidad ambiental.

Los cambios deseables suponen avanzar a otra etapa de las políticas ambientales, marcada por una mayor integración sobre todo en las áreas críticas de sinergia, por ejemplo las de energía y usos del suelo.

En esta dirección cobrará cada vez más relevancia la dimensión del conocimiento y su vinculación con las políticas públicas y con la innovación. La sustentabilidad es en realidad un sector privilegiado de la nueva economía del conocimiento y de la información.

Por la experiencia institucional ya desarrollada, y aún en el adverso entorno que puede preverse, en lo que se refiere a la integración económico-ambiental es necesario reforzar algunas prioridades, de entre las que destacan las siguientes cinco:

1. Otorgar una mayor prioridad política al tema de la sustentabilidad dentro de la política económica, para asumir los costos que supondría una integración económico-ambiental a fondo. Esto requería revisar las definiciones presupuestales, y sobre todo avanzar aceleradamente en la adopción de medidas de política económica y de mercado para internalizar costos ambientales. También requeriría asociar mejor las ganancias y ventajas de la sustentabilidad para la competitividad, a través de un mejor aprovechamiento de las oportunidades ambientales de la globalización.
2. Acompañar la integración económico-ambiental con una revisión de la batería instrumental dominante, muy sesgada hacia la regulación, y que muestra signos de agotamiento en sus principales instrumentos. Dicha revisión no supone subordinar ni debilitar los mecanismos regulatorios, de vigilancia, aplicación de sanciones, y otros.
3. Concentrar esfuerzos en ciertas prioridades temáticas por su potencial de integración y sinergias de sustentabilidad económica, social y ambiental. Las áreas críticas de integración que más se destacan son las de energía, política urbana, transporte, agua, cambios de uso del suelo, biodiversidad y responsabilidad civil (vinculada a justicia ambiental).

4. Atender las necesidades de orientación y diferenciación regional de las políticas ambientales, con esquemas de concurrencia entre federación y estados para beneficiar la inversión y el aprovechamiento sustentable de recursos locales, y la vinculación con estrategias de superación de la pobreza compatibles con protección ambiental.
5. Mejorar la información de base, estimar mejor la eficiencia económico-ambiental y adoptar medidas progresivas con credibilidad y aceptación social para volver factible un programa de sustentabilidad.

Específicamente, en lo que se refiere a los pasos para aplicar mejores medidas fisco-ambientales, es posible avanzar en medidas como las siguientes:

- a. Coordinar mejor los espacios de interacción entre autoridades hacendarias y ambientales, con enlaces de alto nivel y seguimiento de un observatorio nacional de desarrollo sustentable;
- b. Asegurar la eficiencia económica, ambiental y social de las medidas tanto ambientales como de política económica, a través de lineamientos de operación que apliquen no sólo a las decisiones ambientales sino también a las principales decisiones de subsidios, precios y tarifas públicas y otras medidas de alta incidencia en recursos naturales y contaminación.
- c. Revisar de forma permanente, a través de indicadores auditables, la coherencia macro y sectorial en los incentivos;
- d. Diferenciar regionalmente las medidas económico-ambientales, y
- e. Ganar el apoyo de los sectores críticos y del legislativo.

Sin embargo, no parece prudente esperar una gran operación de reformas económico-ambientales, a contrapelo de la ya tan pospuesta reforma fiscal. Parecería más factible la adopción de una Ley de Instrumentos Fisco-ambientales, que ponga énfasis en medidas que beneficien a la salud humana, el desarrollo urbano, la protección de ecosistemas y especies, o el cuidado de recursos críticos, como el agua.

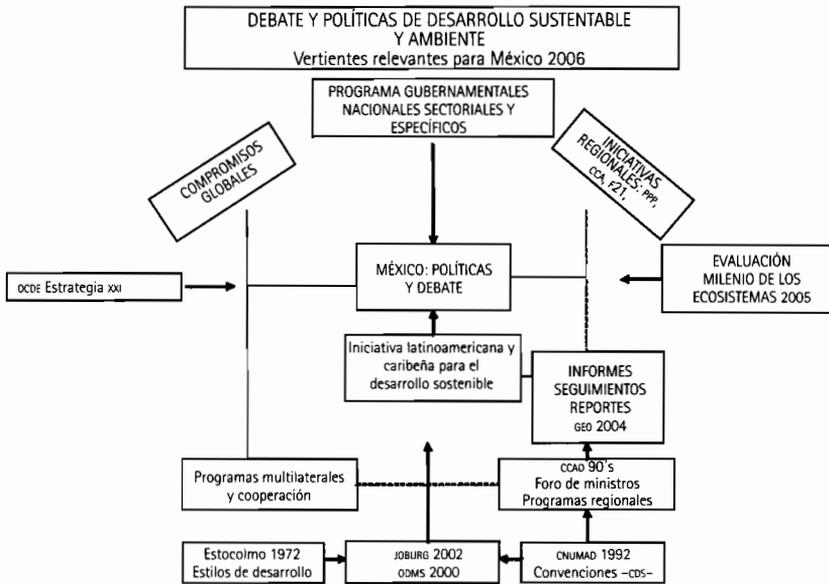
También podría ser factible avanzar en el establecimiento de algunos derechos y otras medidas específicas para procesos productivos, productos o servicios que tengan efectos nocivos comprobados para ecosistemas o especies vulnerables, facilitando la adopción de fondos estatales con destino ambiental por sobreprecios aplicados en bienes de alto impacto ambiental.

Por ejemplo, es posible ampliar los derechos por acceso a la áreas protegidas y por algunas descargas, e introducir otros por algunos cambios de uso del suelo o por la sobreexplotación de ciertos recursos naturales. También sería oportuno ampliar la deducibilidad por innovación en actividades de alto impacto ambiental.

Una agenda como ésta sólo tendría viabilidad destinando directamente los fondos obtenidos a medidas de beneficio ambiental tangible, y no bajo propósitos recaudatorios sino de compensación de daños, prevención y en general de mejoras claras en la calidad de vida, la provisión de servicios, la disponibilidad de recursos. Además, supone esquemas federalistas y costo-eficientes; que identifiquen bien los daños que se busca evitar o reparar; que precisen bien los objetos, las fuentes y las modalidades de tributación, y que hagan explícitas las relaciones de costo/efectividad o de costo/beneficio, entre otros requisitos técnicos que deberían aparecer claramente ante la sociedad para procurar su apoyo para medidas que no son necesariamente muy populares.

Estas líneas de cambio no abarcan a toda la política ambiental, por supuesto. Se insertan en planteamientos mas generales del debate actual sobre la sustentabilidad (figura 4) y en propuestas de conjunto para la reforma de las estrategias de sustentabilidad en México (CEIBA, 2006), y están referidas sobre todo a la mejor integración de las decisiones ambientales y las económicas, y tienen relación principalmente con cambios institucionales que pueden potenciarse a partir de experiencias puntuales pero ya suficientemente ensayadas en México en la última década, con casos como los de cobros por derechos de descargas de aguas residuales, remuneración por servicios ambientales, derechos de acceso a áreas naturales protegidas, entre otras.

Figura 4



## Bibliografía

- Acquatella, J., 2001, *Aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en América Latina y el Caribe: desafíos y factores condicionantes*, CEPAL, Serie Medio Ambiente y Desarrollo, núm. 31.
- CEIBA, 2006, Centro Interdisciplinario de Biodiversidad y Ambiente. Sustentabilidad ambiental del desarrollo: hacia una estrategia nacional.
- INEGI, 2003, Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México (SCEEM) 1997-2002.
- LAN, 2004, Ley de Aguas Nacionales, varios artículos.
- LFMN, 1999, Ley Federal sobre Metrología y Normalización, art. 45.
- LGEEPA, 2004, Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, sección tercera.
- MEM, 2005, (Millenium Ecosystem Assessment), Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, Informe de Síntesis.
- OCDE, 2003, Evaluación del Desempeño Ambiental, México.
- PNUMA-INE, 2004, GEO México 2004: Perspectivas del medio ambiente.
- Provencio, E., 2004, "Política y gestión ambiental contemporánea en México", en *Economía Informa*, UNAM, julio-agosto 2004, núm. 328
- \_\_\_\_\_, 2006, "Desastres: de la gestión de crisis a la reducción de riesgos", en *Foreign Affaire en español*, ITAM, abril-junio 2006, vol. 6, núm. 2.
- Semarnat-UNDP, 2005, *Informe de la situación del medio ambiente en México. Compendio de estadísticas ambientales*.



## **El gasto ambiental: diagnósticos y reflexiones de política**

*Lilia Domínguez-Villalobos  
y Flor Brown-Grossman\**

Gran parte de los años ochenta fue de un avance lento en materia ambiental. Es a partir de los últimos tres años de la década de los ochenta cuando se acelera el proceso de actualización del marco normativo ambiental con la promulgación de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), un año después de las reformas constitucionales para convertir en deberes del Estado la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la preservación del medio ambiente. Si bien queda claro que a partir de la promulgación de la LGEEPA en 1988 ya había iniciativas en distintos niveles para reglamentar el cuidado del medio ambiente, en la década de los noventa la firma del TLCAN aceleró el desarrollo del marco regulador ambiental y el cambio institucional requerido para la aplicación de la política ambiental (Dalcomuni, 1997; CEPAL, 1998). Este marco ha evolucionado en cuanto a normatividad, incorporación de instrumentos voluntarios y mayor simplificación, aunque sin duda es perfectible. Un factor adicional es que la sociedad se ha vuelto más consciente y exigente, de tal forma que algunas comunidades ejercen presión sobre las entidades gubernamentales para que se haga cumplir la normatividad en el caso de empresas aledañas.

Asimismo, al alentar el proceso de modernización en la industria mexicana, el TLCAN ha sido un factor coadyuvante para que las empresas emprendan proyectos para resolver sus problemas ambientales. Esta modernización es parte de un proceso de cambio estructural de la economía que conllevó modificaciones profundas en distintos niveles. En materia de política económica destacan acciones de eliminación de los subsidios, la flexibilización de la reglamentación de la inversión extranjera directa y la transferencia de tecnología, la desregulación de algunos servicios, la privatización de las empresas públicas y, de manera importante la apertura.<sup>1</sup> Para la industria manufacturera mexicana, el paso fundamental fue esta última y la negociación de varios tratados de libre comercio, entre los

---

\* Facultad de Economía, UNAM.

<sup>1</sup> La participación en la producción bruta de la industria manufacturera de las empresas públicas y estatales disminuyó de 16.3% en 1988 a 10% en 1993, Censos Industriales 1988, 1993, INEGI.

cuales el TLCAN es sin duda el más importante. Cambiaron las reglas del juego y en un lapso bastante breve las empresas industriales se encontraron en un entorno radicalmente distinto, lo cual generó la necesidad de actualizar su tecnología e invertir en la mejora de sus capacidades tecnológicas.

La presencia de incentivos de mercado provenientes de las exportaciones junto con la regulación y un comportamiento más proclive al aprendizaje y la innovación dieron como resultado nuevos patrones de conducta empresarial para prevenir el impacto de su actividad en el medio ambiente. Inicialmente, cuando la regulación se tornó más exigente, el abatimiento de la contaminación estuvo ligado a la tecnología de control, como las plantas de tratamiento, los filtros y otros equipos, pero crecientemente se fue reconociendo que las soluciones a los problemas ambientales en las empresas industriales no estaban confinadas a este tipo de equipos y que se interrelacionaban con inversiones que permitían beneficios económicos para éstas. En otras palabras las empresas podían hacer coincidir el objetivo de modernización con el de mejoras en el desempeño ambiental. Así el número de empresas que realizó inversiones ambientales se triplicó de 1994 a 2002.

Sin embargo, el proceso de modernización ha tenido un carácter altamente selectivo. Destacan en este proceso un núcleo de empresas trasnacionales y un sector de la industria de propiedad nacional que modificó sus estrategias competitivas para insertarse en el mercado internacional directa o indirectamente, compuesto predominantemente por empresas de tamaño medio a grande (Dominguez, 1999; Garrido, 1994; Dominguez y Brown, 1998; Dussel, 1997; Dutrenit, Vera-Cruz y Arias, 2003). En contraste un número mayoritario de empresas más bien pequeñas ha quedado rezagado.

Ante este hecho y las dificultades para hacer cumplir la normatividad en el conjunto de la industria, la inversión ambiental no ha alcanzado la difusión que se esperaba. Presenta un alto grado de concentración en un grupo de empresas que pertenecen a sectores altamente contaminantes en los que la exigencia ha sido más rigurosa o son empresas exportadoras cuya imagen depende en parte del desempeño ambiental, o multinacionales con matrices que tienen estándares ambientales exigentes, o bien en empresas que son solventes en términos financieros, dada la escasez de crédito industrial.

Este trabajo presenta un análisis sintético de la dinámica del gasto ambiental y los cambios en el perfil de las empresas industriales a partir del TLCAN que realizan este gasto y lo largo de ocho años a partir de que México ingresa al TLCAN. Las conclusiones y las recomendaciones de políticas. Por último, en el quinto inciso se presentan los aspectos metodológicos relacionados con la medición de los acervos ambientales. El trabajo consta de cuatro incisos además de esta introducción. Analiza la estructura y tendencias de la inversión ambiental en el periodo comprendido entre 1994 y 2002.

## **La inversión ambiental en la manufactura mexicana: 1994-2002**

La fuente de información de este trabajo es la Encuesta Industrial Anual (EIA). La ventaja de ésta es que contiene información de una muestra de 6 000 establecimientos con una cobertura de alrededor

de 70% del PIB de 205 clases industriales para el periodo de 1994 a 2002, lo que permite examinar el gasto ambiental desde una perspectiva amplia.<sup>2</sup> La encuesta contiene además otras variables de tipo económico, como exportaciones, producción bruta, valor agregado, inversión y empleo. En otras palabras esta información puede dar luces sobre la asociación del gasto ambiental de los establecimientos con sus características institucionales y su comportamiento económico.

Idealmente el gasto ambiental debería incluir todas las erogaciones con este fin, tanto en maquinaria y equipo de todo tipo como en salarios del personal dedicado a operarlo y gestionar el medio ambiente. La EIA no incluye este último aspecto; las remuneraciones al personal están reportadas sin desagregar la función de éste. De ahí que nuestra variable del gasto ambiental esté subestimada ya que se refiere sólo a equipos. Sin embargo, a pesar de esta limitación, en nuestra opinión puede dar luces para analizar las tendencias y los cambios en la estructura del gasto.

El gasto de inversión con fines ambientales se plasma en una gran gama de equipos. Por un lado están los activos de control, pero no solamente. Otros equipos están dedicados a la investigación y desarrollo para la solución de problemas ambientales de la empresa. La EIA incluye entre sus preguntas una sobre compras anuales, construcción y desecho de activos para controlar la contaminación, y la segunda sobre las adquisiciones del equipo y maquinaria dedicada a la investigación y desarrollo con fines ambientales. Es importante tomar con cautela la distinción hecha entre los dos tipos de inversiones y no asociarlas estrictamente a un enfoque de control *versus* uno preventivo. En primer lugar, no son mutuamente excluyentes. Además en muchas ocasiones los activos de control son el vehículo para recuperar materias primas y reciclarlas, o sea que son complementarios a un enfoque de prevención. Por otra parte la investigación y desarrollo ambiental (iyd) puede tener un enfoque ya preventivo, ya de control. La información con la que se cuenta no permite hacer mayores distinciones.

Con el gasto de inversión referido se construyó la serie del valor total de los acervos del capital con fines ambientales<sup>3</sup> de la industria manufacturera. Los acervos ambientales crecen en promedio anual a una tasa de 27.2% de 1994 a 2002. En 1994, 725 establecimientos tenían inversiones ambientales. En 2002 éstos se incrementaron a 2 463. Esto significa que después del inicio del TLCAN 1 738 establecimientos realizaron alguna inversión para cumplir con la normatividad ambiental, es decir, poco menos de la tercera parte de los 6 000 establecimientos de la muestra. Si se compara con los 2 000 000 que registra el Censo Industrial es una proporción insignificante. Sin embargo, estos establecimientos contribuyen con 65% del valor agregado de la EIA en 2002, lo que sugiere un avance importante entre las empresas de mayor valor agregado. Las tasas anuales de incremento muestran que hubo un fuerte impulso inicial y que después las tasas fueron decrecientes hasta 1998, en que

<sup>2</sup> La información de 2003 no estaba disponible cuando se elaboró este trabajo.

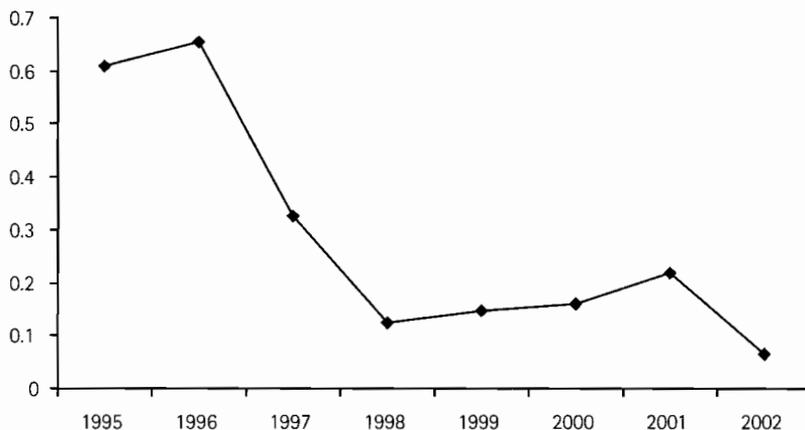
<sup>3</sup> En lo que sigue nos referiremos a éstos como activos ambientales o acervos de capital ambiental. Para conocer la metodología para la construcción de los activos ambientales, véase Domínguez y Brown, 2006.

vuelven a crecer, aunque a un ritmo menor que el inicial, para después caer en 2002. La alta tasa de crecimiento del primero y segundo años coinciden con la entrada al TLCAN, pero también puede interpretarse como producto de los cambios institucionales y normativos relacionados con el tema ambiental (gráfica 1).

Gráfica 1

**Tasas de crecimiento anuales del gasto ambiental**

1994-2002



Fuente: Elaboración propia con información de la EIA.

La composición de los acervos brutos de capital ambientales en la industria manufacturera ha cambiado a lo largo del periodo. El valor de los acervos ambientales (IyD) constituía 43% del gasto total en 1994 con 387 establecimientos. En 2002 este porcentaje pasa a 24%, con 2 206 establecimientos. En contraparte el de control crece a una mayor tasa (32% frente a 18.3%) y pasa de 57% (455 establecimientos), a 76% (859 establecimientos). Es decir, que la inversión en IyD tendió a difundirse más entre los establecimientos, pero el gasto por establecimiento decrece. El valor medio por establecimiento de la inversión de control es mucho más alto (744 *versus* 5 931 miles de pesos de 1993) (gráfica 2).

Una cuestión preocupante se refiere a la concentración del valor de los acervos de capital ambiental en un número reducido de establecimientos. De los 2 206 establecimientos con gasto (IyD) positivo, 345 contribuyen con 87% del total de este gasto. En el caso de los activos (control) 112 establecimientos concentran 90% del valor total de los acervos del total de los 859 establecimientos.

El esfuerzo ambiental de las empresas se aprecia en un incremento del gasto en activos ambientales en el valor agregado de los establecimientos. En 1994 el gasto en activos ambientales (IyD) de los establecimientos constituye menos de 1% del valor agregado del total de los establecimientos con

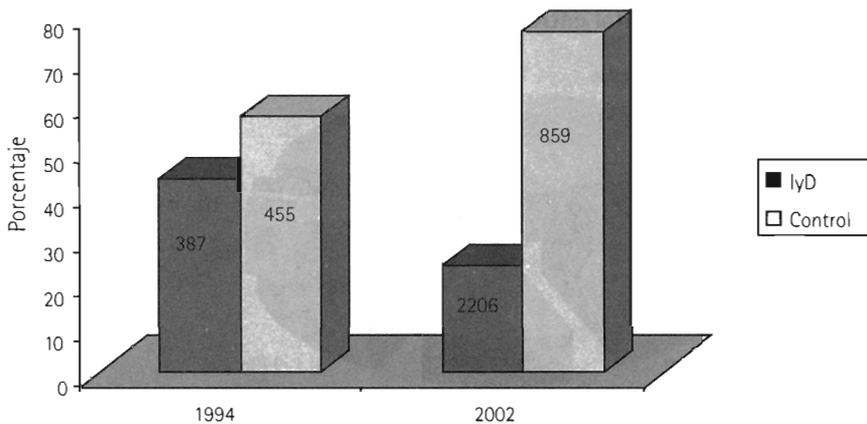
este gasto. A lo largo del periodo se dio un ligero incremento hasta llegar a 1.4% en 2002. En los activos (control) el cambio es mucho mayor, de pasar de 1.2% a 4.3% como se aprecia en la gráfica 3.

Gráfica 2

### Composición de los acervos ambientales

(porcentaje y número de establecimientos)

1994 y 2002

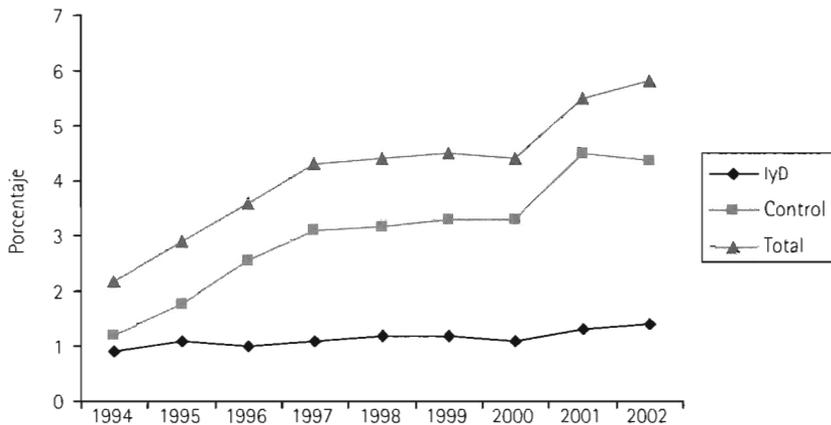


Fuente: Elaboración propia con información de la FIA.

Gráfica 3

### Participación de los activos ambientales en el valor agregado

1994-2002

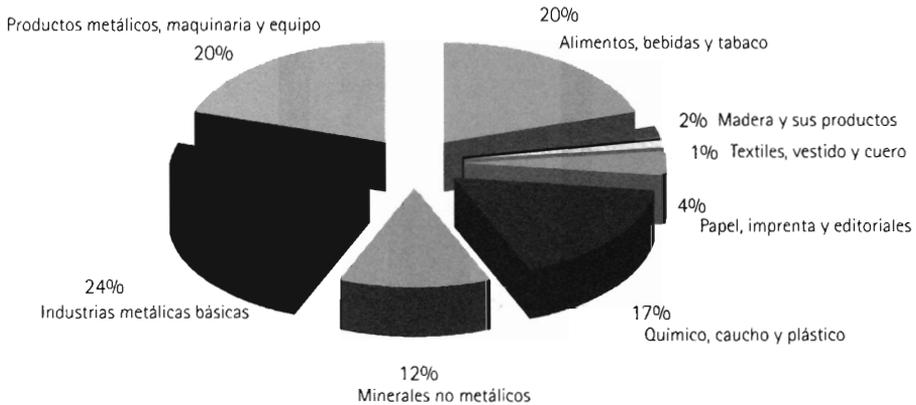


Fuente: Elaboración propia con información de la FIA.

En la medida en que las divisiones industriales se distinguen por sus características tecnológicas particulares, requieren distintas intensidades energéticas y uso de agua. Éstas se reflejan en un gasto de inversión ambiental diferenciado. De hecho cuatro industrias realizaban 82% del gasto total de la industria en 2002, con la siguiente distribución: industrias metálicas básicas (24%), alimentos, bebidas y tabaco (20%), productos metálicos, maquinaria y equipo (20%) y química (17%) (gráfica 4).

Gráfica 4

**Distribución del gasto ambiental entre sectores industriales**



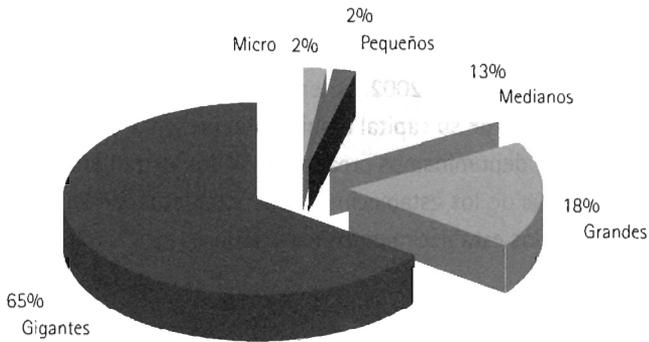
Fuente: Elaboración propia con información de la EIA.

La industria metálica básica tiene el mayor valor de acervos ambientales por establecimiento con un crecimiento notable entre 1994 y 2002: de 5.1 a 20.7 millones de pesos; le siguen minerales no metálicos (3.8 y 4.5) y alimentos, bebidas y tabaco (1.1 y 2.6). La división papel, imprenta y editoriales disminuyó su alto gasto entre 1994 y 2002 de 2.2 a 1.7 millones de pesos.

Analizando la distribución de los activos ambientales por tamaño se observa la correlación entre el tamaño y el gasto en todo el periodo. Así, en 2002 los establecimientos gigantes concentran 65% del gasto; le siguen los grandes, con 18%, los medianos con 13% y los pequeños y micro con 2%, respectivamente (gráfica 5). Hay una brecha en la tasa de crecimiento entre los establecimientos gigantes y el resto. Mientras que la tasa de crecimiento de los gigantes fue de 18.7% anual, la de los grandes llegó a sólo 4%, las de los medianos a 3.7% y la de los micro a 1% y 0.21% la de los pequeños.

Como un aspecto positivo debe mencionarse que el valor medio por establecimiento en las microempresas creció, cerrando la brecha frente a los establecimientos gigantes. La diferencia entre el valor de los activos ambientales de los gigantes y los micro era 72 veces en promedio en los primeros tres años del periodo y disminuyó a 56 en los últimos tres años. Esto no sucedió con el estrato de los pequeños, medianos y grandes. Por último, el análisis de la distribución del número de establecimientos por tamaño revela que aunque ha habido avances importantes en la incorporación

Gráfica 5

**Distribución del gasto ambiental por tamaño de los establecimientos**

Fuente: Elaboración propia con información de la EIA.

de establecimientos (los micro pasaron de 53 a 484 establecimientos con gasto y los pequeños de 93 a 379), en éstos son claramente insuficientes dado el número de empresas de menor tamaño en la industria manufacturera mexicana.

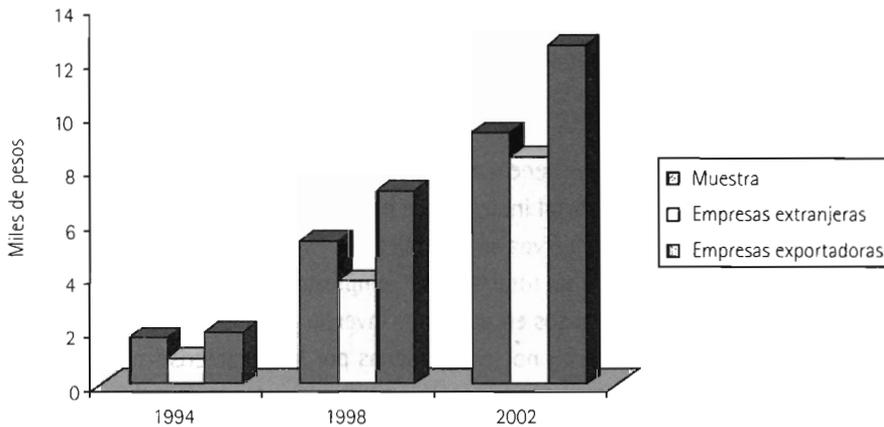
El grupo de empresas extranjeras tiene mayor dinamismo que el promedio de la industria (35% *versus* 27%). Su participación en el total industrial se incrementa de 21 a 35% de 1994 a 2002 así como también crece el valor de los acervos ambientales por establecimiento. Sin embargo, a pesar de lo anterior no todo es positivo. De un total de 1 385 empresas en la muestra, 577 reportan inversiones ambientales en la EIA. En los casos en que estas inversiones ambientales no están presentes, ello puede deberse a que éstas podrían no ser necesarias por las características de los procesos y porque la empresa tiene gastos en personal y operativos para resolver sus problemas ambientales, los cuales no fueron captados por nuestra información. Sin embargo, sería importante analizar con mayor profundidad las razones por las que esta alta proporción de establecimientos extranjeros no tiene activos ambientales, ni de IyD ni de control (gráfica 6).

Al igual que en el caso de las empresas extranjeras, las empresas exportadoras tienen un alto dinamismo, con una tasa de crecimiento del valor de los activos ambientales totales de 34% frente a 27% de la industria manufacturera. El número de establecimientos con alguna inversión ambiental representaba menos de 50% del total de los establecimientos, pero éstos tienen 75% del valor total. Es decir, que se incorporaron establecimientos no exportadores en una mayor proporción después del TLCAN, pero los exportadores incrementaron su gasto ambiental en forma intensiva. El gasto por establecimiento tiene también un alto crecimiento (gráfica 6). De la misma manera que las exportaciones, Domínguez y Brown (2006) muestran que las capacidades tecnológicas empresariales también están correlacionadas con la inversión ambiental. Las empresas de altas capacidades representan 12% del total de establecimientos y 50% del gasto ambiental total, siete veces mayor que el de los establecimientos con menores capacidades.

En suma, un gran número de empresas ha incorporado inversiones ambientales. Sin embargo, un análisis más detallado permite apreciar que el gasto de inversión ambiental es sumamente inestable a lo largo del tiempo y quizá en muchas ocasiones ocurra en una sola vez. De ahí que nos interesó localizar el grupo de empresas con una inversión consistente a lo largo del periodo tomando como referencia los años 1994, 1998 y 2002. Se encontró que solamente 322 establecimientos tienen esta característica; el valor de su capital ambiental representa 45% del total de la muestra. De estos establecimientos, que denominamos preactivos, 84 son extranjeros con una participación en el capital ambiental de 31% de los establecimientos extranjeros, y 188 son exportadores, con 47% del capital ambiental de los establecimientos exportadores (gráfica 7).<sup>4</sup>

Gráfica 6

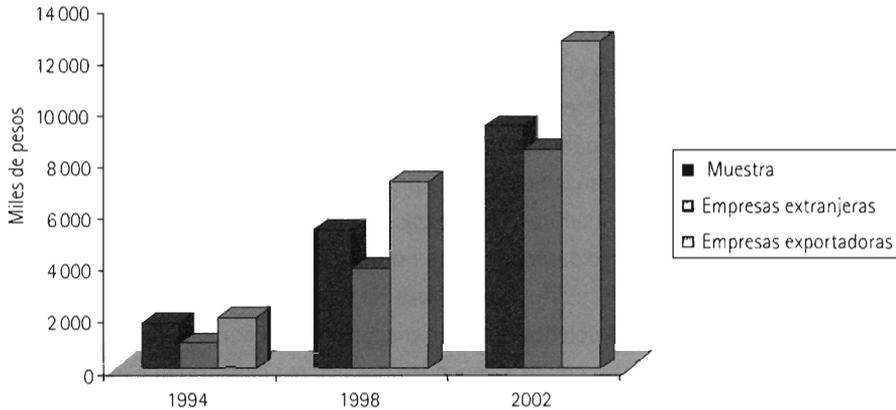
**Gasto ambiental por establecimiento**



Es posible que no todos los sectores industriales justifiquen la necesidad de un gasto permanente, pero sin duda es necesario que las inversiones ambientales se renueven y actualicen para que tengan un efecto en el medio ambiente. Nuestra información sobre la inversión es en términos brutos, lo cual implica, en todos los sectores, la necesidad de al menos recuperar el desgaste de los equipos. Esto parece ocurrir sólo en los establecimientos preactivos. Por tanto, a pesar de los avances registrados en la incorporación de empresas al cumplimiento de la normatividad, no se puede ser demasiado optimista.

<sup>4</sup> Es posible que algunos establecimientos no aparezcan en este grupo debido a que no invirtieron en el año inicial; sin embargo, la subestimación no parece importante dado el porcentaje del capital ambiental de estos establecimientos.

Gráfica 7

**Gasto ambiental en los establecimientos preactivos****Conclusiones y recomendaciones de política ambiental**

Este trabajo muestra, en escala de industria, un crecimiento de los acervos ambientales acumulados y la incorporación de un mayor número de establecimientos a partir del año de inicio (1994) del TLCAN. El gasto de inversión está relativamente concentrado en cuatro divisiones, que son intensivas en energéticos o en el uso de agua y que están sujetas a presión regulatoria importante, pues su vigilancia depende del nivel federal de gobierno. En cuanto a las diferencias por tamaño se observa que aumentó el número de establecimientos pequeños con inversiones ambientales, pero su número es todavía insuficiente. Con mucho, sobresalen los establecimientos gigantes por su contribución al gasto total y por el gasto medio por establecimiento. El gasto de las empresas exportadoras y las extranjeras tiende a ser más dinámico que el del resto. En la medida en que estas empresas aportan una buena parte del valor bruto de la producción, esto implica que buena parte de la contaminación de la industria manufacturera está siendo abatida por estas inversiones. Sin embargo, hay un porcentaje importante de contaminación que persiste y está disperso.

Los resultados del modelo econométrico muestran que las inversiones ambientales están asociadas con el tamaño, la presión de los accionistas extranjeros, las capacidades tecnológicas empresariales, el desempeño de las empresas, la regulación y la necesidad de cumplir con los estándares exigidos por los clientes del mercado internacional. Podría decirse entonces que en la medida en que el TLCAN ha estado relacionado con una regulación más completa, con un alto crecimiento de las exportaciones y empresas extranjeras, junto con un proceso de modernización industrial, ha incidido de manera positiva en el esfuerzo por prevenir o controlar la contaminación. Sin embargo, el incentivo de la competencia internacional y una política basada predominante-

mente en el mercado fueron insuficientes para lograr la difusión del proceso de modernización en toda la industria.

Sin duda alguna uno de los aspectos más preocupantes de los resultados de las estadísticas de la inversión ambiental es la altísima concentración de ésta en un relativamente pequeño segmento de la industria manufacturera, tanto en términos sectoriales como de estratos de tamaño. Esto ha sido ya identificado por una gama de estudios para México y otros países latinoamericanos (CEPAL). Por un lado, la escasez de recursos públicos ha motivado que el esfuerzo de monitoreo se dirija a los grandes contaminantes, que son más notorios. La presión regulatoria es casi inexistente para las micro y pequeñas empresas contaminadoras. Las fuerzas que impulsan la demanda en el mercado de servicios ambientales no trabajan debidamente y éste no tiene incentivos para ampliarse.

Por el otro, la disponibilidad de créditos para la PYME ha sido limitada. El primer y más importante problema es que los programas ambientales tienen una asignación limitada de fondos. Adicionalmente con pequeñas excepciones, los créditos dependen del sistema bancario que impone requisitos que una empresa micro o pequeña no pueden llenar. Es decir que en su mayor parte los programas de crédito ambiental no contemplan las necesidades de la PYME.

Por supuesto que sugerir mayor monitoreo a las PYME puede ser muy ineficiente. Es importante generar incentivos para promover un comportamiento ambiental más activo por parte de estas empresas, es decir que se autorregulen. Por un lado, podría aprovecharse la información sobre los focos de contaminación tanto en clases industriales como zonas geográficas, para concertar un programa entre instancias federales, estatales y municipales en la realización de visitas de "alto impacto". Estas visitas coadyuvarían a despertar la necesidad de realizar un cambio dentro de las empresas pequeñas. Por el otro, es necesario crear instrumentos económicos que compensen el costo de las inversiones ambientales en el corto plazo y promuevan la autorregulación de las empresas. El más importante sería la presencia de créditos competitivos y accesibles a la PYME. Hasta ahora la evidencia muestra que los programas presentes han tenido una repercusión mínima. Programas como el de FIPREV deberían tener mayor cobertura y recibir más fondos.

En cuanto a instrumentos fiscales, en el ámbito federal sólo se han concebido dos que hasta ahora tienen escasa utilidad para la pequeña empresa. Un ejemplo interesante son las reducciones al impuesto sobre nómina y al impuesto predial a personas físicas o morales que realicen actividades empresariales de reciclaje o a empresas o instituciones que apoyen programas de mejoramiento de las condiciones ambientales en el Distrito Federal. Este incentivo es nuevo y apenas ha tenido algo de difusión.

Hay evidencia abundante sobre medidas innovadoras que las empresas pueden llevar a cabo para prevenir la contaminación y a la vez ahorrar costos en insumos. Sin embargo, no siempre son tomadas en cuenta por las empresas en el corto plazo. Las empresas pequeñas consideran, en buena parte equivocadamente, que atender el medio ambiente es sólo un costo. Además no tienen rutinas de búsqueda tecnológica que les permitan identificar soluciones eficientes ni cuentan con las habilidades innovadoras, muchas de las cuales no requieren altas inversiones. Como toda innovación,

la ambiental tiene como uno de sus ingredientes la presencia de capacidades tecnológicas. Esto nos remite al problema de la influencia de la desigual acumulación de capacidades tecnológicas empresariales en la inversión ambiental. Los esquemas de apoyo, al recompensar el comportamiento ambiental de las empresas, resolverían parte del problema porque la insuficiencia de capacidades tecnológicas no puede resolverse sin una política al respecto. En nuestra opinión, no se ha considerado la amplia área de coincidencia entre la política de desarrollo tecnológico y la ambiental dirigida a las empresas pequeñas y medianas que promueva la generación de tecnologías limpias.

Es necesario incorporar el objetivo empresarial de la competitividad con el social de sustentabilidad. Los resultados sobre la importancia de contar con capacidades tecnológicas empresariales para lograr innovaciones ambientales en el camino de la ecoeficiencia indican que hay una ventana de oportunidad para la política tecnológica en la cual el Conacyt podría actuar dejando clara la prioridad que se da en todo el país al medio ambiente y crear incentivos para la innovación ambiental. Se podrían ligar los incentivos a la innovación tecnológica con la necesidad de disminuir o prevenir la contaminación, independientemente de que se generen beneficios económicos.

Otra área de oportunidad se encuentra en los programas de desarrollo de proveedores, que podrían incluir como requisito el cumplimiento de la normatividad ambiental y el apoyo para este fin para las pequeñas y medianas empresas, y que participen en ellas.

Adicionalmente, se requiere diseminar información para hacer que los negocios perciban los beneficios de la tecnología más limpia en la forma de menores costos por desechos, energía y materiales. El uso de sistemas de gestión ambiental y las guías de cuidados ambientales pueden ser un medio. Esfuerzos de instituciones como el Centro de Producción Más Limpia, con sus guías de autoevaluación para la pequeña empresa, son loables pero se han difundido poco. Es importante convencer a los distintos grupos de la sociedad sobre la necesidad de emprender campañas de información al respecto y que no sólo sea una campaña gubernamental.

En conclusión, la difusión de las inversiones ambientales entre las empresas de menor tamaño, orientadas al mercado interno y de bajo perfil tecnológico, incrementaría su eficacia si se aplicara un enfoque integral de política ambiental y de desarrollo empresarial hacia la pequeña empresa, con la promoción de programas de tecnologías y producción más limpia que incluyan instrumentos económicos tales como los incentivos fiscales y los créditos preferenciales. Hasta ahora el financiamiento continúa siendo un problema para la pequeña empresa. Es importante que haya mayor coordinación entre las instituciones que forman parte del subsistema sectorial de innovación ambiental.

## Bibliografía

Censos Industriales, 1998, 1993, INEGI.

CEPAL, 1998, "Industria y medio ambiente: un reto de supervivencia", L. M. R. 671, México.

Dalcomuni, Sonia, 1997, *Dynamic Capabilities for Cleaner Production Innovation: the Case of the Market Pulp Industry in Brazil*, PHD, SPRU, Sussex.

Domínguez, Lilia, 1999, "Comportamiento empresarial favorable al medio ambiente: el caso de la industria manufacturera de ZMCM", en *Instrumentos económicos para un comportamiento empresarial favorable al ambiente en México*, A. Mercado, México, FCE-El Colegio de México.

\_\_\_\_\_ y Flor Brown, 2003, "Necesidades de bienes y servicios ambientales en las micro y pequeñas empresas: el caso mexicano", en CEPAL/Sociedad Alemana de Cooperación Técnica GER/038, Santiago de Chile.

Domínguez, Lilia y Flor Brown, 1998, *Transición hacia tecnologías flexibles y competitividad internacional en la industria mexicana*, México, Miguel Ángel Porrúa.

\_\_\_\_\_ y Flor Brown, 2006, "Business Environmental Decisions in the Context of the Free Trade Agreement", Third North American Symposium on Assessing the Environmental Effects of Trade, [http://www.cec.org/files/PDF/ECONOMY/Dominguez-T-E-Symposium05-Paper\\_en.pdf](http://www.cec.org/files/PDF/ECONOMY/Dominguez-T-E-Symposium05-Paper_en.pdf).

Dussel, E. Piore, M. y C. Ruiz, 1997, *Pensar globalmente y actuar regionalmente*, México, Jus.

Dutrenit, Gabriela, Alex Vera-Cruz y Alejandro Arias, 2003, "Diferencias en los perfiles de acumulación de capacidades tecnológicas en tres empresas mexicanas", *El Trimestre Económico*, núm. 277, pp. 109-164.

Garrido, Celso, 1994, "Grupos privados nacionales en México", *Revista de la CEPAL*, núm. 53, pp. 159-175.



**Segunda sección**  
**Recursos naturales**  
**y aprovechamiento sustentable**



## Recursos naturales y sustentabilidad: una perspectiva institucional y de acción colectiva

*Roberto M. Constantino Toto\**

### **Antecedentes**

La relación existente entre el esquema de aprovechamiento social de los recursos naturales y la sustentabilidad de este mismo patrón, puede abordarse desde diferentes perspectivas. Una primordialmente importante es la perspectiva institucional.

Sin importar el sector al que se dirige una política pública de gestión de los recursos naturales y sin compartir necesariamente los enfoques de gestión de la administración pública que las ejecute, es innegable que las decisiones que se efectúan en los órganos legislativo y ejecutivo afectan la manera en la que la sociedad se relaciona con la naturaleza. Dependiendo de los incentivos que se diseñen y la capacidad institucional para vigilar y sancionar el cumplimiento de la reglas de aprovechamiento social sobre los bienes y servicios que provee la naturaleza, se podrán estimular conductas precavidas en materia de aprovechamiento o desarrollarse patrones de depredación recurrente.

El Estado y la magnitud de los acervos de capital natural tienen un efecto directo sobre los niveles de bienestar social, no sólo en términos de la calidad de vida de los ciudadanos asociada con el medio ambiente, sino también en materia de distribución de la riqueza. No se puede perder de vista que el capital natural o los recursos naturales son determinantes de las posibilidades productivas de una sociedad a través de su papel como insumos en el proceso económico; pero también el capital natural presta servicios en la función de sumidero de los residuos de las actividades productiva y consumtiva de una sociedad. Por supuesto, la manera en la que se aprovecha la naturaleza socialmente es una manifestación de las reglas distributivas en una sociedad. Ello hace que las decisiones de política pública en materia de gestión y aprovechamiento de los recursos naturales se hayan convertido en un escenario con implicaciones sociales importantes.

---

\* Profesor-investigador del Departamento de Producción Económica, Universidad Autónoma Metropolitana, Xochimilco. Coordinador Académico de la Cátedra Raúl Anguiano de Recursos Naturales UAM-Semarnat.

En la medida que el aprovechamiento de los flujos de materiales y recursos se destinan a la elaboración de productos, la manera en la que se emplean estos insumos no sólo tiene una expresión en el tipo de productos elaborados, también se manifiestan en los procesos distributivos de una sociedad. De tal suerte que el aprovechamiento de los recursos naturales, la manera en la que las sociedades nos apropiamos de porciones significativas de la naturaleza, tiene un efecto directo en la capacidad de que disponemos para promover el bienestar y distribuir los beneficios entre los integrantes de una sociedad, y de aquí su estrecha vinculación con los problemas del crecimiento económico.

En los debates contemporáneos acerca del problema de la sustentabilidad y el diseño de políticas públicas destinadas a la gestión social de los recursos naturales, se ha concentrado la atención con mayor frecuencia en el papel de éstos en el proceso de crecimiento económico o su influencia en la disminución de la pobreza (Sachs y Warner, 2001; Strauss, 2000; Leamer *et al.*, 1998). Las regularidades empíricas en el caso de sociedades que disponen de amplias dotaciones relativas de recursos naturales no son concluyentes, existen casos como los de los países del sudeste asiático en los que se considera que la gestión de los recursos naturales ha sido compatible con trayectorias exitosas de crecimiento económico, sin embargo, también se citan casos como los latinoamericanos en los que esto no es así.

¿Por qué en algunas sociedades las trayectorias de crecimiento económico han sido compatibles con procesos de aprovechamiento productivo de los recursos naturales? ¿Acaso la disponibilidad de acervos importantes de recursos naturales en una sociedad es más un problema público que una oportunidad que se debe hacer llegar a los ciudadanos? La respuesta parece encontrarse en los dispositivos institucionales que se han diseñado para hacer convergente el aprovechamiento y la competencia por el uso de los recursos, con los mecanismos de cooperación social y la preservación comunitaria de las propiedades de la naturaleza (Ribot, 2002).

Si por instituciones e institucionalidad se refiere al entramado de reglas de interacción, tanto formales como informales que se han construido socialmente para resolver problemas relativos al ámbito público, de lo que es común a todos y no sólo lo gubernamental, entonces la búsqueda de opciones estratégicas para el mejor desempeño social, para la promoción de un proceso de crecimiento económico estable y de largo plazo, que implique al mismo tiempo una distribución de los beneficios económicos de forma tal que ello incentive a la preservación de las propiedades y dotación de la naturaleza, atraviesa necesariamente por un nuevo diseño institucional del que no se puede sustraer a los órganos de gobierno del Estado.

Este artículo está dividido en tres secciones. En la primera, se presenta una caracterización de la acumulación de capacidades del gobierno federal mexicano en materia de política de gestión de los recursos naturales. En la segunda, se abordan los asuntos de índole presupuestal como parte del contexto de la acción gubernamental. En la tercera se presenta una agenda de acciones que pueden considerarse para mejorar la efectividad de la acción gubernamental federal y hacerla compatible con el objetivo de un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

El eje articulador de este documento es la consideración que el diseño de nuevos dispositivos institucionales en materia de gestión de los recursos naturales en México tiene que relacionarse con el proceso de creación y transferencia de valor a partir de la naturaleza y hacia los centros de población directamente relacionados con su propiedad, posesión y aprovechamiento. En suma, una nueva institucionalidad que, en primer lugar, convenga en reconocer un valor económico intrínseco a los bienes naturales. Y, en segundo lugar, promueva un proceso de redistribución de los beneficios relacionados con el aprovechamiento y la conservación del capital natural entre las comunidades circundantes, pero también la reasignación de corresponsabilidades para que los usuarios directos e indirectos de las propiedades de los bienes y servicios naturales internalicen los costos de sus decisiones.

### **Las capacidades públicas y el deterioro de los recursos: la importancia de las instituciones**

En la sociedad mexicana moderna el papel de las instancias gubernamentales es fundamental para determinar la trayectoria del desempeño social. El caso de la gestión de los bienes y servicios provistos por la naturaleza no es la excepción.

En efecto, se ha documentado el poder de las instituciones federales mexicanas para promover o modificar los patrones de utilización de los servicios de la naturaleza. El gobierno al perseguir objetivos ambientales a través de regulaciones específicas ha suscitado nuevas prácticas económicas de creciente valor agregado (Constantino y Muñoz, 2004). Esto es indicativo de que es posible la convergencia entre los intereses económicos y el cumplimiento de algunos objetivos ambientales.

El hecho que en el caso de los recursos naturales una buena parte de éstos sean considerados bienes públicos, hace impensable que ningún gobierno pueda considerar seriamente renunciar a su presencia estratégica en dicho sector, sin tomar en cuenta el efecto negativo sobre la eficiencia social en el uso del capital natural. Inevitablemente las decisiones en materia de gestión de los recursos naturales tienen un efecto multiplicador en el bienestar comunitario. Por lo tanto, una estrategia para el mejor aprovechamiento del capital natural requiere del acompañamiento transversal de otras políticas que faciliten efectivamente la explotación productiva de alto valor agregado, programas de fomento fiscal y mecanismos que garanticen la redistribución efectiva de los beneficios generados a partir de la explotación de los recursos.

Por supuesto, la política de aprovechamiento de los recursos naturales no sólo debe incorporar incentivos positivos que alienten mejores prácticas productivas o de consumo entre los agentes sociales, ésta se completa con la incorporación de los instrumentos necesarios para inhibir las prácticas depredadoras. Ello implica que existe un catálogo de las propiedades y mediciones de la calidad de los recursos naturales, de forma tal que es posible efectuar un proceso de monitoreo y verificación del cumplimiento de las normas de aprovechamiento, en el que la probabilidad de incurrir en sanciones es creciente debido al fortalecimiento de las capacidades gubernamentales de vigilancia.

Al referirse al aprovechamiento de los recursos naturales es ineludible abordar el problema de la sustentabilidad de las prácticas de utilización de la naturaleza por parte de la sociedad. ¿De qué manera se promueve el uso de las propiedades del capital natural de forma tal que no se comprometa el bienestar público debido a una creciente degradación o desaparición de los acervos de recursos naturales? ¿Cuánto y de qué forma es conveniente emplear de la naturaleza como un insumo para garantizar que la sociedad recibirá beneficios productivos sin desequilibrar de manera permanente al ámbito natural?

La búsqueda de una respuesta instrumental para establecer objetivos de gobierno que faciliten el aprovechamiento directo de acervos de agua, suelos, aire, recursos forestales y recursos bióticos en general, es el ámbito de la sustentabilidad.

Antes de proseguir con los planteamientos relativos al diseño de políticas públicas dirigidas a la gestión de los recursos naturales, se precisa de establecer un marco de referencia para el principio de la sustentabilidad, porque en el caso de las políticas destinadas al sector recursos naturales no se desea el diseño de cualquier tipo de estrategia, sino de una que satisfaga los criterios de sustentabilidad.

La sustentabilidad está asociada al principio de aprovechamiento de las propiedades del capital natural sin rebasar la capacidad del sistema para equilibrarse y garantizar la reproducción de las propiedades de los bienes naturales en periodos de tiempo posterior. Al asumirse que los recursos naturales tienen un impacto directo, tanto desde las perspectivas de la producción, el consumo y otros servicios intangibles como los estéticos; en el bienestar de los individuos, entonces el principio de la sustentabilidad pasa de ser una referencia física para adquirir una dimensión ética, política y social.

Existen diferentes formas para interpretar y, por lo tanto, diseñar mecanismos de gobierno a partir de lo que es un acto social sustentable en materia de aprovechamiento de los recursos naturales. Y cada una de éstas demanda características institucionales y esfuerzos gubernamentales diferentes. Evidentemente los marcos axiológicos que se empleen son fundamentales.

Desde la teoría económica, un esfuerzo por racionalizar la sustentabilidad ha dado pie al menos a la construcción de tres diferentes formas interpretativas. Tales son los casos de las condiciones de sustentabilidad extrema, fuerte y débil.

Si inicialmente se considera un escenario con homogeneidad de actores sociales que deciden con máxima racionalidad, y que se relacionan a partir de juegos de suma positiva, entonces los principios de la sustentabilidad cobran un sentido de urgencia y se pueden establecer como criterios institucionales de observancia general para todos los participantes del aprovechamiento de los recursos naturales.

Una primera propuesta para interpretar la sustentabilidad es la condición extrema, en este caso se asume que la relación entre la naturaleza y la sociedad transcurre con base únicamente en el aprovechamiento de los flujos excedentes del capital natural sin afectar los acervos físicos iniciales. Desde la perspectiva de esta definición, el capital natural y el antropogénico son estrictamente

complementarios y, por lo tanto, cualquier incremento en el bienestar material de la sociedad, sin considerar la regla distributiva, sólo puede suceder si se incrementa la productividad media del capital antropogénico y se modera la expansión del crecimiento cuyo límite está representado por la tasa de crecimiento de los flujos del capital natural.

A diferencia de la anterior, la definición de una condición de sustentabilidad fuerte sugiere que el capital natural y el antropogénico son, en algún sentido sustituibles, de forma tal que la sustentabilidad se constituye con base en la capacidad para reponer la magnitud de los activos de la naturaleza que han sido empleados en el proceso de creación de bienestar material.

Por último, la condición de sustentabilidad débil define la relación entre el capital natural y el antropogénico sobre la base de una perfecta sustituibilidad entre ambos tipos de capital, misma situación que desde la perspectiva del aprovechamiento supone que todo acto es sustentable si la tasa de crecimiento del capital antropogénico, que representa la creación de riqueza de una sociedad, supera a la tasa de aprovechamiento de los recursos naturales.

Las implicaciones de cada una de las anteriores definiciones para el diseño de políticas públicas específicas son evidentes. Por un lado, destaca la necesidad de disponer de información relevante y confiable acerca de las propiedades, estado y magnitud de los acervos de capital natural. En segundo lugar, al sumar a las anteriores definiciones aspectos como la heterogeneidad entre los agentes sociales que compiten por el aprovechamiento de recursos con base en condiciones de racionalidad limitada y cuya relación puede transcurrir predominantemente a través de juegos de suma cero, alentados por una heterogénea distribución de la riqueza; ello hace extremadamente complejo el problema de la definición operativa de lo que es sustentable en el patrón de aprovechamiento de una sociedad y, por lo tanto, para el diseño gubernamental. En tercer lugar, nos conduce a la reflexión de los instrumentos que deben estar presentes de manera explícita en los arreglos institucionales destinados a lograr un mejor aprovechamiento de los recursos naturales.

Las anteriores formas que se han presentado para definir la sustentabilidad no son desdeñables y, por supuesto, tampoco son las únicas. Sin embargo, y a pesar de lo irritante que puede resultar su planteamiento, facilitan establecer que la efectividad y eficacia de la acción gubernamental en materia de gestión de los recursos naturales es multidimensional. En efecto, en el marco del diseño de políticas públicas destinadas al sector recursos naturales bajo un enfoque de sustentabilidad, los actos de gobierno en materia de conservación, recuperación o corrección y aprovechamiento del capital natural no pueden ser consideradas iniciativas efectivamente plausibles si: *a*) los objetivos de las políticas sobrepasan las capacidades efectivas de intervención gubernamental a través de la medición, vigilancia y cumplimiento de las normas de aprovechamiento; *b*) no se previene la creación de incentivos para estimular la cooperación social en materia de cambio tecnológico que induzca un aumento de la tasa de eficiencia en el aprovechamiento del capital natural; *c*) no se previenen incentivos que reduzcan los efectos de las asimetrías en la distribución del ingreso sobre la manera en la que se lleva a cabo la utilización de los recursos naturales.

En un sentido, y ante la complejidad inherente para especificar una regla comúnmente generalizada de lo que es una política pública sustentable para la gestión del capital natural, que sea susceptible de ser verificada sin ambigüedad alguna, se ha optado en los ámbitos gubernamentales por instrumentar un criterio de sustentabilidad empírico que es limitado pero operacional, de tal suerte que una estrategia de gestión de los recursos naturales se considera sustentable si el efecto que provoca la intervención gubernamental en algunos ámbitos del aprovechamiento de los recursos reduce la presencia de las externalidades (Constantino, 2002).

El bienestar material de una sociedad, desde la perspectiva de los recursos naturales, se promueve a partir de considerar cuatro elementos: ¿Qué es lo que se produce? ¿Cuánto se produce? ¿Cómo se produce? ¿En qué contexto de reglas se produce? Ello determina, en buena medida, el efecto social que se provoca sobre el inventario o acervo de recursos naturales y en su calidad correspondiente. Éstos pueden ser caracterizados como los efectos: especialización, escala, tecnológico e institucional sobre el capital natural. Distinguir entre éstos es importante debido a que la relación que se establece entre el aprovechamiento de los recursos y su impacto correspondiente no es lineal, lo cual significa que en una escala macroeconómica dinámica no todo incremento de la actividad económica de una sociedad genera un efecto ambiental y ecológico indeseable de la misma magnitud.

La manera en la que interviene un gobierno en materia de gestión de los recursos naturales también es importante para acotar el efecto que se genera sobre la calidad y disponibilidad de los acervos de capital natural. Es decir, la elección de una forma organizacional determinada y los instrumentos que se encuentren disponibles para hacer activa la intervención gubernamental suelen determinar tres aspectos: la oportunidad de la intervención para reducir y retardar los efectos nocivos de aprovechamientos poco eficientes; la capacidad para revertir daños y el desarrollo de capacidades de aprendizaje institucional para coordinar un cambio en el patrón de aprovechamiento futuro.

En efecto, la capacidad de respuesta de las instancias gubernamentales ante los diferentes escenarios de desequilibrio en el aprovechamiento de los recursos naturales, parece estar estrechamente relacionada con el tipo de estructura de gestión que se seleccione, además del conjunto de instrumentos disponibles y la flexibilidad adaptativa de éstos.

¿Cuáles son típicamente los componentes, las funciones y los mecanismos de intervención gubernamental en materia de gestión de los recursos naturales? Puede establecerse que normalmente una política pública dirigida al sector de los recursos naturales se constituye por tres componentes genéricos. Existen componentes y dispositivos para la promoción de la conservación; para la recuperación o corrección de desequilibrios y también componentes de la política destinados a la catálisis de trayectorias de aprovechamiento, a través de las cuales se puede incentivar las prácticas que han resultado virtuosas o inhibir aquellas que tienden a incrementar la presencia de las externalidades.

Por supuesto, tales componentes pueden tener una presencia simultánea dependiendo del recurso que se trate y si existe evidencia que permita considerarlo renovable o no renovable. El mayor o menor énfasis de una u otra componente siempre se vincula con el ámbito de desequilibrio del

capital natural que se aborde, bien a través de los servicios de la naturaleza como insumo del sistema productivo o como vertedero del patrón de consumo y producción.

Ahora bien, la ejecución de las políticas públicas sectoriales siempre se asocia con funciones específicas. Desde la perspectiva de la existencia de costos de transacción al capital natural originados por la falla de los mercados para asignar eficientemente a este tipo de bienes y servicios públicos ante fines de conservación o de producción alternativos, existen un conjunto de funciones genéricas que desempeña un gobierno cuya orientación es la reducción de las distorsiones que imputan mermas al bienestar colectivo.

Las funciones que inducen a la reducción de los costos de transacción en materia del capital natural son las de la *medición* de las propiedades y magnitudes del capital natural y su estado, acción fundamental ésta para el proceso de toma de decisiones racional además de la fijación de agendas y objetivos por parte del gobierno. En segundo lugar, una función de *normalización* y determinación de estándares tanto para el aprovechamiento de la naturaleza como insumo, como para el caso de los estándares de emisión y generación de residuos, que cuente con aceptación generalizada por la evidencia que la sustenta. En tercer lugar, una función de *monitoreo y vigilancia* acerca del cumplimiento de los estándares diseñados, de manera que con base en un sistema de incentivos que alienten las prácticas ecoeficientes o inhiban las prácticas de depredación, se incremente la probabilidad de la obtención de beneficios o la de incurrir en costos de sanción según sea el caso. En cuarto lugar, una importante y visible función para el desempeño de las políticas dirigidas a la gestión de los recursos naturales es la *creación de infraestructura* para la corrección o mitigación de los desequilibrios. Y por último, pero no por ello menos importante, la *rendición de cuentas* en términos de los criterios que sustentan las decisiones de normalización o infraestructura (Duchin, 1998; Constantino, 2002).

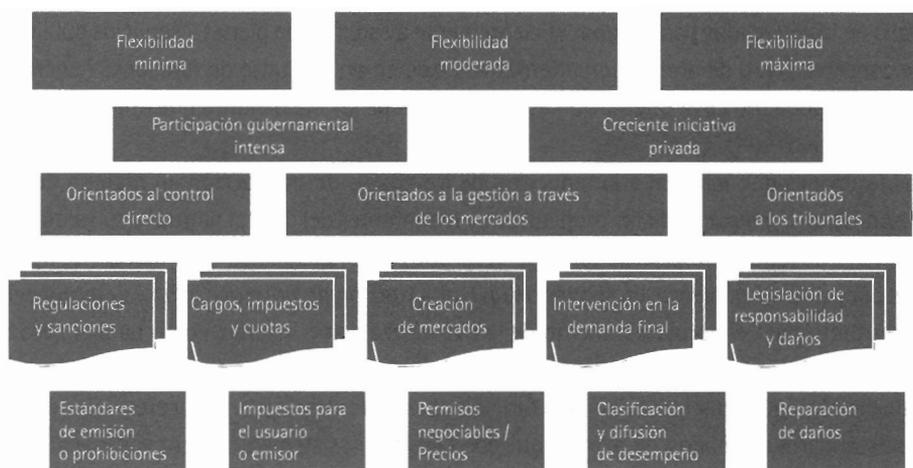
Los instrumentos que permiten el desarrollo de las funciones antes mencionadas son variados y se diferencian entre sí por el grado de participación de las organizaciones que interactúan en torno de la acción de aprovechamiento o conservación de los recursos naturales: empresas privadas, empresas paraestatales, empresas del sector social y organizaciones de la sociedad civil con fines no lucrativos. Pero también, se diferencian por el grado de flexibilidad con el que se pueden ajustar a las recurrentes variaciones en el contexto institucional o en las condiciones del estado del capital natural.

La figura 1 reproduce una fracción de los instrumentos clasificados según su mayor o menor flexibilidad y, por lo tanto, el mayor o menor grado de involucramiento de los usuarios del capital natural para establecer vínculos y compromisos profundos para el sostenimiento de las propiedades de los servicios que brinda la naturaleza.

La experiencia mexicana en materia de gestión de los recursos naturales acumulada durante los últimos siete lustros indica un proceso de relativo de acumulación de capacidades, en el que los diseños de políticas se han ajustado organizacionalmente ante las definiciones predominantes de la problemática sectorial. Tal y como se puede observar en la figura 2, la construcción de capacidades ha evolucionado paulatinamente desde un origen en el que la solución de los problemas públicos se

Figura 1

**Instrumentos para la acción gubernamental en materia de gestión ambiental y de recursos naturales**



Fuente: Huber, Ruitenbeek y Seroa da Mota (1998).

Figura 2

**Capacidades institucionales federales y diseños de política en México**



Fuente: Elaboración propia.

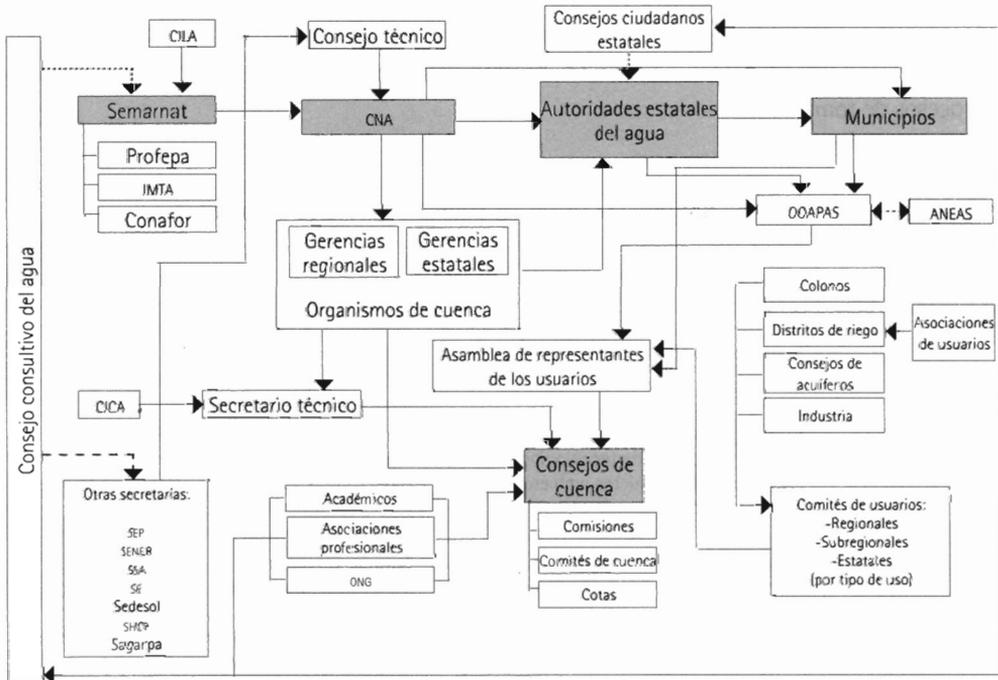
concentró estrictamente en la esfera del gobierno federal hasta procesos de desconcentración; de la gestión prácticamente exclusiva con base en la emisión de normas y estándares hasta modelos en los que se ha considerado posible el desarrollo de servicios productivos en los que convergen el sostenimiento de propiedades del capital natural con actividades que pueden generar derramas económicas importantes al nivel regional como el ecoturismo.

En el proceso de construcción de capacidades institucionales en México se transitó desde enfoques en el que la relación de la naturaleza con la sociedad se definió antropocéntricamente como asuntos de salud hasta visiones más integrales que permitieron completar los inventarios de recursos naturales y plantearse estrategias de desarrollo con base en el aprovechamiento racional.

El aprendizaje institucional se ha plasmado en el diseño de agencias gubernamentales especializadas que han respondido de diferente manera a las exigencias de la política de recursos naturales. Éstos son los casos de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa), Instituto Nacional de Ecología (INE), Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad (Conabio), Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) y la Comisión Nacional Forestal (Conafor).

Figura 3

**Un ejemplo de la complejidad en la gestión de los recursos naturales. El caso del agua**



Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, no ha sido un tránsito sin sobresaltos. A partir del año 2000 ha sido crecientemente notable la necesidad de la coordinación horizontal al nivel intersectorial de las políticas, pero también mayor consistencia en la integración vertical de éstas. Algunos ejemplos de ello permitirán aclarar la idea. La irrupción de un nuevo escenario de normalidad democrática implica el ajuste del modelo de gestión del capital natural en la medida que la sola descentralización de funciones del nivel federal a los ámbitos estatales y municipales no es suficiente para dar estabilidad y continuidad a las políticas. El entramado institucional en materia de la gestión del agua muestra con toda claridad la creciente complejidad y el creciente riesgo que se enfrenta socialmente debido a una posible falla de coordinación gubernamental de manera vertical.

Un segundo ejemplo, que es significativo de la coordinación intersectorial, está representado al nivel industrial por la inexistente compatibilidad estadística de lo que se ha dado en denominar el sector bienes y servicios ambientales con la Clasificación Mexicana de Actividades Industriales. La evolución de las políticas ecológica y ambiental ha transitado de un modelo de primera generación con una creciente importancia de los enfoques de normas prohibitivas hacia un modelo de estimulación de mercados cuyo énfasis ha sido la utilización de la tecnología remedial o fin de la chimenea, más que el desplazamiento tecnológico de los procesos productivos para el desarrollo de procesos limpios. Lo relevante en este caso consiste en que el desarrollo de un programa de fomento a la producción de este tipo de tecnologías o el desarrollo de las estrategias fiscales de *Depreciación acelerada* o *Arancel cero*, requieren de un proceso de estandarización que clasifique al nivel de productos aquellos componentes que tienen un impacto ecológico o ambiental positivo para fortalecer los procesos de toma de decisiones.

Tabla 1

**Elementos para la clasificación del mercado de bienes y servicios ambientales**

Grupo de clasificación	Definición del sector o grupo de actividad	Características
A	Bienes y servicios destinados a la gestión de la contaminación.	Tecnologías específicas caracterizadas como de <i>final del proceso</i> . Factible identificación en el sistema de clasificación mexicana de actividades productivas (CMAP).
B	Bienes y servicios destinados a la promoción, diseño y aplicación de tecnologías limpias y elaboración de productos ambientalmente menos nocivos.	Tecnologías genéricas compatibles con la hipótesis que el cambio tecnológico promueve la ecoeficiencia. La dificultad metodológica de este grupo consiste en la determinación de los acervos de bienes y prácticas ambientalmente eficientes.
C	Bienes y servicios destinados a la gestión de los recursos naturales y el aprovechamiento sostenible de recursos.	Agrupación heterogénea de bienes (infraestructura de saneamiento y prácticas forestales, pesqueras) y servicios (asesoría y ecoturismo) que facilitan un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Fuente: Elaboración propia con base en OECD (2000).

Un rasgo significativo de la estrategia de gestión federal del capital natural ha sido la paulatina incorporación de los principios de corresponsabilidad en el aprovechamiento de los recursos. Una muestra de ello ha sido la creciente y reconocida importancia del *principio del pago del contaminador* en el diseño de los mecanismos de gestión, mismos que no necesariamente tienen una expresión monetaria a través de un pago creciente, sino también puede verificarse mediante la imputación de sanciones a los usuarios de las propiedades de la naturaleza que omitan el cumplimiento de las normas correspondientes. En un sentido, este principio siempre dependiente de la capacidad de demostración por parte de la autoridad, puede interpretarse como un incentivo negativo que pretende inhibir conductas indeseables. Sin embargo su éxito relativo depende estrechamente de la capacidad de monitoreo de que disponga la autoridad competente.

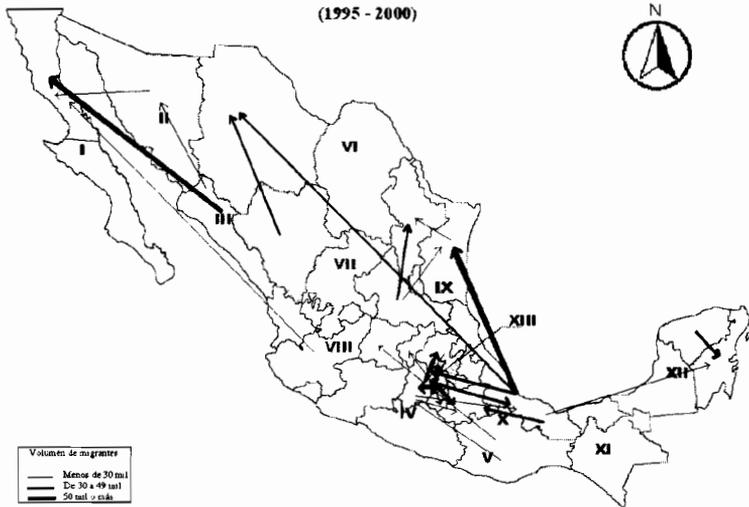
Una versión complementaria al incentivo anterior lo constituye la del reconocimiento de los beneficios que derivan de prácticas de utilización de los recursos con contenidos ecológico y ambiental positivos, mismas que se pueden agrupar bajo el rubro del *principio de quien conserva gana*. Un esquema de esta naturaleza es el que ha alentado el desarrollo de los programas experimentales de Pago por Servicios Ambientales (PSA) que se han desarrollado en el sector forestal del país. Aunque este mecanismo está en la dirección correcta al complementar la estructura de los incentivos para estimular mecanismos de aprovechamiento que produzcan al mismo tiempo una derrama de ingreso y cumplan objetivos de mantenimiento de la biomasa, la estructura de su operación es más cercana a un programa asistencial que a un programa de desarrollo local en el que se facilitan las condiciones de rentabilidad para efectuar una explotación selectiva al nivel comercial en los ámbitos comunitarios. Este es un caso en el que la coordinación horizontal entre la agenda federal de recursos naturales y las que corresponden a los sectores agrícola y de fomento han requerido de una sincronización que facilite el desarrollo comunitario vía el fortalecimiento de los canales de comercialización y asistencia financiera.

La interacción entre la dinámica demográfica y la de producción es determinante de la presión social que se ejerce sobre los acervos de recursos naturales. La transición de la sociedad mexicana contemporánea de un modelo de economía cerrada a un modelo de economía abierta ha inducido cambios estructurales que no sólo tienen una manifestación de nuestras relaciones económicas con el exterior. Uno de éstos es la notable recomposición de los flujos poblacionales internos y la estructura de la producción que han facilitado la creciente concentración de centros poblacionales y de actividades productivas en el norte del país.

Tal y como se puede observar en el mapa de flujo migratorios y la tabla correspondiente a la dinámica productiva, es creciente la importancia de la región fronteriza norte, y pone de relieve dos aspectos que son necesarios tener presentes en el diseño de nuevas estrategias futuras de gestión. Por un lado, la desconcentración de actividades económicas en el territorio presiona los desplazamientos demográficos y con ello la demanda social por servicios públicos

relacionados con funciones de la naturaleza. En particular los servicios de agua y los vinculados con la disposición de residuos.

Mapa 1  
**Principales flujos demográficos estatales**  
 (1995-2000)



Fuente: Tomado de Virgilio Partida (2001), "La migración interna en México", en Conapo, *La población de México en el nuevo siglo*, México, p. 100.

Una parte importante de la gestión de los recursos naturales atraviesa por la acción gubernamental para el equipamiento de la infraestructura necesaria para modular el efecto de las actividades sociales sobre el ambiente. La efectiva disponibilidad de ésta puede o no, según sea el caso, aliviar o hacer crónica la relación de una comunidad con los recursos naturales.

La notable insuficiencia de la infraestructura correspondiente a las plantas de tratamiento de agua está definida por una reducción en las inversiones bien para crear nuevas plantas o bien para dar mantenimiento a la infraestructura creada, con una tasa equivalente a la demanda por los servicios correspondientes (tabla 3).

El escenario institucional que prevalece en materia de los recursos naturales es uno en el que el capital natural ha funcionado como un mecanismo de financiamiento de la actividad productiva y que ha dado como resultado que subsista un patrón de estabilidad relativa en los costos sociales por degradación y agotamiento de algunas de las propiedades del capital natural. Tal y como se puede observar en la tabla 4.

Tabla 2

**Dinámica de la producción interna según estado**

(tasa de crecimiento) 1993-2003

Entidad federativa	Total	Primario	Industrial	Servicios
Total nacional	2.7	1.97	2.82	2.72
Aguascalientes	5.19	3.24	6.03	4.94
Baja California	4.13	1.2	3.64	4.44
Baja California Sur	3.67	3.38	4.42	3.57
Campeche	2.86	1.03	3.49	2.31
Coahuila	4.37	2.13	5.33	3.78
Colima	2.51	1.22	2.59	2.66
Chiapas	2.71	2.46	3.52	2.49
Chihuahua	4.01	1.05	3.38	4.54
Distrito Federal	1.6	0.51	1.35	1.67
Durango	2.99	3.03	3.62	2.69
Guanajuato	3.86	0.77	6.91	2.8
Guerrero	1.21	2.26	2.08	0.9
Hidalgo	1.6	2.4	0.79	2
Jalisco	2.35	2.63	1.52	2.64
México, Estado de	2.66	5.52	1.48	3.22
Michoacán	2.64	2.55	3.21	2.48
Morelos	2.21	1.64	1.56	2.59
Nayarit	0.52	-1.56	-1.19	1.49
Nuevo León	3.9	3.88	4.41	3.67
Oaxaca	1.4	-0.12	2.6	1.4
Puebla	3.42	1.1	4.68	3.1
Querétaro	5	3.71	5.86	4.59
Quintana Roo	4.05	-1.83	1.81	4.29
San Luis Potosí	2.81	1.81	3.12	2.82
Sinaloa	1.4	1.31	0.89	1.53
Sonora	3.05	1.64	1.58	3.91
Tabasco	1.57	2.1	0.13	2.12
Tamaulipas	4.07	0.23	5.13	4.02
Tlaxcala	3.44	2.11	3.24	3.73
Veracruz	1.63	2.45	1.21	1.7
Yucatán	3.28	-0.21	4.96	3.1
Zacatecas	2.96	3.48	5.19	2.14

Fuente: INEGI (varios años).

Tabla 3

**Infraestructura para el tratamiento de las aguas residuales por estados**

Entidad federativa	Plantas de tratamiento							
	Municipal				Industrial			
	2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
Estados Unidos Mexicanos	1018	1132	1242	1360	1479	1485	1527	1640
Aguascalientes	93	90	91	92	24	24	24	24
Baja California	13	13	15	24	181	181	181	174
Baja California Sur	15	16	16	17	10	10	10	10
Campeche	9	13	12	12	46	46	46	29
Coahuila	15	16	15	16	53	53	13	73
Colima	31	53	44	49	10	10	22	10
Chiapas	15	15	16	17	13	13	56	13
Chihuahua	36	33	58	62	22	22	10	22
Distrito Federal	18	21	28	30	1	1	3	3
Durango	57	67	89	104	18	18	18	21
Guanajuato	20	20	22	22	56	56	56	56
Guerrero	15	24	25	25	8	8	8	8
Hidalgo	5	10	11	12	43	43	47	42
Jalisco	71	87	85	96	54	54	54	54
México, Estado de	45	45	59	77	110	110	127	176
Michoacán	16	18	20	21	35	35	35	36
Morelos	30	30	30	29	67	67	67	67
Nayarit	51	56	56	62	4	4	4	4
Nuevo León	42	53	55	60	21	21	21	84
Oaxaca	30	34	45	51	13	13	1	13
Puebla	22	25	32	35	106	106	106	106
Querétaro	45	47	52	55	84	90	90	89
Quintana Roo	16	17	14	13	2	2	2	2
San Luis Potosí	15	12	6	7	58	58	58	63
Sinaloa	16	43	48	57	20	20	25	33
Sonora	75	76	75	78	18	18	19	18
Tabasco	32	32	39	39	66	66	66	66
Tamaulipas	22	22	22	22	39	39	38	41
Tlaxcala	33	45	47	47	70	70	70	70
Veracruz	77	77	91	99	151	151	158	153
Yucatán	9	10	11	13	68	68	72	72
Zacatecas	29	12	13	17	8	8	8	8

Entidad federativa	Capacidad instalada (Lts/seg)							
	Municipal				Industrial			
	2000	2001	2002	2003	2000	2001	2002	2003
Estados Unidos Mexicanos	75952.70	80624.00	85042.60	89585.00	41537.00	41900.10	34305.00	35988.00
Aguascalientes	2516.30	2725.00	2731.40	2751.40	196	197.7	198	198
Baja California	4432.00	4432.00	4437.10	5544.10	1000.00	1000.10	1000.00	324
Baja California Sur	998.5	1002.00	1102.00	1125.20	190	189.7	190	190
Campeche	110.6	135	132	132	66	66.2	66	43
Coahuila	1523.50	798	1488.50	3453.50	1027.00	1027.00	687	1084.00
Colima	532.1	545	584	680	467	467	663	467
Chiapas	867.2	1564.00	793.6	899.6	687	687	1057.00	687
Chihuahua	5039.50	5124.00	5137.10	5142.00	663	663	467	663
Distrito Federal	5632.50	6278.00	7032.00	6809.00	23	23	31	31
Durango	3184.00	3312.00	3450.40	3451.50	452	451.6	452	548
Guanajuato	3991.00	3978.00	4278.00	4278.00	535	535	535	535
Guerrero	2304.00	2836.00	2861.00	2861.00	47	47	47	47
Hidalgo	47.9	87	102.4	107.4	1623.00	1623.00	1667.00	1610.00
Jalisco	3293.00	2855.00	2979.30	3284.80	371	371	375	375
México, Estado de	6658.80	6600.00	6821.50	7093.60	446	446	1299.00	2660.00
Michoacán	1925.00	1911.00	2025.00	2246.00	2179.00	2179.00	2179.00	2179.00
Morelos	1628.90	1629.00	1628.90	1378.90	851	850.6	851	851
Nayarit	1702.90	1787.00	1787.90	1956.40	163	163	163	163
Nuevo León	11354.00	12187.00	12247.00	12353.00	3255.00	3255.00	3370.00	4096.00
Oaxaca	578	595	865.4	891.5	1095.00	1095.00	869	869
Puebla	617.3	1009.00	3188.20	3196.50	601	601	601	601
Querétaro	899.5	912	922	961	960	1323.70	1324.00	1108.00
Quintana Roo	1480.00	1579.00	1536.00	1496.00	11	10.5	11	11
San Luis Potosí	1011.00	926	820	820	855	855	525	957
Sinaloa	1008.00	2886.00	3010.40	3071.30	341	341	477	473
Sonora	3711.70	3787.00	3633.60	3933.60	303	303	303	305
Tabasco	1131.00	1131.00	1195.50	1195.50	430	429	430	429
Tamaulipas	2346.00	2671.00	2671.00	2687.00	1152.00	1152.00	1146.00	1179.00
Tlaxcala	864.2	1020.00	1047.30	1038.80	276	276	218	220
Veracruz	3954.00	3997.00	4173.80	4376.20	20990.00	20990.00	12808.00	12787.00
Yucatán	344.5	145	169.5	171.5	124	124	140	140
Zacatecas	265.8	181	190.8	199	158	158	156	158

Fuente: Semarnat, CNA, Situación del Subsector agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (varios años), México, D.F.

Tabla 4

### Indicadores de los costos de degradación y agotamiento de los recursos naturales a través del PIB

Concepto	Porcentajes anuales							
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Producto interno bruto a precios de mercado	100	100	100	100	100	100	100	100
Consumo de capital fijo	10.81267897	10.19153044	10.32730402	10.05195926	9.57071847	9.78576442	9.80636582	10.46333339
Producto interno neto	89.18732103	89.80846956	89.67269598	89.94804074	90.42928195	90.21423558	90.19363418	89.9566661
Costos totales	10.25663443	10.83881833	10.87015474	10.92907316	10.41847599	10.21799576	9.944238542	9.533748706
Costos por agotamiento	0.892273512	1.190849294	0.929060384	0.982460507	0.965998522	0.908661313	0.890495341	0.812816084
Costos por degradación	9.364360919	9.647969034	9.941094355	9.94661265	9.452477464	9.309334445	9.053743201	8.720932622
Producto interno neto ecológico	78.93068652	78.96965123	78.80254124	79.01896759	80.01080597	79.99623982	80.24939564	80.4199179

Fuente: INEGI (1998-2003).

### El dilema de los recursos presupuestales para el diseño de políticas que fortalezcan el aprovechamiento de los recursos naturales

El problema del aprovechamiento de los recursos naturales no es sólo presupuestal. La disponibilidad de cantidades significativas de presupuesto no garantiza un mejor desempeño gubernamental en materia de gestión, aunque ciertamente sitúa en mejores condiciones a las agencias gubernamentales que deben atender la solución de algunos de los problemas públicos inmediatos que forman parte de la agenda sectorial. Lo contrario, sin embargo, no es cierto.

La reducción presupuestal si tiene un efecto negativo en la capacidad de gestión e interlocución de un gobierno frente a la sociedad. Desde la perspectiva de los costos de transacción existen un conjunto de acciones que determinan la profundidad, eficacia y oportunidad de la intervención gubernamental en materia de gestión, pero también de la salvaguardia, de los acervos de capital natural. Se considera, no sin cierto grado de razón, que una de las principales actividades que debe llevar a cabo un gobierno es el de producir información relevante acerca de los problemas públicos que aborda. Ello define el sentido de urgencia, la trayectoria y las características territoriales que acotan al problema sobre el cual se debe decidir. La información que se produzca en términos de mediciones de las propiedades de los acervos de capital natural, su estado, distribución social y las causas más probables de afectación, son la condición sin la cuál las acciones gubernamentales no tienen probabilidad de ser exitosas. Pero además, ¿cómo medir el éxito de la acción gubernamental

más allá del mero cumplimiento de objetivos y de la asignación de recursos a algunos programas o proyectos específicos? La información que se produzca, también debe alcanzar la medición de la calidad de la acción del gobierno, más allá de la notable sanción electoral a la que se está expuesto.

Por ejemplo, si se analiza fuera de contexto el conjunto de indicadores estadísticos agregados acerca del abastecimiento de agua potable en el país, éste puede conducir a conclusiones equivocadas. Una cosa es que un Estado establezca derechos y otra bastante diferente es que tales derechos sean efectivos. Se sabe que la evolución de la infraestructura para el abastecimiento de agua potable al nivel urbano ha sido creciente, sin embargo casos como los de la Delegación Iztapalapa en la ciudad de México y el de Hermosillo en Sonora, son una constatación de la diferencia antes señalada. Existe la infraestructura para el abastecimiento en ambos casos, sin embargo la regularidad y la calidad del servicio es limitada.

Dada la construcción de normas con base en criterios informados, un segundo momento importante en el desarrollo de las capacidades de gestión de un gobierno en materia de política de los recursos naturales es el que tiene que ver con el *monitoreo*. La capacidad para acreditar una acción de gobierno creíble y confiable se relaciona directamente con la capacidad para monitorear y hacer cumplir las normas que socialmente se han construido o para promover prácticas que mejoren el aprovechamiento de los recursos, sin embargo esto no siempre se logra.

Un caso que ilustra lo anterior es el que tiene que ver con el sector forestal y el desarrollo rural. La actual estructura de la política de *gestión sustentable* de los recursos naturales forestales recae en tres agencias, todas dependientes de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat): la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa) y la Comisión Nacional Forestal (Conafor). Debe señalarse que una parte importante de las acciones de gestión del sector forestal recaen en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa).

Ahora es mejor conocida la importancia que tiene el mantenimiento de la cubierta forestal del territorio para el desarrollo de procesos bioquímicos complejos como la captura de carbono o sus implicaciones en el mantenimiento de las propiedades de los suelos y el sostenimiento de la diversidad genética que albergan estas áreas (FAO, 2002). A pesar de esto, no existe evidencia que indique que la pérdida de cobertura forestal o su perturbación se haya reducido en el país. Ello sin contar con el hecho que subyace a la dimensión estrictamente ecológica, una dimensión social que es atravesada por los derechos de propiedad y de explotación, en la que transcurren prácticas culturales heterogéneas entre los diferentes grupos de habitantes de estas regiones.

Ha sido competencia de la Conanp el diseño y la gestión de estrategias de conservación y del desarrollo de los Programas de Desarrollo Rural Sustentable (Proders) en las regiones que involucran alguna de las seis clasificaciones de Área Natural Protegida (ANP) existente. Debe tomarse en cuenta que éstas áreas de protección tienen asentamientos humanos importantes, como se puede observar en la tabla 5.

Tabla 5

**Áreas naturales protegidas según clasificación y características importantes (2001)**

Núm.	Categorías	Superficie (miles de hectáreas)	%	Localidades	%	Población	%
31	Reservas de la Biósfera	10436.3	61.2	2907	86.3	351148	54.8
66	Parques nacionales	1346.3	7.9	228	6.8	96900	15.1
4	Monumentos naturales	14.1	0.1	2	0.1	24	0.0
21	Áreas de protección de flora y fauna	4473.9	26.2	215	6.4	191919	30.0
4	Áreas naturales protegidas por recategorizar	602.2	3.5	0	0.0		0.0
1	Área de protección de recursos naturales	183.6	1.1	18	0.5	434	0.1
127	Total	17056.4	100	3370	100	640425	100

Fuentes: Para número de áreas, categorías y superficie: Conanp (2001:4). Para número de localidades y población: INEGI.

Del total de ANP, 50 de éstas se consideraban en proceso de consolidación al inicio de la actual administración federal, las cuales aportaban aproximadamente 10 millones de hectáreas del total. Como ejemplo de la disponibilidad de los recursos humanos que fueron dispuestos en su momento para atender las actividades de gestión en materia de administración y el de las actividades del Programa de Desarrollo Rural Sustentable, se muestran en la tabla 6 los casos de diferentes ANP seleccionadas, en algunas de las cuales se canalizaban recursos adicionales a los fondos presupuestales de la federación (El Vizcaíno y la Reserva de la Biosfera de la Mariposa Monarca) y otras que sólo ha dependido de los recursos gubernamentales.

Tabla 6

**ANP seleccionadas y recursos humanos disponibles**

ANP	Superficie	Población	Personal de Conanp	Índice de cobertura por área (habitantes por servicio público)	Índice de cobertura por población (habitantes por servicio público)
Cañón de Río Blanco	55 690	29 5571	0	Sin cobertura	Sin cobertura
APFF Laguna de términos	705 017	156 706	6	117 502	26 118
RB Sierra Gorda	383 567	93 905	5	76 713	18 781
RB El Vizcaíno	2 546 790	38 527	17	149 811	2 266
RB Tehuacán-Cuicatlán	490 187	36 459	5	98 037	7 292
RB Los Tuxtlas	155 122	28 258	8	19 390	3 532
PN El Tepozteco	24 000	27 828	0		
APFF Corredor biológico Chichinautzin	37 302	26 768	5	7 460	5 354
RB Mariposa Monarca	56 259	23 697	34	1 654	697

Fuentes: INEGI, Estadísticas del Medio Ambiente; INEGI Censo de Población y Vivienda 2000; Conanp (2001).

Entre 2001 y 2002, el total del personal de la Conanp fue de 400 personas contratadas con recursos fiscales. De las cuales, según (Conanp, 2001) 260 atendían a 60 ANP y las 140 restantes se concentraban en las oficinas centrales de la ciudad de México.

El caso de la Profepa no es diferente al antes citado. Corresponde a esta agencia la vigilancia y la promoción del cumplimiento de la legislación ambiental. En materia de recursos forestales y de vigilancia sobre las ANP, la expectativa de la actual administración federal de recursos naturales al inicio de la gestión era la de llegar a 2006 con una eficiencia en cobertura de vigilancia en 90% del territorio protegido bajo alguna modalidad. Lo anterior con base en el Programa de Procuración de Justicia Ambiental 2001-2006 (Profepa, 2001: 25).

Aunque en la práctica la disponibilidad de recursos humanos por parte de la Profepa es mayor que los correspondientes a la Conanp, no se puede olvidar que las funciones de la primera abarcan un espectro sectorial más amplio. De acuerdo con la información de (Profepa, 2000: 153-157), se estimaba que aproximadamente 321 inspectores y 73 abogados podrían tener una actividad de vigilancia directamente vinculada con el funcionamiento y la atención de los programas de preservación de ANP en toda la República.

La reforma en la estructura al gobierno federal a principios de 2001 dio origen a la Conafor.<sup>1</sup> Dependiente de la Semarnat. Surge esta instancia con el objetivo de promover el aprovechamiento sustentable y la protección de los recursos forestales del país con base en dos instrumentos guía: el Programa para el Desarrollo Forestal (Prodefor) y el Programa Nacional de Reforestación (Pronare), ambos iniciados en la administración federal previa.

Una breve revisión de la estructura presupuestal de esta instancia, al nivel de los fondos presupuestales autorizados por el Congreso, revela que tanto en los años 2003 y 2004 los recursos destinados para la ejecución de las actividades que le son competencia a la Conafor se han reducido al igual que el presupuesto autorizado para la operación de la Semarnat (CEPE, 2003-2004).

Desde la perspectiva del funcionamiento de los dispositivos gubernamentales destinados a la atención del estado de los recursos naturales, su disponibilidad y aprovechamiento; la asignación de los recursos presupuestales que se destinan por parte de la federación para el cumplimiento de las metas gubernamentales puede constituirse en un obstáculo que requiere la atención urgente entre los tomadores de decisión.

---

<sup>1</sup> Algunos otros de los programas y proyectos específicos que se desarrollan por parte de la Conafor son: el Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales (Prodeplan), Programa para el Desarrollo de Cadenas Productivas, Proyecto de Conservación y Manejo Sustentable de los Recursos Forestales en México (Procymaf), Programa de Restauración y Conservación de Suelos, y los Programas Hidrológico Forestales.

## **Pago de usuarios, incentivos a la preservación y fortalecimiento de las capacidades gubernamentales de prevención: una agenda de acciones posible**

La facultad y la obligación constitucional del gobierno federal mexicano en materia ambiental y las potestades correspondientes para cada uno de los niveles de gobierno que coexisten en la República, son legalmente irrenunciables, sin embargo su intervención no debe ser vista a la luz de las responsabilidades burocráticas, sino con base a la efectiva oportunidad social que representa una intervención activa en este campo.

Si bien las responsabilidades y atribuciones gubernamentales son esenciales en el desempeño del sector recursos naturales, no es menos cierto que la situación que guardan los acervos de capital natural también es responsabilidad de la sociedad. En México, desde largo tiempo atrás se configuró un escenario en el que las señales y reglas de operación del sector permitían interpretar que el único responsable de la acción pública en materia de recursos naturales era el gobierno federal e igualmente que la disponibilidad de los recursos naturales no constituía una restricción importante en el desempeño económico y social. De esta manera, por ejemplo, si se hace un seguimiento en el Censo Agrícola desde 1930 hasta la década de los ochenta se observa que el incremento de la producción del sector agropecuario se efectuó con base en una expansión extensiva de la frontera agrícola a costa de la superficie de la biomasa. De la misma forma, en el caso del abastecimiento de agua potable, es notable el que el incremento de la capacidad de abastecimiento haya ocurrido con base en el creciente aumento de la capacidad extractiva de los mantos subterráneos o el aprovechamiento de los flujos superficiales.

Desde una perspectiva institucional, la agenda de gestión de los recursos naturales requiere de un conjunto de compromisos básicos que fortalezcan las capacidades gubernamentales en materia del aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Éstos son:

1. Adecuar el sistema de medición estadística del gobierno federal para hacer compatible la información de los procesos económicos y sociales con las de las características de los recursos naturales. En particular, debe establecerse un proceso de normalización para identificar los bienes y servicios ambientales de acuerdo con las clasificaciones comúnmente aceptadas al nivel internacional.
2. Fortalecer el sistema de monitoreo y vigilancia del cumplimiento de la normatividad ambiental y ecológica con base en la ampliación de la capacidad presupuestal para este fin.
3. El objetivo de la transversalidad de las políticas de medio ambiente y recursos naturales, como una muestra de compromisos institucionales con la sustentabilidad, debe identificar el marco de normas y leyes susceptibles de vincularse para facilitar un contexto en el que las competencias entre diferentes entidades del Poder Ejecutivo federal no generen contrasentidos en la intervención pública ni en la producción, ni en el consumo.

4. Es necesario que las políticas sean consistentes desde la perspectiva vertical de la integración del gobierno. Deben facilitarse las condiciones al nivel de la formación de los cuadros medios, en los ámbitos estatales y municipales, para una acción coordinada más eficaz.
5. Los programas temporales de fomento que se conducen bajo el objetivo de transferir valor económico de la naturaleza hacia las comunidades y las organizaciones de productores sociales, pueden no haber generado los resultados esperados debido a la falta de condiciones para la incorporación en los circuitos comerciales tradicionales que favorezcan la competitividad de éstas.
6. Se debe generar un contexto de credibilidad creciente en la acción gubernamental federal con base en el diseño de mecanismos de gobierno que aumenten la participación social. Un modelo que puede explorarse para este fin es el de órganos independientes o autónomos similares al que ha representado el Instituto Federal Electoral.
7. Es necesario promover mediante incentivos fiscales la transición tecnológica, siempre y cuando ésta sea posible, de los procesos productivos intensivos en recursos naturales. Un objetivo específico es el de la reconversión de la agricultura comercial en términos del consumo de agua.
8. Debe promoverse el diseño de incentivos vía precios para reducir la presión de la prácticas de consumo de recursos naturales entre la población. En el caso del agua, es posible diseñar mecanismos de precios que, tomen en cuenta las asimetrías en la distribución del ingreso de la sociedad, de forma tal que se corresponsabilice a la sociedad del consumo y el deterioro de las propiedades de la naturaleza. Las pruebas de los modelos correspondientes, aún con la limitada eficiencia comercial que exhiben algunos organismos operadores de agua potable, indican que se puede distribuir de manera progresiva los costos sociales de la gestión del agua y su calidad entre la población. Pero además, que es posible obtener un incremento en la masa de los recursos presupuestales en estas mismas entidades sin variaciones sustanciales de precio.
9. Se debe fortalecer la capacidad de medición del estado de los recursos naturales y difundir sus resultados entre la población. Esto es particularmente importante en el sector de agua potable y saneamiento.

## Bibliografía

Aguilar, I., 2002, *Reflexiones sobre el desarrollo sustentable*, en Comercio Exterior, vol. 52, núm. 2, pp. 98-105, México.

- Álvarez, R. y R. Fuentes, 2006, *Paths of Development, Specialization and Natural Resources Abundance*, ELSNIT, UCLA.
- CEPAL, 2001, *Desarrollo sostenible: Perspectivas de América Latina y el Caribe*, ONU, Santiago de Chile.
- CEPE, 2003-2004, *Análisis funcional programático económico del sector público presupuestario. Cuenta de la Hacienda Pública Federal*, Cámara de Diputados, LIX Legislatura, México.
- Conanp, 2001, *Programa de Trabajo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2001-2006*, Semarnat, México.
- Constantino, R., 2002, "La política ambiental y de los recursos naturales en la transición mexicana desde el enfoque de la economía institucional", en F. Novelo, *La política económica y social en la alternancia. Revisión crítica*, Miguel Ángel Porrúa, México.
- \_\_\_\_\_ y C. Muñoz, 2004, "Mercados de tecnología ambiental y las capacidades institucionales para la gestión ambiental: el caso mexicano", *Análisis Económico*, vol. XIX, núm. 42, México.
- Domínguez, L., 2003, *Necesidades de bienes y servicios ambientales en las micro y pequeñas empresas: el caso mexicano*, CEPAL, Chile (Serie medio ambiente y desarrollo, 61).
- Duchin, F., 1998, *Structural Economics. Measuring Change in Technology, Lifestyles and the Environment*, The United Nations University, Institute of Advanced Studies, Island Press.
- FAO, 2002, *Terrestrial Carbon Observation. The Ottawa Assessment of Requirements, Status and Next Steps*. U. N. Roma (The Environment and Natural Resource Series, 2).
- Gottret, V. y D. White, 2000, *Assessing the Impact of Integrated Natural Resources Management: Challenges and Experiences*, CIAT, Perú.
- Huber, R., J. Ruitenbeek y R. Seroa da Motta, 1998, *Market Based Instruments for Environmental Policymaking in Latin America and the Caribbean. Lessons from Eleven Countries*, Discussion paper, 381, World Bank.
- INEGI, varios años, Sistema de cuentas nacionales, México.
- Leamer, E., et al., 1998, "Does Natural Resources Abundance Increase Latin America Income Inequality?" mimeo. UCLA.
- OECD, 2000, *Environmental Goods and Services. An Assessment of the Environmental, Economic and Development Benefits of Further Global Trade Liberalization*, Unclassified Paper, París.
- \_\_\_\_\_, 2002, *Technology Policy and the Environment*, París.
- Oström, E., 1990, *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Action*, Cambridge University Press.
- Partida, V., 2001, "La migración interna en México", en Conapo, *La población de México en el nuevo siglo*, pp. 95-102, México.
- Profepa, 2000, *Informe 1995-2000*. Semarnap, México.
- \_\_\_\_\_, 2001, *Programa de Impartición de Justicia Ambiental 2001-2006*, Semarnat, México.
- Ribot, J., 2002, *Democratic Decentralization of Natural Resources. Institutionalizing Popular Participation*, World Resources Institute.
- Sachs, J. y A. Warner, 2001, "The Curse of Natural Resources", *European Economic Review*, núm. 45, Reino Unido.

Strauss, M., 2000, *The Growth and Natural Resources Endowment Paradox: Empirics, Causes Et the Case of Kazakhstan*, *The Fletcher Journal of Development Studies* xvi.

Wolff, P., 1999, "On the Sustainable of water use". *Natural Resource and Development*, vol. 49, núm. 50, Institute for Scientific Cooperation.



## **Lineamientos básicos para una política forestal de Estado (propuesta de líneas generales de política forestal para el periodo 2007–2020)**

*Gonzalo Chapela y Sergio Madrid\**

### **El sector forestal: un sector olvidado con enorme potencial**

México cuenta con condiciones naturales excelentes para la producción forestal en bosques y selvas, que pueden producir hasta 20 m<sup>3</sup> de madera al año, productividad que compite con plantaciones cultivadas con grandes inversiones; eso sin contar con la gran diversidad de usos y productos adicionales que en muchos casos son fuente de prosperidad y arraigo de la población que los habita.

La mayor parte de las tierras forestales está en manos de ejidos y comunidades, lo cual ha demostrado ser una gran oportunidad para la conservación de los ecosistemas boscosos y los servicios que prestan a la sociedad. Sin embargo, este potencial se aprovecha sólo en algunos casos, mientras que por lo general los recursos forestales están siendo dañados y las comunidades se han empobrecido.

En México existen sólo unas 2 400 comunidades y ejidos, además de algunos propietarios privados que cuentan con un plan de manejo del bosque y un permiso oficial de aprovechamiento, que cubren alrededor de 8 millones de hectáreas de bosques y selvas, que son razonablemente bien resguardadas por sus dueños, y las actividades ahí realizadas contribuyen a la economía y bienestar de las regiones donde se encuentran dichos predios.

En contraste, por cada hectárea manejada técnicamente y aprovechada legalmente, seis carecen de planeación para su aprovechamiento y están expuestas a los procesos de deforestación, incendios y tala clandestina. En estos 48 millones de hectáreas restantes están asentadas cerca de 5 000 comunidades y ejidos, además de propiedades particulares que carecen de instrumentos de planeación y gestión de sus recursos forestales, es decir, que sólo son sometidas a extracción sin la aplicación de prácticas de cultivo.

Mientras se estima en un 85% la superficie forestal en manos de comunidades, ejidos y pequeñas propiedades campesinas, también se calcula que menos del 15% del valor de la riqueza forestal

---

\* Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C., [www.ccmss.org.mx](http://www.ccmss.org.mx).

es aprovechada por los dueños del recurso, lo que resume de alguna manera el desarrollo histórico del sector, por más de un siglo llevado por sucesivas formas de gestión, con la exclusión de los dueños del recurso en la apropiación de las riquezas y de las decisiones respecto de sus tierras: esta paradoja es la base de la degradación de los recursos y la pérdida del valor del uso forestal frente a otras opciones.

En las regiones donde no se cuenta con instrumentos para la gestión de los recursos forestales los dueños no tienen estímulos para mantener el uso forestal del suelo, lo cual es la explicación fundamental de la deforestación: lo que sería irracional no es la tala, sino la conservación del uso forestal de las tierras, cuando sus beneficios son sustanciales y persistentemente inferiores a otras posibilidades de uso, como la ganadería, la producción frutal o los cultivos ilícitos.

Las condiciones de bajo interés por el uso forestal de las tierras son complejas; en ellas inciden una serie de factores de diversa naturaleza, que en cada región se conjugan y expresan de maneras particulares. En términos generales consideramos que entre estos factores resaltan: *a)* la falta de rentabilidad, *b)* la falta o debilidad de las instituciones comunitarias de gobernabilidad, y *c)* el debilitamiento del peso del valor territorial y patrimonial que los grupos sociales otorgan a sus recursos, especialmente en el cambio generacional y como resultado de los procesos migratorios. Los tres aspectos de la misma problemática están intrincadamente relacionados.

La falta de rentabilidad está regida principalmente por cinco factores:

1. Los costos elevados de la producción primaria, principalmente por la caída en la densidad de las existencias, que reducen la base biológica de la producción y aumentan el costo proporcional de la construcción y mantenimiento de la red de caminos.
2. Las distorsiones de los precios al compartir un mercado abierto con países competidores que han otorgado subsidios directos e indirectos por largos tiempos.
3. La reducida integración industrial y diversificación, que permitiría una mayor capacidad de empleo para una población mayoritaria sin derecho a la tierra, y también compartir los gastos fijos (principalmente en caminos) entre varias actividades y productos, así como reducir considerablemente el costo de transporte al dejar en el campo los residuos del procesamiento de industria primaria de aserrío, en vez de transportar trocería de la que se aprovecha sólo la mitad del volumen.
4. El costo de oportunidad distorsionado por la inequitativa asignación de recursos públicos frente a las actividades agrícolas y pecuarias, apoyadas en más de siete veces en comparación con el gasto público dedicado al sector forestal. Esto se refleja no sólo en el precio integrado, que incluye políticas de precio objetivo y otros ingresos asimilables al precio efectivo de los productos, sino también en la carencia de recursos de inversión y financiamiento que generan un sector ineficiente, con un enorme grado de obsolescencia, especialmente en los procesos de transformación industrial.

5. Adicionalmente, la regulación ambiental, que afecta al uso de las tierras forestales, mientras que no lo hace con las actividades agrícolas y pecuarias, aparece como otro concepto de gasto adicional, particularmente si se observan los problemas de descoordinación entre autoridades y procedimientos, que generan incertidumbre y altísimos costos de transacción. Un caso extremo de este aspecto es la aplicación de políticas restrictivas del aprovechamiento, como las vedas o diversos regímenes de protección ambiental.

Los fenómenos enunciados ocurren, por otro lado, en condiciones de extrema pobreza, que se concentra en el campo en general, aunque de manera más aguda en las regiones forestales, por lo general con problemas de aislamiento y falta de servicios y acceso a oportunidades.

Por otro lado, la aplicación de medidas de control político, que han dañado la vida de las comunidades rurales en general, han tenido un efecto más acusado en el caso de las comunidades forestales. Mientras que, por muchos años, las prácticas corporativas completaron la función de control y sofocaron la energía social, durante los años recientes se ha mostrado una acción sistemática en contra de la organización campesina, tanto en su expresión celular local, cuanto en su representación regional y nacional, con lo que ha sido amenazada sistemáticamente la capacidad de negociación y el protagonismo de los dueños de los recursos naturales.

El efecto de la migración, como último recurso ante la práctica bancarota de los productores familiares y comunidades forestales, la enajenación de sus recursos y la baja de los beneficios directos provenientes de las tierras ancestrales, van minando el interés de las nuevas generaciones de campesinos de las zonas forestales, lo que conlleva a situaciones paradójicas de abandono de ejidos y comunidades forestales, junto con disputas y conflictos por los recursos, en ocasiones en el seno mismo de las familias, cuyos miembros requieren los beneficios de corto plazo del acceso a la cada vez más exigua riqueza forestal.

En el marco de esta difícil situación, algunos programas de gobierno han buscado desarrollar acciones para apoyar las iniciativas comunitarias de manejo forestal como el PROCYMAF o el COINBIO, pero tienen una cobertura y un presupuesto mínimos. Si bien el Estado ha hecho algunos cambios institucionales y ha aumentado el presupuesto a algunos programas de estímulo para los productores forestales, la estrategia es limitada para enfrentar la dimensión actual del problema. Queda claro que para los tomadores de decisiones, los bosques y el sector forestal son en México un asunto sin carácter fundamental, a pesar de la declaración de que los bosques son asunto de seguridad nacional.

Algunos indicadores que nos permiten afirmar lo anterior son:

- El inventario nacional forestal es hasta hoy día confuso y cuestionado. No permite comparaciones entre las diferentes versiones y no permite entender la dinámica del uso de suelo nacional.

- El Registro Nacional Forestal está desactualizado y funciona de manera deficiente.
- El Sistema Nacional de Información Forestal presenta información que en su mayoría está atrasada por más de cinco años. Además, no existe estadística confiable de permisionarios, autorizaciones, producción, productividad, comunidades forestales ni de índice de deforestación.
- Los esquemas de estímulos para el sector forestal en muchas regiones no son competitivos frente a los estímulos del sector agropecuario.
- El crédito al sector forestal es caro, escaso y requiere de garantías difíciles de obtener: así lo demuestran los créditos otorgados a este sector, que apenas alcanzaron el 0.8% del total de los otorgados en el renglón agropecuario y forestal.
- La red ferroviaria en regiones forestales está totalmente desmantelada y los parámetros de desempeño de la red de caminos de saca son factor de incosteabilidad.<sup>1</sup>
- Los volúmenes de importación de madera aserrada crecen de manera acelerada y en apenas cuatro años pasan de 49 millones a 172 millones de dólares.
- El consumo nacional de productos forestales ha ido creciendo notablemente ya que entre 1998 y 2000 se incrementó en un 440%; sin embargo, este aumento en consumo interno no ha significado un impulso a la producción nacional forestal: por el contrario ésta va a la baja de 9 millones a 6.5 millones de metros cúbicos anuales.<sup>2</sup>
- Mientras las metas de producción forestal propuestas en el Programa Nacional Forestal<sup>3</sup> del actual sexenio eran de 12 millones de m<sup>3</sup> para 2006, en los hechos, estas metas no sólo no han sido alcanzadas sino que se registra una drástica caída de la producción forestal maderable nacional de más de 22%.
- Hay un incremento del déficit comercial internacional. Durante los últimos seis años el déficit de la balanza comercial forestal ha crecido de manera constante y aguda: de 967 millones de dólares en 1997, ha pasado a la dramática cifra de 4 000 millones de dólares en 2004. Esto equivale a 20 veces el presupuesto forestal del gobierno federal para el sector.<sup>4</sup>
- El crédito a la silvicultura representa sólo 0.88% de lo destinado al sector primario, y la industria forestal recibe 1.5% de los recursos aplicados a la industria en general.<sup>5</sup>
- La creciente emigración de las regiones forestales que está dejando sin mano de obra disponible para el impulso de las iniciativas de manejo forestal sustentable.

---

<sup>1</sup> Imexfor, 2002, *Análisis de la cadena silvícola de México y el comercio exterior de productos forestales. Informe principal*, Asociación Mexicana de Importadores y Exportadores de Productos Forestales, A. C., CONFORA/INDUFOR, México.

<sup>2</sup> Semarnat, *Anuario estadístico 2004*, Dirección General Forestal.

<sup>3</sup> Conafor, 2001, *Programa Nacional Forestal 2001-2006*, Comisión Nacional Forestal, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

<sup>4</sup> *World Trade Atlas*, Banco de Comercio Exterior, México.

<sup>5</sup> Semarnat/Conafor, noviembre 2001, *Programa Estratégico Forestal para México 2025*, México.

Con todo lo anterior, el sector forestal se ha visto obstaculizado para avanzar y desarrollarse dentro de las áreas de bajo manejo y mucho más en las áreas no manejadas. La competitividad del sector forestal es muy baja y se ha logrado avanzar muy poco en el desarrollo de nuevos mecanismos para apoyar a los dueños de los bosques, como los servicios ambientales, el acceso a mercados, el aprovechamiento de especies poco conocidas, la industrialización del encino, etcétera.

## **Lineamientos para una política forestal de Estado**

La coyuntura de cambio de gobierno ofrece una oportunidad para enderezar el rumbo hacia el desarrollo pleno de las enormes capacidades del sector forestal de nuestro país. En este contexto proponemos una serie de estrategias que conformen una auténtica política de Estado, con medidas prácticas y específicas que conduzcan a mejorar las condiciones de vida de un importante contingente de mexicanos y salvaguarden recursos naturales que son patrimonio irrecuperable de las generaciones futuras.

1. *Hacer efectivamente básico y estratégico el tema forestal.* Una política consecuente con ese discurso debe traducirse, entre otras cosas, en la asignación de presupuesto suficiente, planeación regional y democratización de la toma de decisiones.
2. *Fortalecimiento de la gestión forestal comunitaria.* El fortalecimiento de la gestión forestal comunitaria debe ser el eje principal de la política del gobierno en la materia, por sus impactos sociales, ambientales y económicos. Los diferentes programas gubernamentales que trabajan en zonas forestales deben centrar sus esfuerzos en fortalecer las habilidades y conocimientos que requieren las comunidades para la planeación, el manejo, el mejoramiento y el aprovechamiento sostenible del bosque. Estos programas deben tomar en consideración las lecciones generadas por experiencias valiosas que se han desarrollado dentro y fuera del ámbito gubernamental.
3. *Fortalecimiento de actores locales no gubernamentales* que tengan la capacidad de establecer compromisos de largo plazo con los productores para el acompañamiento de procesos regionales de capacitación y asesoría, con objetivos que permitan superar las deficiencias del sector.
4. *Participación social efectiva en los procesos de toma de decisiones.* Es esencial aplicar la Ley que establece el impulso y fomento de la participación social en los ámbitos de toma de decisiones de políticas públicas. Para ello, entre otras cosas, debe abrirse el CONAF y los consejos forestales estatales a una participación representativa de la sociedad, tomarse en cuenta sus deliberaciones, instalar órganos colegiados en el Fondo Mexicano Forestal, vincular los consejos forestales con los de planeación y los de desarrollo rural y fortalecer de manera incluyente y no discrecional a las organizaciones civiles.

5. *Participación de las organizaciones regionales en la planeación, ejecución y evaluación de los programas de apoyo.* Para lograr que los recursos públicos invertidos en el sector realmente beneficien a los bosques y a quienes en ellos viven y trabajan, los programas de apoyo forestal necesitan involucrar verdaderamente la participación de las organizaciones regionales en la planeación, ejecución y evaluación de las acciones. Sin tal participación y sin la aplicación de mecanismos de rendición de cuentas, esos recursos corren el riesgo de canalizarse hacia fines distintos a los que se estipulan en dichos programas.
6. *Integrar la política y gestión forestal con la del desarrollo rural.* El desarrollo forestal no es ajeno al desarrollo rural y los productores forestales son también productores agropecuarios; por ello, deben integrarse los espacios e instrumentos de gestión, particularmente los consejos forestales con los de planeación, de cuenca y de desarrollo rural sustentable, donde los silvicultores participan con voz y voto y revisan los programas de desarrollo rural para abrirlos a su utilización en las zonas y actividades forestales.
7. *Prioridad a comunidades forestales menos favorecidas en términos socioeconómicos y silvícolas.* Los programas de apoyo forestal deben surgir de procesos democráticos y abiertos, como lo establece la Ley de Planeación. Sus reglas de operación deben orientarse de manera fundamental a promover el desarrollo del conjunto de las comunidades forestales y de sus recursos, preferentemente con la atención puesta en las comunidades que se desenvuelven en condiciones desfavorables.
8. *Fortalecer las regiones forestales donde aún no se han desarrollado estrategias de manejo.* Es imprescindible extender los programas que fomentan el buen manejo forestal a las regiones que hasta ahora han quedado excluidas de dichos programas, buscando incorporar las superficies que no están bajo esquemas técnicos de manejo. El bosque y los recursos forestales deben ser los motores del desarrollo social en estas áreas y constituir una herramienta de combate a la pobreza. En estas zonas es necesario fortalecer la organización social, la planeación comunitaria, la disponibilidad de organismos asesores permanentes y el aprovechamiento de su potencial productivo, así como el manejo de conocimientos y técnicas, los enlaces entre diversas organizaciones e instituciones, y la gestión financiera, respetando a la vez la autodeterminación de las comunidades.
9. *Incremento de las existencias forestales.* Es indispensable densificar las existencias en las áreas de abastecimiento forestal para interconectar zonas fragmentadas de valor biológico y distribuir los costos fijos entre un volumen mayor. Se requiere intensificar las acciones de cultivo de bosque natural, junto con el incremento sustancial de los programas de plantaciones de aplicación en comunidades campesinas, con diversificación de aplicaciones, incluyendo la producción de leña y otros usos. Debe establecerse una alianza con los ganaderos garantizando el permiso de aprovechamiento de plantaciones en predios ganaderos,

- así como estableciendo programas de intensificación del uso de las tierras de pastoreo, con uso agroforestal de los excedentes, especialmente en el trópico húmedo.
10. *Restauración y desarrollo de infraestructura caminera de calidad.* La compactación de áreas de abastecimiento debe complementarse con el mejoramiento y desarrollo de caminos durables y con mínimo aporte de azolves en las cuencas. Esto requiere de esquemas de inversión y apoyo condicionados a la inclusión de los predios forestales en programas regulares de manejo técnico, que incluyan las participaciones municipales y la aplicación de recursos por excedentes petroleros, entre otras, el trazo de rutas con la participación de las comunidades, a fin de diversificar el beneficio de los caminos y distribuir el costo de construcción y mantenimiento, así como establecer y aplicar normas para tales construcción y mantenimiento, ligadas a las autorizaciones forestales.
  11. *Defensa del sector en el comercio internacional.* Es urgente que el Consejo Mexicano para el Desarrollo Rural Sustentable otorgue a los principales productos forestales la categoría de estratégicos, en los términos de la Ley de Desarrollo Rural Sustentable, con todos los efectos de protección y fomento de esas cadenas productivas, incluyendo su defensa frente a un mercado internacional distorsionado por subsidios y prácticas desleales de comercio. Por los efectos persistentes de tales subsidios, se debe establecer un esquema de aranceles que corrija las distorsiones del subsidio, tanto a materias primas como a productos procesados.
  12. *Establecer una política de desarrollo e integración industrial.* Deben apoyarse las iniciativas de ejidos y comunidades para la transformación de la producción forestal que permita hacer un uso eficiente y diversificado de los recursos del bosque. Las mismas comunidades pueden y deben transformar sus productos hasta las fases más cercanas posibles al mercado final y capturar así oportunidades de empleo e ingresos, reducir costos de transporte y aprovechar las habilidades y los costos competitivos de la fuerza de trabajo de los campesinos.
  13. *Diversificar el aprovechamiento de los recursos forestales.* El desarrollo de nuevos productos y mercados principalmente orientados a los productos no maderables y el turismo, es determinante para la rentabilidad forestal y la conservación del uso forestal de las tierras. Es necesario promover y financiar el desarrollo de esquemas de uso sostenible de los recursos biológicos. México debe invertir los recursos necesarios para posicionarse, con las comunidades como protagonistas y beneficiarios de sus riquezas, mediante un intenso esfuerzo de investigación tecnológica, desarrollo de productos y procesos industriales, capacitación, asesoría y normatividad en materia de derechos de propiedad intelectual y penetración en mercados. Especial mención debe hacerse de la necesidad de garantizar los beneficios a las comunidades por las existencias y conocimientos sobre recursos genéticos en general y los de aplicación en la producción de productos farmacéuticos en particular.

14. *Descentralizar con base en la corresponsabilidad de las organizaciones locales de productores.* Una auténtica descentralización sólo puede ser efectiva con la transferencia de funciones y recursos a las instancias locales y organizaciones de productores, no únicamente a los gobiernos estatales, facilitando para ello el desarrollo de capacidades para asumir dichas funciones. Esto asegurará que las políticas forestales federales y estatales se diseñen participativamente, que respondan a las realidades concretas y que sean susceptibles de ser adecuadas y adaptadas por parte de los actores locales. Se deben abrir cauces para descentralizar la instrumentación de las políticas, democratizando la toma de decisiones y permitiendo una mejor regulación del acceso y uso de los recursos forestales. La articulación en redes de los productores y las organizaciones de la sociedad civil, y la apertura de canales para la participación de estas organizaciones y redes en la toma de decisiones sobre los programas regionales, permitirán avanzar hacia mayor democracia y eficiencia en la instrumentación de las políticas públicas.
15. *Impulsar la corresponsabilidad para el buen manejo de las cuencas hidrológicas entre proveedores y usuarios de los servicios ambientales.* Modificar radicalmente el actual esquema de pago por servicios ambientales de la Conafor enfocado a pagar por el mantenimiento de polígonos arbolados. El programa debería constituirse en un sistema de estímulos económicos orientados a premiar a los propietarios de bosques que llevan a cabo un buen manejo territorial, bajo esquemas planificados que aseguren el incremento de la infiltración hídrica, la reducción de azolves y la conservación de los ecosistemas. Se debe estimular que los usuarios de los servicios se sumen al esfuerzo y sean corresponsables del buen funcionamiento de las cuencas a través de la creación de mecanismos locales de pagos de servicios ambientales.
16. *Hacia la reducción significativa de la tala ilegal.* Urge desarrollar acciones para reducir significativamente la tala ilegal en un plazo de una década. Para lograrlo, en vez de incrementar las acciones policiacas, se debe promover la rentabilidad del uso forestal, equilibrar el monto de los recursos públicos aplicados a las tierras forestales con las de uso agropecuario, incrementar el valor agregado local, diversificar el uso de los recursos forestales, pagar por los servicios ambientales, simplificar la normatividad y, en última instancia, promover un esquema de descentralización democrática para ampliar la participación y capacidad de las organizaciones de dueños de terrenos tanto como de las instituciones locales, gubernamentales y civiles en la vigilancia y control forestal. Además se debe crear un registro de las empresas y negocios que trabajan con madera, y establecer un sistema preciso de monitoreo del origen de la materia prima para verificar su legal procedencia.
17. *Servicios técnicos accesibles y de calidad.* Establecer un esquema multidisciplinario y con capacidades para aportar soluciones en bosques con baja capacidad de producción maderable y no maderable; desarrollar un sistema efectivo de capacitación, incentivos, nor-

mas y evaluación para incrementar la capacidad y competencia de los prestadores de servicios técnicos, así como ampliar las modalidades para la obtención de certificados académicos mediante validación de habilidades y competencias.

18. *Contar con un sistema profesional de información y seguimiento de indicadores sociales, ambientales y productivos.* Es urgente contar con un sistema de documentación y seguimiento de indicadores pertinentes en el ámbito forestal, que permita una mejor comprensión de la evolución del sector a nivel nacional y regional. Este sistema requiere una fuerte participación ciudadana para garantizar la credibilidad de su información. Se debe garantizar el suministro oportuno de información clara y precisa a todas las entidades involucradas en la actividad forestal. Para ello, el sistema debe basarse en una vinculación interinstitucional y su administración debe asignarse a alguna entidad pública independiente de la Conafor o Semarnat, como el INEGI.
19. *Planes de manejo en las Áreas Naturales Protegidas.* La mayoría de las Áreas Naturales Protegidas en México carecen de planes de manejo. Hasta ahora sólo 21% de las ANP de nuestro país cuenta con planes de manejo en operación. Es indispensable que en su elaboración exista una efectiva participación de los actores y comunidades que se encuentren en la zona de influencia y garantizar alternativas de uso que conserven a la vez que aporten beneficios económicos a las comunidades. La política de conservación debe tener como uno de sus ejes principales el fortalecimiento del capital social de las poblaciones locales que garantice la generación de sinergias para la conservación de los bosques. Se debe avanzar hacia esquemas de coadministración de los dueños de los bosques con la Dirección del Área Natural Protegida, sin olvidar que la propiedad de la tierra sigue siendo de las comunidades y ejidos ya que éstos no han sido expropiados.
20. *Reorganizar la administración forestal,* integrando las funciones dispersas y descoordinadas; evitar la sobreregulación, la discrecionalidad de la autoridad, el incentivo a prácticas ilegales; incorporar la base necesaria en número y calidad de técnicos en los ejidos y comunidades y crear el cuerpo nacional de extensionistas forestales para ejidos y comunidades.
21. *Transparencia y rendición de cuentas.* Hoy día los diferentes programas que funcionan bajo "reglas de operación" son operados por la Conafor y son evaluados por una entidad contratada y pagada por la Conafor. Estos programas son fundamentales para impulsar al sector forestal, pero sin una adecuada evaluación crítica e independiente que retroalimente su diseño, difícilmente se podrán superar las fallas. Los alcances y presupuestos de los programas de apoyo al sector deberían ser evaluados por la Cámara de Diputados.



## Hacia un programa nacional de manejo sustentable de ecosistemas en México

*José Manuel Maass Moreno,\* Marta Astier Calderón\*\*  
y Ana Burgos Tornadú\*\*\**

El suelo no sólo es el sustrato en el que crecen las plantas. Es un componente sumamente importante de los ecosistemas, en el que se almacena el agua, el aire, la energía y elementos minerales, para luego fluir de manera dinámica mediante una gran diversidad de procesos que se dan a diferentes escalas espaciales y temporales. A pesar de la enorme importancia que el suelo tiene para sostener múltiples actividades productivas directamente ligadas al desarrollo económico y social del país, como la agricultura y la ganadería, éste ha sido sometido durante décadas al embate de prácticas de manejo inadecuadas. Los efectos son evidentes en la compactación del suelo, la erosión acelerada, la pérdida de su materia orgánica y su contaminación, procesos ampliamente generalizados en todo el país. Debe tenerse en cuenta que el deterioro actual de los suelos es producto del manejo histórico, el cual ha sido impulsado por políticas agrícolas y pecuarias basadas en enfoques reduccionistas que han concebido al suelo como un elemento aislado de su entorno en vez de reconocerlo como un componente del sistema de producción y del ecosistema integrado al paisaje. Dada la inercia del proceso, urge aplicar en México un programa nacional de manejo sustentable de sus suelos, embebido en principios ecosistémicos. Estos principios incluyen las consideraciones presentadas a continuación.

### El carácter complejo de lo suelos

Los suelos no son una mera colección de partículas minerales y orgánicas en un espacio determinado, sino que constituyen un sistema complejo. Su complejidad está dada por la amplia diversidad de componentes tanto de origen biótico (humus, hojarasca, raíces, bacterias, etc.) como abiótico (arenas, arcillas, agua, aire, etc.) que interactúan mediante procesos que transforman la materia y la energía

\* Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM-Morelia.

\*\* Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, A. C.

\*\*\* Instituto de Geografía, UNAM-Morelia (IG).

disponible en el ambiente. Los componentes pueden encontrarse en diferentes estados (modos de existencia, formas o condiciones), dependiendo de la interacción que cada uno de ellos tenga con el resto de los componentes. Estas interacciones son de carácter múltiple y dinámico, lo que genera complejas redes en las que la modificación de un componente del sistema repercute, en mayor o menor grado, en el resto. A su vez, el suelo es un componente más de un sistema mayor del cual forma parte. De hecho, los ecosistemas son conjuntos de subsistemas que se integran de manera jerárquica a diferentes escalas espaciales y temporales (a escala del horizonte del suelo, ladera, cuenca, montaña, región, continente, planeta). Los procesos que se dan a escalas pequeñas ( $\mu\text{m}$  o  $\text{mm}^2$  y s) se integran con los procesos a escalas mayores ( $\text{m}^2/\text{h}$ ;  $\text{ha}/\text{años}$ ;  $\text{km}^2/\text{décadas}$ ;  $\text{mm}^2/\text{siglos}$ ). Esta interacción entre escalas es la responsable de los efectos retardados entre la intervención en un sistema y las respuestas observadas. Asimismo, muchas de las interacciones que ocurren en el suelo involucran organismos vivos que evolucionan y se adaptan a las condiciones cambiantes de su medio. Esto significa que el arreglo particular de componentes bióticos y abióticos que encontramos en un momento dado, es resultante de miles, o inclusive millones de años de lentos procesos de evolución en los que los diferentes componentes se van acoplando en el ecosistema.

Frecuentemente, la complejidad estructural y funcional que determina el estado y aptitud de los suelos y de los ecosistemas de los cuales forman parte, no es suficientemente bien entendida. Así, los suelos en México y en muchas otras partes son manejados como si se tratara de componentes independientes, a los que se puede transformar sin que ello repercuta en su entorno. De hecho, los cuestionamientos a los esquemas productivos emanados de la revolución verde van más por el lado de los impactos que el uso excesivo de los insumos agrícolas (fertilizantes, pesticidas, agua, petróleo, etc.) han tenido en su entorno, que por su incapacidad de mantener la productividad en las parcelas. Esto es, lo que aparenta sustentabilidad a la escala de una parcela agrícola, resulta no serlo cuando se mide el impacto de las prácticas agrícolas de dicha parcela a nivel local y regional.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos tiene que partir del reconocimiento de esta compleja e inseparable interconexión entre los distintos elementos bióticos y abióticos que componen el sistema edáfico, así como entre el suelo y el resto del ecosistema.*

## **Los servicios ecosistémicos**

En los últimos años se ha reconocido que los ecosistemas naturales de nuestro planeta, incluyendo las especies que los componen, son responsables, mediante su funcionamiento, de sostener un conjunto de condiciones y procesos indispensables para la vida humana. A estas funciones se las ha denominado servicios ambientales porque son beneficios que la sociedad obtiene de la existencia de los ecosistemas. De allí que también se les conozca como "servicios ecosistémicos". Estos servicios han sido clasificados en cuatro categorías principales: de provisión, de regulación, culturales y de soporte.

Los servicios de *provisión* son aquellos bienes tangibles, recursos finitos aunque renovables, de apropiación directa, a los que se pueden medir, cuantificar e incluso poner precio. Tal es el caso del suelo que se utiliza para cultivar, el agua que extraemos de un pozo, las nueces que colectamos de un nogal o la resina que extraemos de un pino. Además de estos servicios de provisión directa, los ecosistemas naturales funcionan como mecanismos de regulación de la naturaleza, gracias a los cuales la población humana resulta beneficiada. Estos servicios de *regulación* resultan de la existencia de propiedades emergentes de los ecosistemas, que son aquellas que se expresan en el ecosistema completo pero no en sus partes por separado. Algunos ejemplos son el control de inundaciones, la resistencia a los incendios, el control del albedo y el mantenimiento de la fertilidad edáfica. En estos procesos, si bien el suelo juega un papel muy importante, el servicio de regulación es ofrecido por el ecosistema completo y no sólo por una parte de éste. Otro grupo de servicios se refieren a los de tipo *cultural*, cuya importancia surge de la percepción individual o colectiva de su existencia. Estos servicios dependen fuertemente del contexto social y son fuentes de inspiración para el espíritu humano. Aunque es muy difícil, y en ocasiones imposible, asignarles un precio, son fácilmente identificables. Tal es el caso de la belleza escénica de un cuerpo de agua, el aire fresco y limpio, el olor a tierra mojada después de una lluvia o la sombra de un ahuehuete milenario. Finalmente, hay una larga lista de servicios ambientales poco conocidos y menos entendidos, pero sumamente importantes pues dan *soporte* al resto de los servicios (de provisión, de regulación y culturales). Se trata de los procesos ecológicos básicos que mantienen al ecosistema funcionando. Estos servicios operan de manera indirecta y su presencia es difícilmente detectable. Sin embargo, resultan indispensables para el mantenimiento de las sociedades humanas. Estamos hablando de procesos como el acarreo de nutrientes y el transporte de materiales, la retención y almacenamiento de nutrientes en el suelo, la regulación de las poblaciones de plantas y animales, y el mantenimiento de una concentración de gases favorable en la atmósfera. Muchos de estos servicios de soporte involucran al suelo como componente esencial para la ocurrencia de procesos ecológicos que son clave en el mantenimiento de la dinámica funcional de los ecosistemas.

Es importante enfatizar que la tecnología no puede reemplazar estos servicios ambientales que los ecosistemas ofrecen a la humanidad, ya que ellos son generados por mecanismos complejos que operan a gran escala y requieren un alto número de especies y componentes que interactúan mediante relaciones intrincadas, como sinergias, lazos de retroalimentación y multicausalidades. Sin embargo, el hombre, mediante las actividades que realiza, desmantela los ecosistemas sin considerar las funciones subyacentes y los servicios ecosistémicos que está interrumpiendo, ni los efectos futuros de sus acciones presentes. Por ejemplo, las políticas gubernamentales durante décadas consideraron a las zonas tropicales como "tierras ociosas", a las cuales había que desmontar y abrir a la producción agrícola y pecuaria. Sin embargo, un análisis de los diversos servicios que generan los ecosistemas naturales muestra el valor que estas tierras poseen, ya que los servicios que se pierden por su deterioro son más valiosos que las ganancias que se obtienen por las actividades que los alteran.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos debe reconocer la existencia de servicios de regulación, culturales y de soporte que ofrecen los ecosistemas y no sólo centrar su atención en la utilización de los servicios de provisión.*

## **El manejo integrado**

La concepción del suelo como parte del ecosistema y el reconocimiento de la existencia de los servicios ambientales, ha incorporado una nueva perspectiva basada en la necesidad de pensar el manejo del suelo de manera integrada con otros componentes del ecosistema, tales como la vegetación y el agua. Este manejo integrado también hace referencia a la inclusión de diferentes modalidades de intervención humana, las cuales, partiendo del ordenamiento territorial, pueden estar dirigidas de manera complementaria a aprovechar, recuperar o conservar diferentes áreas de un mismo territorio, bajo la estrategia común de mantener la integridad funcional del ecosistema. No tiene sentido hablar del manejo del suelo, del agua y del bosque como si se tratara de recursos independientes. Tampoco considerar los programas dirigidos a la protección y recuperación de suelos degradados como antagónicos a los programas que incentivan la producción agrícola. Sin embargo, eso es lo que hemos estado haciendo en México mediante los programas de gobierno durante las últimas décadas.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos tiene que partir de un ordenamiento territorial y enmarcarse en el contexto de un manejo integrado de ecosistemas, en el que los diferentes componentes sean tomados en cuenta, así como sus aspectos de conservación y restauración ecológica.*

## **El manejo de cuencas**

Los ecosistemas son sistemas abiertos y muchas veces no tienen límites bien definidos. Esto significa que la materia y energía entran y salen libremente, conectando unos ecosistemas con otros. Esta interconexión entre sistemas nos obliga a considerar los posibles efectos que los esquemas de manejo que aplicamos en un ecosistema puedan tener en ecosistemas adyacentes. Para incorporar este carácter abierto de los ecosistemas en la toma de decisiones y tener una mejor apreciación y control de las interacciones entre sistemas colindantes, se ha utilizado el concepto de cuencas hidrográficas como unidades de manejo. Las cuencas hidrográficas son unidades del paisaje que, debido a su topografía, hacen que el agua drene a un punto común. Las cuencas sí tienen límites bien definidos (su parteaguas), lo que permite aislar de manera más eficiente los flujos de entrada de agua al ecosistema. Asimismo, las cuencas nos permiten tener un mejor conocimiento de lo que ocurre con las salidas de agua, porque presentan una boca por la que se concentran los flujos de salida por escorrentía. Esto es sustancial ya que los flujos de agua en un ecosistema controlan una buena parte de su dinámica

funcional, incluyendo procesos de remoción y acumulación de sedimentos y nutrientes de los suelos, en diferentes partes del paisaje.

Dada la importancia del agua en los procesos productivos, así como su carácter controlador del funcionamiento del ecosistema, las cuencas hidrográficas han resultado excelentes unidades de planificación para tomar decisiones acerca de los mejores esquemas para atender la problemática de pérdida y degradación de suelos. Sin embargo, en México nos hemos empeñado en fraccionar el paisaje en formas caprichosas que nada tienen que ver con la dinámica funcional de los ecosistemas. Ello nos impone una camisa de fuerza que nos dificulta tener una mejor apreciación de los posibles efectos de las intervenciones sobre el ambiente, así como implementar estrategias óptimas de manejo.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos debe utilizar las cuencas hidrográficas como unidades de manejo integral, lo que permitiría tener una mejor apreciación de las problemáticas y las soluciones posibles, así como facilitaría la planificación, la toma de decisiones y el monitoreo de las acciones y sus efectos sobre el ambiente.*

## **Técnicas de manejo sustentable del suelo**

El severo impacto que tienen en el ambiente las técnicas convencionales de manejo de suelos ha incentivado el desarrollo de técnicas alternativas de corte agroecológico las cuales no sólo son respetuosas del ambiente, sino además inducen el mejoramiento y conservación de la fertilidad y productividad del suelo. Estas técnicas incluyen: sistemas de control biológico para evitar el uso de plaguicidas; abonos verdes y biofertilizantes —a base de bacterias y hongos— que reducen el uso de fertilizantes químicos; acolchados y cultivos de cobertura para controlar la erosión; sistemas de labranza de conservación que evitan la compactación de los suelos, y policultivos que aprovechen de manera más eficiente los recursos edáficos y al mismo tiempo reduzcan el riesgo de plagas y enfermedades. Estos productos agrícolas libres de insumos artificiales están generando todo un mercado emergente, el de la agricultura "orgánica", que resulta cada vez más competitivo.

Ligado a todas estas técnicas, existe un esfuerzo para rescatar variedades silvestres de un gran número de especies domesticadas, como fuente de germoplasma para lidiar con los problemas de erosión genética y de cambio climático que se nos avecinan. Esto es particularmente importante en México no sólo por su enorme diversidad biológica nativa, sino por el papel protagónico que han tenido sus comunidades indígenas en el proceso de domesticación de cultivos de importancia mundial como lo son el maíz, el frijol, el amaranto, el cacao, el chile y el tomate.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos debe apoyarse en el uso de variedades nativas y de técnicas agroecológicas que disminuyan el uso de insumos agrícolas y mantengan la calidad de los suelos.*

## Procesos de acción participativa

El hombre, así como las instituciones sociales que conforma, es un componente integral de los ecosistemas y clave en el manejo de los mismos. A través del desarrollo de tecnologías ha ideado mecanismos para transformar la estructura de los ecosistemas hacia fines dirigidos y deseados. Prácticamente no hay un lugar en el mundo que esté libre de la influencia directa o indirecta del hombre. Por tal motivo, en la actualidad existe un amplio reconocimiento de la necesidad de incluir a los manejadores e interesados directos en las decisiones acerca del ambiente del cual forman parte. Para que los esquemas de manejo sean realmente efectivos, las decisiones sobre qué aspectos del territorio deben atenderse, cómo y cuándo, deben surgir del consenso y negociación de los diferentes sectores sociales y económicos ligados a los sistemas productivos locales. Estos procesos colectivos de reflexión, construcción de visiones compartidas y toma de decisiones en conflicto, son indispensables pero difíciles de impulsar y conducir. Ellos requieren del análisis de la dependencia y los derechos que cada uno de los sectores sociales tiene sobre los servicios y recursos que ofrece el ecosistema, de la revisión de la historia del manejo actual, de la identificación de los beneficios que cada sector recibe y la búsqueda de alternativas para actividades que pueden entrar en conflicto en el esquema de manejo. Las decisiones adoptadas en estos procesos participativos, así como las acciones implementadas y la respuesta del ecosistema deben ser monitoreadas de manera transparente, regular y sistemática. Finalmente, este ejercicio participativo debe conducirse de manera regular a fin de que se constituya como un mecanismo de entrenamiento colectivo y de educación ambiental y sea adoptado como una nueva forma de relación de la sociedad y de ésta con la naturaleza.

En México, una gran parte del territorio rural se encuentra en manos de comunidades indígenas y campesinas que ya cuentan con estructuras propias de organización y toma de decisiones, como los ejidos y otras modalidades étnicas de usos y costumbres. Sin embargo, las políticas públicas orientadas al manejo agrícola, pecuario y forestal y las modalidades de aplicación de programas raramente han sido definidas mediante enfoques participativos. Esto ha traído como consecuencia un desinterés por acatar las disposiciones legales, lo que debilita el estado de derecho y promueve conflictos sociales hacia el interior de las comunidades.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos debe incorporar a los diferentes usuarios en su diseño e implementación, impulsando procesos de "acción participativa" en los que, de manera conjunta con los interesados, se definan claramente los objetivos, metas, estrategias de implementación y seguimiento del programa.*

## Intervenciones técnica, institucional y comunicativa

Aun existiendo las técnicas apropiadas y una disposición por tomar en cuenta a los diferentes sectores sociales involucrados en el manejo, instituciones sociales débiles así como una falta de conciencia

sobre los problemas ambientales pueden dificultar la puesta en marcha del programa de manejo sustentable del suelo.

De nada sirve saber cómo frenar la erosión de los suelos (por dar un ejemplo) si los campesinos no reconocen el problema o, peor aún, si los conflictos internos hacen prácticamente imposible ponerse de acuerdo para tomar las medidas colectivas necesarias para que el programa sea efectivo. Es por ello que además de las medidas de intervención técnica, deben contemplarse las de intervención institucional orientadas a transformar las reglas de interacción social relacionadas con el manejo de ecosistemas. Esto es, a través de una evaluación y síntesis de las instituciones políticas y económicas que regulan las actividades de manejo en que participan los actores involucrados, se debe definir el sociosistema, identificando claramente qué valores, actitudes, conductas, instituciones y políticas son los más relevantes en el control y/o mantenimiento de la integridad estructural y funcional de los ecosistemas y, por tanto, deben ser incorporados al esquema de manejo racional de sus recursos y servicios, privados y públicos, y los procesos de cooperación estratégica asociados, con fines de bienestar.

De igual forma se deben contemplar medidas de intervención comunicativa orientadas a transformar el escenario de generación y discusión de la información, discursos y argumentos de los diferentes sectores sociales que participan en el proceso de manejo. Es decir, que a través de una evaluación y síntesis de los escenarios de debate sobre las actividades de manejo se genere un proceso de aprendizaje colectivo, ambiental, político y ciudadano, estableciendo una ruta comunicativa que se constituya como un mecanismo que permita la articulación del conocimiento y la discusión de los sistemas ecológicos y sociales en el diseño de estrategias de ordenamiento.

Es clave acompañar las intervenciones con un esquema de evaluación participativa, lo cual no sólo sirve para identificar errores y planear mejoras, sino que además permite comunicar los logros y lecciones aprendidas a los diferentes actores sociales

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos no sólo debe contemplar intervenciones de tipo técnico, sino asegurar que éstas se logren implementar a través de una eficiente intervención comunicativa e institucional, acompañadas de esquemas de evaluación participativa.*

## **El "manejo adaptativo"**

Dada la complejidad del problema al que nos enfrentamos al intentar desarrollar e implementar programas de manejo sustentable de ecosistemas, es importante reconocer que no tenemos cabal comprensión sobre todos los factores o elementos que influyen en el comportamiento de los socio-ecosistemas; tampoco tenemos control de los componentes y procesos que determinan su dinámica y, mucho menos, existe certeza de que los planteamientos de manejo nos llevarán a un manejo sustentable de los mismos. Reconocer esta incertidumbre es el primer paso para lidiar con tal complejidad.

En este contexto es importante utilizar modelos de los sistemas que permitan representar su dinámica, formular escenarios y definir metas de manejo a corto, mediano y largo plazo. Asimismo, debemos mantener un monitoreo constante sobre el proceso de manejo a fin de realizar los ajustes necesarios a medida que los resultados sean visibles. Si los escenarios y metas a corto plazo no se cumplen, debemos revisar los supuestos con los que construimos dichos escenarios a fin de ajustar los modelos y, por ende, nuestro programa de manejo. Este proceso de sintonizar los planteamientos de manejo con base en un análisis de la respuesta del sistema, se conoce como "manejo adaptativo" y se ha convertido en una herramienta clave para enfrentar la gran incertidumbre con la que se trabaja.

En México no se ha reconocido esta gran incertidumbre en los planteamientos que sustentan los programas y políticas de manejo de suelos. No solamente no existe una cultura de monitoreo ambiental sino que además las vías administrativas y legales que permiten modificar las decisiones de manejo están tan oxidadas que hacen muy difícil practicar el manejo adaptativo.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos debe reconocer la incertidumbre implícita en los procesos de manejo e incorporar esquemas de monitoreo ambiental de largo plazo, así como vías administrativas y legales que faciliten la implementación de un manejo adaptativo.*

## **Incentivos gubernamentales**

La severa crisis ambiental a escalas regionales y globales que enfrentamos hoy en día ha puesto en tela de juicio los modelos de desarrollo social y económicos actuales. El desarrollo sustentable, como un desarrollo económicamente rentable, socialmente aceptable y ecológicamente viable se ha planteado como un modelo alternativo, el cual está siendo adoptado como marco de referencia para guiar los modelos de desarrollo por los diferentes gobiernos del mundo. Estos gobiernos tienen la tarea de identificar e incentivar procesos que detonen dicho desarrollo sustentable.

El manejo de ecosistemas es uno de estos mecanismos a través del cual se promueve el desarrollo regional sustentable, pues integra tanto los aspectos productivos y de desarrollo social, como el mantenimiento del capital natural. La manera más eficiente de combatir la pobreza es incentivando procesos de autodeterminación o "empoderamiento" de las comunidades de sus procesos de desarrollo productivos. En la medida en que los campesinos, para dar un ejemplo, tengan control del manejo de los recursos naturales a través de un eficiente manejo de sus ecosistemas, tendrán mejores posibilidades de alcanzar las metas de desarrollo sustentable. Más que con programas de asistencia social, el gobierno debe incentivar el robustecimiento de las instituciones sociales, encaminando la cooperación hacia un manejo integral y sustentable de sus recursos naturales. Estos incentivos deben estar coordinados y ser congruentes con esta visión ecosistémica de la que hemos hablado en párrafos anteriores. Sin embargo, en México los programas de incentivos tienen serias fallas. Durante años la Comisión Nacional de Desmontes otorgó incentivos económicos y apoyo técnico para transformar

las selvas tropicales en praderas ganaderas, y aun hoy en día el programa de Procampo incentiva el desmonte con fines agrícolas. Al mismo tiempo, la CONAFOR recientemente instituyó un programa de incentivos para la conservación de los bosques a través de un programa de Pago por Servicios Ambientales. Es indispensable que estos programas se revisen, buscando la manera de generar sinergias al integrarlos con miras a incentivar el manejo sustentable de ecosistemas.

*Un programa nacional de manejo sustentable de suelos debe concentrar los diferentes esfuerzos sectoriales a fin de contar con incentivos gubernamentales congruentes con esta visión ecosistémica y orientarlos hacia el fomento del programa de manejo de ecosistemas.*

## Resumen

El manejo sustentable de los suelos sólo se podrá dar en el contexto de un manejo integral de ecosistemas. Un Programa Nacional de Manejo Sustentable de Ecosistemas debe estar basado en el reconocimiento de que: 1) los ecosistemas son *sistemas complejos* en los que el suelo es un componente importante del mismo; 2) que los ecosistemas ofrecen *servicios ambientales* más allá de la provisión de un sustrato fértil para los cultivos; 3) los recursos y servicios que ofrecen los ecosistemas deben ser *manejados* de manera *integral*; 4) las *cuencas* hidrográficas son excelentes unidades de manejo; 5) el hombre es parte de los ecosistemas y los diferentes sectores sociales involucrados en su manejo deben ser tomados en cuenta mediante *procesos participativos*; 6) las *prácticas de manejo* deben ser *conservacionistas* y orientadas a mantener la calidad de los recursos y servicios que el ecosistema ofrece; 7) además de las intervenciones técnicas, el manejo sustentable requiere de *intervenciones de tipo comunicativo e institucional*; 8) se debe practicar el *manejo adaptativo* como estrategia para enfrentar la gran incertidumbre con la que se toman decisiones en los programas de manejo, y 9) los *incentivos gubernamentales* deben ser *congruentes* con esta visión ecosistémica y estar muy *bien coordinados* entre los diferentes sectores gubernamentales que los otorgan.

Es importante enfatizar que todo el territorio nacional es sujeto de manejo de ecosistemas. Aun las reservas y zonas destinadas a la conservación o los grandes núcleos urbanos requieren de un manejo apropiado para asegurar su mantenimiento y viabilidad social, económica y ambiental en el largo plazo. Como se mencionó anteriormente, el manejo de ecosistemas parte de un ordenamiento territorial que identifica qué áreas podrán ser sujetas a una explotación sustentable, y cuáles deberán ser conservadas o sujetas a un programa de restauración ecológica. Es por ello que un Programa Nacional de Manejo de Ecosistemas debe tener como meta incorporar a todo el país. Quizás se deberá comenzar con las zonas más vulnerables y necesitadas, o con aquellas más estratégicas, en términos de los servicios ecosistémicos que ofrecen. Estas áreas piloto deberán actuar como puntos de partida para diseminar el proceso hacia el resto del país.

El capital natural es la base del desarrollo social y económico de un país. El camino hacia el desarrollo sustentable parte de la implementación de políticas y programas de manejo integrado de

ecosistemas a nivel nacional y global, de no ser así, nuestro capital natural seguirá deteriorándose, y junto con ello las posibilidades de lograr dicho desarrollo.

## Agradecimientos y reconocimientos

Los autores agradecemos al doctor José Luis Calva por su invitación a participar en este foro de discusión sobre sustentabilidad y desarrollo ambiental. Las ideas aquí planteadas son producto de múltiples discusiones con nuestros mentores, colegas y estudiantes a quienes también agradecemos su paciente interlocución. Particularmente agradecemos las discusiones con los doctores Miguel Altieri, Patricia Balvanera, Alicia Castillo, Helena Cotler, Jorge Etchevers, Felipe García Oliva, Raúl García Barrios, Víctor Jaramillo, Carl Jordan, Angelina Martínez Yrizar, Miguel Martínez Ramos, Omar Masera, José Sarukhán, Wayne Swank, Medardo Tapia Uribe y James Vose. Asimismo agradecemos a los biólogos Raúl Ahedo y Salvador Araiza y al ingeniero Heberto Ferreira por su apoyo en la elaboración del presente manuscrito. Finalmente agradecemos al Conacyt y al PAPIIT (UNAM) por el apoyo económico brindado en los últimos años para la consecución de proyectos de investigación ligados al tema de manejo de ecosistemas.

## Bibliografía

- Altieri, M. A., 1995, *Agroecology: the Science of Sustainable Agriculture*, Westview Press, Boulder.
- Brady, N. C., 1990, *The Nature and Properties of Soils*, MacMillan Publishing Properties, Nueva York.
- Castillo, A. M. A. Magaña, A. Pujadas, L. Martínez y C. Godínez, 2005, "Understanding Rural People Interaction with Ecosystems: a Case Study in a Tropical Dry Forest of Mexico", *Ecosystems*, vol. 8, núm. 1, p. 13.
- Christensen, N. L., *et al.*, 1996, "The Report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management", *Ecological Applications*, vol. 6, núm. 3, pp. 665-691.
- Daily, G. C., *et al.*, 1997, "Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems", *Issues in Ecology*, núm. 2, 16 pp.
- Francis, C. A., 1986, *Multiple Cropping Systems*, Macmillan, Nueva York, 383 pp.
- García Barrios, R., *et al.*, 2005, *Marco conceptual del proyecto: Manejo de ecosistemas y desarrollo humano*, Facultad de Ciencias, Facultad de Estudios Profesionales Iztacala, Centro de Investigaciones en Ecosistemas y Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.
- Gliessman R., 2000, *Agroecology*, Lewis and CRC Press LLC, Nueva York.
- Holling, C. S. (ed), 1978, *Adaptive Environmental Assessment and Management*, Wiley, Londres.
- Jordan, C. F., 1998, *Working with Nature: Resource Management for Sustainability*, Harwood Academic, The Netherlands, 171 pp.

- Maass, J. M., 1999, Criterios ecológicos en el manejo sustentable de los suelos, en *Conservación y restauración de suelos*, C. Sibe, et al. (eds.), PUMA/UNAM, pp. 337-360.
- \_\_\_\_\_, 2003, Principios generales sobre manejo de ecosistemas, En: Sánchez, Ó., E. Vega-Peña, E. Peters y O. Monroy-Vilchis, *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*, INE, U. S. Fish & Wildlife Service, Ford Foundation, México, pp: 117-136.
- Maass, J. M., et al., 2005, "Ecosystem Services of Tropical Dry Forests: Insights from Long-term Ecological and Social Research on the Pacific Coast of Mexico", *Ecology and Society*, vol. 10, núm. 1, p. 17. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art17/>
- Maass, J. M. y A. Martínez-Yrizar, 1990, "Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto", *Ciencias*, núm. especial 4, pp. 10-20.
- Sarukhán, J. y J. M. Maass, 1990, "Bases ecológicas para un manejo sostenido de los ecosistemas: el sistema de cuencas hidrológicas", en *Medio ambiente y desarrollo en México*, E. Leff (ed.), vol. i, UNAM (CIIH)-Porrúa, pp. 81-114.
- Swank, W. T., J. M. Vose, y K. J. Elliott, 2001, "Long-term Hydrologic and Water Quality Responses Following Commercial Clearcutting of Mixed Hardwoods on a Southern Appalachian Catchment", *Forest Ecology and Management*, núm. 143, pp. 162-178.
- Walters, C. J., 1986, *Adaptive Management of Renewable Resources*, McGraw-Hill, Nueva York.



## **La pesca como disyuntiva ¿recurso natural a conservar o producción a fomentar?**

*José Ignacio Fernández Méndez\**

Los cambios administrativos que han tenido las instituciones que atienden al sector pesquero en el país nos cuentan una historia. Aparentemente, esa historia revela que existen dos maneras diferentes y conflictivas de definir a la pesca, como recurso natural o como actividad productiva. En el primer caso, aseguran los críticos de ese enfoque, se ha enfatizado la protección sobre el aprovechamiento del recurso con resultados negativos para la producción. En el segundo, se presenta el argumento de que un enfoque de "fomento" es la solución al estancamiento de la producción. En la actualidad, dado el nivel de conocimiento actual sobre el estado de los recursos oceánicos, ésta es una dicotomía artificial, más cercana a posiciones políticas o intereses de grupo que a la realidad. Sin embargo, y dada esa disyuntiva en la argumentación sobre el tema, en otro escrito contenido en esta misma compilación (Villamar *et al.*) se discuten aspectos productivos de la actividad pesquera. En el presente escrito, la discusión se centra en la concepción de la pesca como una actividad basada en el aprovechamiento de un recurso natural.

El hecho es que la gran mayoría de las actividades económicas se basa en la explotación de recursos naturales y que la magnitud de esas actividades está irremediablemente limitada por la del recurso que las soporta.

Como medio para la vida es un medio con una productividad relativamente baja. Un metro cúbico de suelo puede contener 0.5% de nitrógeno, suficiente para producir 50 kg de peso seco de materia orgánica. En cambio, en un mar considerado rico en nutrientes un metro cúbico de agua contendría 0.00005% de nitrógeno, que produciría 5 g de peso seco de materia orgánica. El contenido de oxígeno, básico para muchas reacciones biológicas, es en el agua el 4% del que existe en el aire (Nybakken, 2001). Dado que el volumen del océano es mayor en relación al medio terrestre, la

---

\* Instituto Nacional de la Pesca/Secretario de Asuntos Técnicos, Sindicato Democrático de Trabajadores de Pesca y Acuicultura.

productividad de materia orgánica es semejante (aunque algo menor),  $48.5 \times 10^{15}$  gramos de materia orgánica al año, a la de los ecosistemas terrestres ( $56.4 \times 10^{15}$  gramos).

La pesca es el equivalente de la caza y recolección. La productividad natural de los recursos no puede ser fácil ni económicamente aumentada y al presente su contribución a la alimentación mundial es limitada. La pesca aporta apenas 17% de la proteína animal consumida en el mundo (OCDE, 2001). Asumiendo una población humana mundial de 6500 millones de personas y un consumo de 2500 kcalorías/día, la producción pesquera (asumiendo 90 millones de toneladas al año y un promedio de 5 kcal/g de valor energético de los productos pesqueros) aporta apenas 1.4% del consumo calórico mundial.

La percepción del océano como una "fuente inagotable de recursos" (y su versión nacional expresada en la obligada mención de "los más de 10000 kilómetros de litoral" de nuestro país) se debe, muy posiblemente, al ritmo del crecimiento de las capturas observadas en la segunda mitad del siglo pasado. Hasta los años sesentas el ritmo de crecimiento de la producción pesquera mundial, 6% anual, era superior al de la población (en ese entonces, 2.5% al año). Después de ese período, y hasta el inicio de la década de los noventa, el ritmo de crecimiento disminuyó a 2% anual. Al presente se observa un crecimiento nulo (0.0% de crecimiento anual promedio desde 1990). Sin embargo, algunos autores (Pauly y Watson, 2003, Pauly *et al.* 2005; Zeller y Pauly, 2005) indican que en realidad las capturas mundiales están descendiendo a una velocidad de 1% al año en promedio (700000 toneladas anuales de disminución anualmente) y que el mantenimiento aparente del nivel de capturas es resultado de la manipulación de los datos estadísticos en países particulares, como China. Estos autores señalan esta tendencia como una grave amenaza para la seguridad alimentaria de los países en desarrollo.

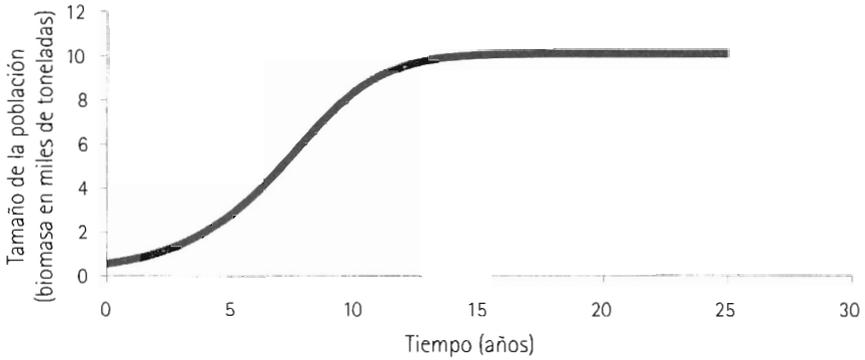
El llegar a una situación de cero crecimiento sería de esperarse dada la existencia de límites en la productividad de los recursos. Precisamente, la causa fundamental de la disminución de las capturas es la sobreexplotación, la captura en niveles superiores a los que las especies explotadas pueden renovar su población. Esto resulta en reducir su capacidad de producción, por lo tanto también se reduce la captura.

Imaginemos que tenemos un sistema acuático donde se introducen unos cuantos individuos de cierta especie previamente ausente. El crecimiento de la población se vería en una gráfica con el tiempo en el eje horizontal y el tamaño de la población en el vertical, expresado en biomasa, como se muestra en la figura 1.

Al principio, esta población crecerá lentamente. En tamaños intermedios de la población, su crecimiento se acelera (los encuentros entre individuos son frecuentes pero todavía no compiten entre ellos por alimento o espacio). Cuando la población es grande esos factores ya no son tan abundantes, la población alcanza los límites de su ambiente para sostenerla, alcanza su tamaño máximo y deja de crecer. Poco antes de llegar a ese punto su crecimiento es otra vez lento.

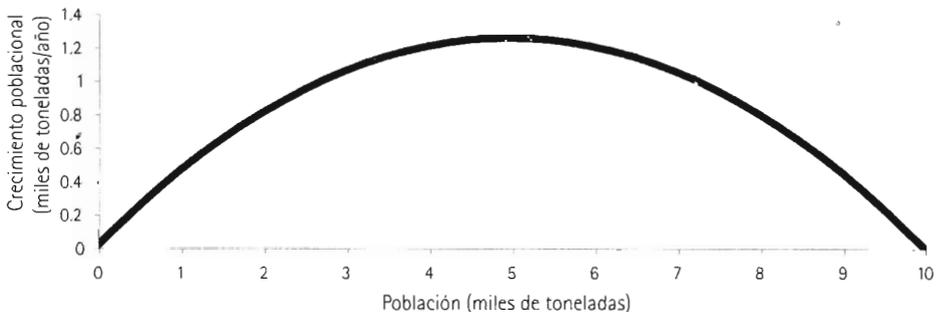
Entonces, la velocidad a la que crece la población depende de su tamaño. La gráfica de la figura 2 refleja eso. En el eje vertical se encuentra la diferencia del tamaño de la población entre un año

Figura 1  
**Crecimiento de una población hipotética**



y otro, el crecimiento poblacional anual. En el horizontal tendremos el tamaño de la población, la biomasa. Cuando la población es grande (cercana al tamaño máximo) o muy chica, su crecimiento es lento. Cuando la población tiene un tamaño intermedio el crecimiento es rápido. Por ejemplo, véase en la gráfica (figura 2) que cuando la población tiene un tamaño de 5 (miles de toneladas) el crecimiento anual es de cerca de 1.2 miles de toneladas al año. Cuando la población tiene una tamaño de 1 o 9 el crecimiento es cercano a 0.4 miles de toneladas.

Figura 2  
**Crecimiento anual de la población para diferentes tamaños de la misma**



Introduzcamos ahora el efecto de la pesca. Si cada unidad de lo que en términos técnicos se le llama esfuerzo pesquero (el número de barcos, redes, anzuelos, pescadores, etc.), capturara una proporción

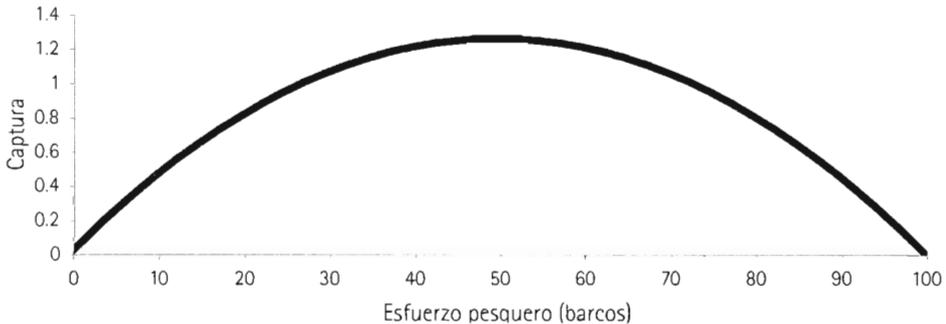
constante de la biomasa de la población, podemos convertir el eje horizontal de la figura 2 en unidades de esfuerzo. Si a cada nivel de esfuerzo se captura exactamente lo que la población crece cada año, la población no crecería ni disminuiría, la pesquería se encontraría en equilibrio y esa captura sería una "captura sostenible" porque puede mantenerse indefinidamente.

A partir de esto se puede hacer otra gráfica (figura 3), con el esfuerzo pesquero en el eje horizontal y la captura sostenible en el vertical. Esa línea nos da la captura que es posible obtener manteniendo la población en equilibrio, sin que crezca o disminuya, para cada nivel de esfuerzo pesquero. Cada punto en esa línea sería entonces una captura sostenible y su punto más alto sería la llamada Captura (o Rendimiento) Máximo Sostenible, abreviado cms o, más frecuentemente, RMS.

Si a un esfuerzo dado la captura estuviera por encima de esa línea de captura sostenible la población disminuiría y lo seguiría haciendo mientras no se reduzca el esfuerzo. Esto resulta en reducción de la captura y de la capacidad de producción del recurso (que a la larga puede resultar en la desaparición de la pesquería). A esto se le conoce como sobreexplotación o sobrepesca.<sup>1</sup>

Figura 3

**Curva de captura sostenible (en equilibrio) para diferentes tamaños de esfuerzo pesquero, asumiendo que se captura exactamente lo que la población crece cada año**



Hasta la década de los ochenta, la administración pesquera en muchas partes del mundo buscaba obtener el Rendimiento Máximo Sostenible como el objetivo fundamental (y a veces único) a lograr. Esto resultó ser una visión bastante miope y limitada. A pesar de su simplicidad teórica la aplicación

<sup>1</sup> La sobrepesca puede dividirse en dos tipos: 1) Sobrepesca de crecimiento, cuando al capturar los individuos de la población explotada a tallas pequeñas no se les permite llegar a tallas mayores, usualmente de mayor valor económico, reduciendo la producción global. Los métodos llamados "de Rendimiento por Recluta", se usan en análisis de este problema. 2) Sobrepesca de reclutamiento en la que se afecta la capacidad reproductiva del recurso. Este último es el tipo más grave y difícil de solucionar de los dos y es el tipo referido en el presente documento.

práctica de una administración basada en el Rendimiento Máximo Sostenible tiene varias dificultades. Entre otras cosas, varios autores señalan que las dificultades de estimar el RMS y las variaciones climáticas y ambientales han resultado muchas veces en sobrepasar la capacidad productiva del recurso (Hilborn y Walters, 1992). Caddy y Mahon (1995) señalan a las políticas de administración basadas en el RMS como riesgosas. Recientemente, Walters *et al.* (2005) han asegurado que la administración basada en el RMS puede resultar en deterioro de los ecosistemas donde viven las especies explotadas.

El efecto de la pesca no sólo es perceptible en el mero tamaño de las poblaciones. Dado que las especies más grandes, usualmente depredadores, tienen tasas de crecimiento individual y reproductiva más lentas que especies más pequeñas, son más susceptibles que éstas a la explotación, resultando en cambios en la estructura de especies de los ecosistemas. La biomasa de depredadores grandes en el Atlántico Norte se ha reducido hasta en 90% desde principios del siglo anterior (Pauly *et al.*, 2000; Pauly, 2003).

También la pesca puede afectar a poblaciones no objeto de captura. Entre 10 y 20 millones de toneladas de animales marinos no objeto de pesca comercial son capturados y desechados cada año en el mundo (Pauly y Watson, 2003). El efecto de la pesca de arrastre en ecosistemas someros y profundos ha sido ampliamente comentada Watling y Norse (1998) señalan que arrastres repetidos en las mismas áreas del fondo marino no sólo afectan la estructura de especies sino también los ciclos biogeoquímicos.

Basándose en lo anterior, debería ser claro que los límites en la productividad de los recursos pesqueros y su medio ambiente, así como los efectos que sobre ellos tiene la pesca deberían ser la base para la administración del sector.

## **Implicaciones económicas de los límites productivos de los recursos explotados**

Además de lo discutido hasta ahora, una administración basada exclusivamente en términos de captura no considera las decisiones tomadas por los usuarios individuales que resultan en su ingreso a la pesquería ni los beneficios económicos obtenidos a cada nivel de esfuerzo.

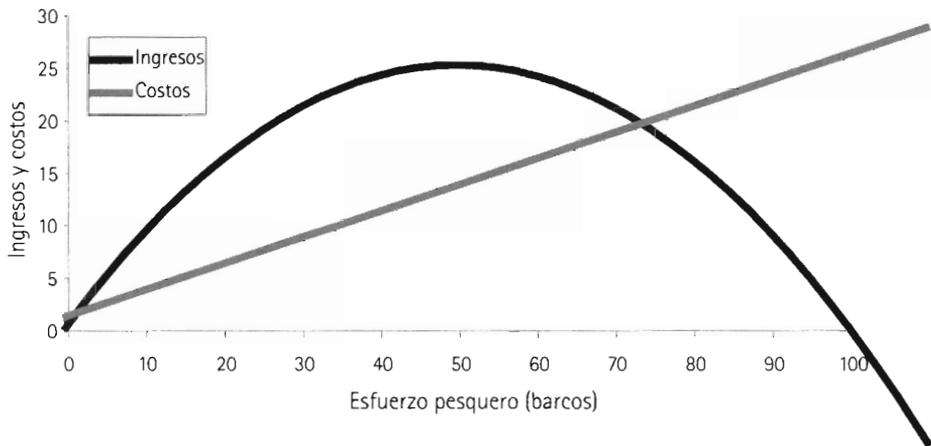
Si se multiplica la captura sostenible para cada nivel de esfuerzo que tenemos en la figura 3 por su valor comercial, se tendrá una gráfica con la misma forma de las anteriores, ahora con el esfuerzo en el eje horizontal y los ingresos brutos en el vertical (figura 4). En esta gráfica agreguemos los costos de ejercer cada unidad de esfuerzo, si el costo variable es constante por cada unidad de esfuerzo la línea resultante será una recta, los costos fijos serían el intersepto de esa recta con el eje vertical. Si la ganancia bruta está sobre los costos, se tiene una ganancia neta positiva. Entonces, la distancia entre la recta de los costos y la curva de las ganancias nos da la ganancia neta que podemos obtener de manera sostenible para cada nivel de esfuerzo.

Nótense dos cosas. Primero, la cantidad de esfuerzo que produce las máximas ganancias netas no se encuentra en el RMS sino a un nivel menor. Es decir, explotar un recurso al nivel del RMS resulta

en obtener los máximos beneficios económicos. Segundo, al avanzar hacia la derecha en el eje del esfuerzo, se llega a un punto en que los costos y las ganancias brutas son iguales (la ganancia neta es cero, el llamado "Punto de Equilibrio Bioeconómico, Conrad, 2001). Más allá de ese punto, a la derecha, los costos superan a las ganancias y habrían pérdidas económicas. Cuando en una pesquería tenemos una infraestructura, el esfuerzo pesquero en nuestra gráfica, demasiado grande (en relación a la capacidad del recurso explotado) para obtener ganancias netas, tenemos lo que se le llama sobre-capitalización. Una breve discusión sobre la magnitud de este problema a nivel mundial se encontrará en Villamar *et al.* (en la presente compilación).

Figura 4

#### Ganancias y costos en una pesquería en equilibrio



Cuando ocurre esto, aunque los pescadores se encuentren individualmente descapitalizados, globalmente (considerando todos los participantes y la capacidad productiva del recurso), el problema es que hay demasiado capital invertido en extracción (o en procesamiento o en ambos) para obtener ganancias.

Esto se deriva del mecanismo de decisión de los usuarios individuales. Al existir ganancias económicas existirá un incentivo para que entren nuevos usuarios a la pesquería, usualmente capturando más arriba del nivel de captura sostenible. Aun en el caso de que las capturas se mantuvieran en un nivel sostenible y no hubiera sobreexplotación (la población explotada se mantuviera en el mismo nivel), los beneficios económicos desaparecerían por el exceso de esfuerzo. Costaría lo mismo extraer la captura que lo que se obtiene por ella. Ocurriría lo que en términos técnicos se llama disipación de la renta.

Si se llega a ese punto, la pesquería se encontrará en un lugar altamente vulnerable. Una reacción lógica de los pescadores cuando ocurre una disminución de rentabilidad, es aumentar su eficiencia de operación (mejorando la tecnología de captura) o pescar con más intensidad, aumentando la presión sobre el recurso disminuyendo su población y por lo tanto su captura. Se crea entonces un círculo vicioso de disminución de la materia prima y aumento del capital invertido para aprovecharla más eficientemente al tiempo que desaparece (Iudicello *et al.* 1999). A la larga, todo lo anterior puede desembocar en la desaparición de la pesquería y, por lo tanto, de los beneficios económicos obtenidos de la misma.

La pesquería también se vuelve altamente vulnerable a la acción de variaciones de factores económicos. Si los costos aumentan (empujando la recta hacia arriba), o los precios del producto disminuyen (empujando la curva hacia abajo) el punto de cruce se mueve a la izquierda, el recurso puede sustentar económicamente a menos usuarios o aumentarán las pérdidas económicas si el esfuerzo permanece en el mismo lugar. Por ejemplo, la pesquería de camarón, la más importante en términos económicos en el país, se describe como "altamente sensible a los cambios en precios y costos de producción y opera con bajos márgenes de utilidad" (FIRA, 2001).

Lo anterior es un ejemplo de lo que Harding (1968) llama la "Tragedia de los Comunes". Es decir, los usuarios del recurso no recibirán beneficio si hicieran esfuerzos individuales por conservar el recurso si otros no lo hicieran en el mismo grado. Y nadie encuentra motivo para ello mientras las ganancias económicas persistan. Como se dijo, aún en tiempos de pérdida los individuos pueden pensar que la solución es explotar más intensamente o aumentar la eficiencia de extracción (mejorando la tecnología o renovando embarcaciones), en otras palabras, aumentar la presión sobre el recurso.

La conducta de individuos, organizaciones y naciones enfrascados en una carrera por pescar el último pez o camarón del océano, que aparenta ser en conjunto irracional, está compuesta de esas pequeñas evaluaciones individuales (lógicas y perfectamente racionales) de costo-beneficio. La Tragedia de los Comunes consiste precisamente en que, en ausencia de control, las fuerzas económicas llevan a la sobreexplotación, sobrecapitalización y agotamiento de los recursos. Esto llama claramente a una administración basada en los límites naturales del recurso explotado.

## **Acuicultura ¿una opción sustentable?**

Frecuentemente se presenta a la acuicultura como una solución para aumentar la producción y reducir la presión sobre los recursos pesqueros explotados por las pesquerías de captura. Esto puede ser cierto o no, dependiendo de factores tecnológicos y de la especie a cultivar.

Existen métodos de cultivo de peces (como el policultivo chino) que aprovechan simultáneamente varios niveles tróficos (es decir, varias especies de peces que consumen alimentos vegetales o animales, cultivados al mismo tiempo), integrados a otros sistemas de producción, como agricultura y producción animal. Estos sistemas tienen una alta eficiencia energética, tienen un reducido impacto

ambiental y aprovechan subproductos de otras actividades y producen alimento de alto contenido de proteína en zonas rurales.

Sin embargo, al presente, las especies cultivadas cuya producción tiene el crecimiento más acelerado son las de elevada demanda en los países desarrollados, como el salmón y el camarón. Parte del problema con estos cultivos es que requieren de dietas con alto contenido de proteínas, que normalmente incorporan derivados de especies marinas (como harina de pescado) en cantidades varias veces mayores a la del producto obtenido. Es decir, muchas veces se requiere capturar de tres a cinco kilos de pescado para obtener un kilo de especies cultivadas (Delgado *et al.*, 2003). Hasta un tercio de las capturas mundiales se destinan actualmente a la producción de harina de pescado para alimentos balanceados (Delgado *et al.* 2003; Pauly, 2003)

También, estos cultivos tienen un fuerte impacto ambiental. El cultivo de camarón ha sido frecuentemente señalado como una causa de destrucción de manglares y otros sistemas costeros. En algunas áreas este efecto es severo. Se calcula que 65% de la pérdida de área de manglar en Tailandia se debe al cultivo de camarón (26% a desarrollos en la zona costera, 6% al establecimiento de granjas de sal y 3% a actividades mineras) (Aksornkoe *et al.*, 1993). La pérdida de manglares tiene algunos efectos económicos fácilmente medibles. Naylor *et al.* (2000) calculan que por cada kilogramo de camarón producido en áreas previamente ocupadas por manglares se pierden 400 gramos de peces capturados por pesquerías artesanales. Los mismos autores señalan que se pierden 100 kg anuales de peces por cada hectárea de manglar perdida.

Los efluentes de las granjas, con altos contenidos de materia orgánica pueden causar eutrofización en los cuerpos de agua adyacentes (Farias, 1999) y pueden ser fuentes de enfermedades para los propios organismos cultivados (Phillips, 1998). Los desinfectantes y antibióticos presentes en las descargas de las granjas pueden también afectar a las poblaciones naturales de microorganismos en áreas cercanas e inducir resistencia en patógenos expuestos a ellas (GESAMP, 1997).

La acuicultura intensiva puede ser una buena fuente de empleos remunerados en beneficio de pobladores locales (De Walt, 2001; Lebel *et al.*, 2002). Sin embargo, también puede resultar en inequidades en las zonas donde se establece. Lebel *et al.* (2002) discuten que los mayores beneficiarios del cultivo de camarón en Tailandia han sido las élites locales lo que ha causado resistencia entre comunidades al establecimiento de nuevas granjas. Se han presentado los mismos argumentos en México. Por ejemplo la organización WRM (World Rainforest Movements) (2001) afirma que "al transformar lagunas de propiedad común en un recurso de propiedad privada, las concesiones han exacerbado conflictos sociales en Sinaloa". La acuicultura también compite por espacio, agua y recursos financieros y gubernamentales con otras actividades, resultando en el desplazamiento de pobladores locales (Lebel *et al.* 2002).

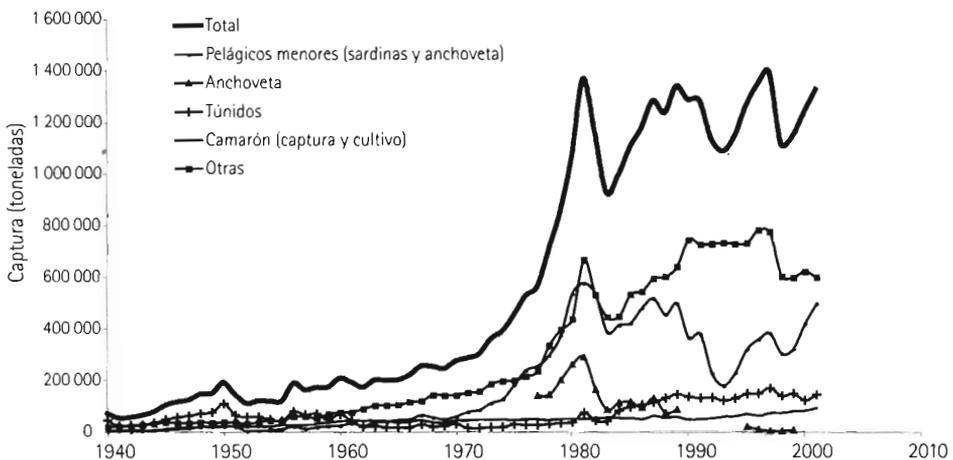
Es decir, aunque la acuicultura de especies de alto valor comercial es altamente rentable, tiene grandes externalidades y requiere someterse a una regulación ambiental cuidadosa. Se ha señalado que la reducción de los impactos ambientales y la armonización de la acuicultura con otras activi-

dades productivas son requisitos para dar a la acuicultura de especies de alto valor comercial una base de sustentabilidad (GESAMP, 1997; Haws *et al.* 2001; Lebel *et al.*, 2002; Delgado *et al.*, 2003). Sin embargo, es previsible la oposición de la industria a la adopción de tales medidas, como ha sido el caso en Tailandia y Vietnam (Lebel *et al.*, 2002).

## Efecto de los vaivenes administrativos en la administración pesquera nacional

En nuestro país los cambios en el diseño institucional han sido tan cambiantes como las tendencias en la producción. A principios de los años ochenta, cuando la producción aumentaba, de una manera sin precedentes hasta entonces (figura 5), se creó la Secretaría de Pesca. Previamente el sector pesquero era atendido por departamentos dentro de otras secretarías, como la de Comercio. Sin embargo, a este aumento casi exponencial de la captura siguió una fuerte caída. Como puede verse en la gráfica, más de la mitad de la captura nacional se componía en esos años de peces pelágicos menores (sardinas y anchovetas), especies muy susceptibles a las variaciones ambientales. La caída en las capturas fue debida al efecto del fenómeno de El Niño sobre estas especies, acompañado de una probable sobreexplotación de la pesquería de la anchoveta. A esta caída le ha seguido un periodo de estancamiento que dura hasta el presente. Nótese que, a pesar de la disminución de su importancia relativa, la captura total sigue cercanamente las tendencias de la pesquería de la sardina (con una correlación de 0.93). Se presentaron eventos de El Niño a principios de los noventa y en 1997-98 que corresponden a disminuciones en esa pesquería.

Figura 5  
Tendencias de las capturas pesqueras nacionales desde 1940  
(Conapesca, 2001)



A mediados de los años noventa se creó la Semarnap, incorporando la pesca dentro de un marco amplio de administración de recursos naturales, resultado de la visión contenida en consensos internacionales como la Agenda de Río y el Código de Conducta de la Pesca Responsable. Muy probablemente, y esto se ve reflejado en el plan sectorial pesquero del sexenio 1994-2000, fue resultado de la percepción de que se estaba alcanzando el límite productivo de los recursos explotados.

Esta visión también se ve reflejada en la elaboración, por parte de los investigadores del Instituto Nacional de la Pesca de los libros Sustentabilidad y Pesca Responsable en México en sus ediciones 1997-1998 y 1999-2000. Estos documentos hacen énfasis en la evaluación del "estado de salud" o nivel de explotación de los recursos que sustentan las principales pesquerías del país.

También en ese periodo se concibió y realizó la emisión de la Carta Nacional Pesquera. Previamente un documento cartográfico de la distribución de especies pesqueras, de poco valor informativo, la Carta Nacional Pesquera se transformó en un inventario de los recursos pesqueros susceptibles de aprovechamiento y del esfuerzo pesquero susceptible de aplicarse por especie. También contiene los lineamientos, estrategias y demás previsiones para la conservación, protección, restauración y aprovechamiento de los recursos acuáticos.

La importancia de la CNP radica en dos aspectos. Primero, el ser un documento de carácter vinculante para la autoridad pesquera. Esto consiste en contener de manera explícita los límites de explotación de los recursos para acotar la actuación de la autoridad a los mismos. Es una manera de oficializar el diagnóstico científico. Dado que la anterior Ley de Pesca determinaba que la autoridad solicitará la opinión técnica del Instituto Nacional de la Pesca solo "cuando lo requiera", esto daba la posibilidad de que muchas decisiones se pudieran tomar sin bases técnicas (como de hecho ocurría). Para que la CNP sea efectiva se requiere que en la ley se especifique su carácter vinculante y obligatorio para la autoridad pesquera y ser complementada con definiciones legales de problemas (como la sobrepesca) y la obligación explícita de la autoridad de evitarlos. El carácter vinculante (al que se resistieron frecuentemente las propias autoridades pesqueras actuales) se estableció finalmente en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables, recientemente aprobada.

La producción de esos documentos señalan claramente el carácter limitado de los recursos explotados, al cual previamente no se había dado el énfasis requerido. Hernández y Kempton (2003) señalaban a éstos y a otras medidas tomadas en ese periodo como parte de una tendencia de incorporar en mayor medida la investigación científica, junto con una mayor participación corresponsable de los usuarios en el proceso de administración de los recursos.

Sin embargo, la falta de crecimiento de las capturas (que se ha dado, como se dijo, desde principios de los años ochenta), posiblemente junto con la percepción de parte del sector productivo de una tendencia a la "sobreregulación", probablemente fue la causa de que, durante la presente administración, se cambiara el énfasis hacia un "fomento" de la producción y la "rentabilidad" de la actividad mediante una política basada en subsidios. En el documento complementario al presente y en otros más (Villamar *et al.*, en esta compilación, National Research Council, 1999; World Wildlife

Fund 2001; Pauly, 2003) se discute el efecto negativo de los subsidios como los aplicados actualmente. El crecimiento de las capturas totales, 1.8% en seis años, se debió (como se muestra en la figura 5) a los aumentos de la captura de la sardina. Es decir, la adopción de una política de "fomento" no resultó en aumentar la producción o la rentabilidad e la actividad. En cambio, Hernández y Kempton (2003) percibieron un retroceso en los procesos de la administración pesquera debido a una inclinación institucional hacia los intereses de la pesca industrial.

## **Una alternativa: La administración ecosistémica**

Además de aspectos de la administración relacionados con las relaciones con los usuarios y distribución del poder de decisión en la administración (como el comanejo y la subsidiariedad) y la administración basada en definición de derechos de explotación (como se discute en Villamar *et al.*, esta compilación), una administración exitosa de los recursos pesqueros requiere considerar cercanamente principios relativos a la naturaleza misma de los recursos y su medio.

Aún faltan por definir lineamientos precisos sobre administración pesquera basada en ecosistemas y maneras ampliamente aceptadas de incorporarlos explícitamente en la administración. Sin embargo, existe cierto consenso sobre los términos generales en que esto debe hacerse.

Kjell (2003) encuentra una clara compatibilidad entre los principios expresados en el Código de Conducta para la Pesca Responsable, promovido por la FAO, y los contenidos en convenciones internacionales como la Cumbre de Río (UNCED) de 1992 y la conferencia de Johannesburgo del 2003. Este autor urge a una adopción efectiva de esos principios para incorporar la administración pesquera a una administración más amplia en el marco de los recursos naturales. Cury y Christensen (2005) discuten que para hacerlo es todavía necesario desarrollar indicadores ecológicos a considerar en la administración pesquera. Duda y Sherman van un paso más allá, al discutir sobre la necesidad de mejorar la administración de los recursos naturales manteniendo la salud del medio ambiente mediante un enfoque de administración conjunta para la resolución de problemas comunes entre países ribereños de grandes ecosistemas marinos. Una estrategia de administración recomendada por muchos autores y cuya eficacia ha sido demostrada es el establecimiento de Áreas Marinas Protegidas (Kjell, 2003; Pauly, 2003; Cury y Christensen, 2005). Aunque algunos autores atacan esta estrategia como una manifestación de "conservacionismo rampante", prefiriendo hacer énfasis en mecanismos de mercado acompañados de control gubernamental sobre el esfuerzo (Hanesson, 2004), debe señalarse que estas estrategias no son mutuamente excluyentes sino complementarias. Las AMP deben considerarse como una manera de conservar la productividad del recurso y no una manera de impedir su explotación.

En la tabla siguiente se presentan los principios generales fundamentales de administración de pesquerías, sugeridos por FAO (2002) y las funciones de la administración que responden a ellos (1 a 8). A éstos agregaremos criterios adicionales de rentabilidad económica y bienestar social (9 a 12).

Tabla 1

### Principios generales fundamentales de administración de pesquerías

Sugeridos por FAO (2002) (1 a 8, 9 a 12 sugeridos por este autor)

Principio	Función de la administración
1. Las poblaciones y comunidades de peces son finitas, lo que es una limitante de la producción potencial de una pesquería.	La captura potencial tiene que ser estimada y las limitaciones biológicas identificadas.
2. La producción de una población está en función de su tamaño y del ambiente ecológico y esta influido por los cambios inducidos por la actividad humana en el mismo.	Se deben establecer puntos de referencia a partir de la evaluación de las poblaciones. Se deben identificar y monitorear los impactos ambientales y la estrategia de administración debe ser modificada de acuerdo con los resultados
3. Las demandas humanas de consumo de productos pesqueros se encuentran de manera fundamental en conflicto con las limitaciones impuestas por la necesidad de mantener un nivel bajo de riesgo para el recurso explotado. La demanda provee el incentivo para explotar los recursos más allá de sus límites biológicos. La tecnología provee los medios para explotar los recursos más allá de sus límites biológicos.	Se deben establecer metas y objetivos de administración realistas. El lograr los objetivos de administración requiere controles de esfuerzo pesquero y tecnología.
4. En una pesquería multispecifica es imposible maximizar u optimizar la captura de todas las pesquerías simultáneamente.	Se deben establecer metas y objetivos realistas en lo referente a los ecosistemas para tomar en cuenta en la administración las interacciones entre especies.
5. La incertidumbre siempre está presente en las evaluaciones pesqueras. Mientras más grande sea la incertidumbre, más conservadora y precautoria debe ser la administración.	Se deben realizar análisis de riesgo al diseñar e implementar los planes, medidas y estrategias de administración.
6. El grado de dependencia de la pesquería en el corto plazo de la sociedad determinará la prioridad relativa de los objetivos sociales y/o económicos en comparación con la utilización sustentable.	Las pesquerías no pueden ser administradas en aislamiento y deben ser integradas en las políticas de administración de la zona costera y la planeación nacional.
7. Un sentimiento de pertenencia o involucramiento al largo plazo de los usuarios con el recurso conduce a prácticas de pesca responsable.	Se debe establecer un sistema efectivo de derechos de acceso.
8. Una genuina participación en el proceso de administración por usuarios bien informados es consistente con los principios democráticos, facilita la identificación de sistemas de administración aceptables y favorece el cumplimiento de leyes y regulaciones.	La comunicación, la consulta y el co-manejo deben estar presentes en todas las etapas de la administración.
9. Niveles altos de esfuerzo resultan en sobrecapitalización y disipación de la renta. El otorgamiento de subsidios directos no resulta en mantener la rentabilidad al largo plazo.	La administración debe contemplar el objetivo de mantener la rentabilidad como producto solo de la explotación del recurso sin otorgamiento de subsidios.
10. Los conflictos sociales por acceso a los recursos se exacerbaban en niveles altos de esfuerzo y baja rentabilidad.	La administración debe contemplar objetivos que faciliten la convivencia armónica de los sectores y comunidades usuarias de los recursos. La administración debe incluir explícitamente la asignación de recursos a sectores o comunidades específicas.

Principio	Función de la administración
11. Existe comunidades marginadas, con fuertes necesidades nutricionales y económicas y que no son susceptibles de adoptar en el corto plazo metodologías de cultivo o capturas comerciales o altamente tecnificadas.	El apoyo a cultivos o capturas de baja tecnología y no necesariamente comerciales es un paso previo al desarrollo de métodos más tecnificados u objetivos comerciales.
12. La explotación de los recursos debería hacerse de manera eficiente, aprovechando al máximo el producto extraído y maximizando el valor económico obtenido por unidad de captura.	La administración debe contemplar el promover el aprovechamiento eficiente en los términos material y económico del recurso extraído.

En la opinión de este autor, la visión del sector pesquero como una actividad productiva aislada de la consideración de las restricciones biológicas impuestas por los recursos naturales, mantenida por varias administraciones, incluida la actual, sólo puede llevar al deterioro de los recursos y a la insustentabilidad. A la luz de lo considerado en este documento, debe examinarse con cuidado la propuesta de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales presentada en el documento "Política Ambiental Nacional para el Desarrollo Sustentable de Océanos y Costas de México" presentado al tiempo de escribirse las presentes líneas (no pudiéndose por ello analizar en el contexto de este escrito).

Es nuestra opinión que sólo una política integral que considere la dinámica de las decisiones de los usuarios junto con las restricciones impuestas por las limitaciones productivas de los recursos naturales puede conducir a la actividad pesquera a la sustentabilidad y a su permanencia como actividad económica.

## Bibliografía

- Aksornkoae, S., Paphavasit, N. y Wattayakorn, G., 1993, Mangroves of Thailand: Present status of conservation, use and management, en Clough, B.F. (Ed.) *The economic and environmental values of mangrove forests and their present state of conservation in the southeast Asia/Pacific region*, Mangrove ecosystems technical reports 1, International Society for Mangrove Ecosystems, Okinawa, Japón, pp. 83-133.
- Caddy, J. F. y Mahon, R., 1995, *Reference Points for Fisheries Management*, FAO Fish, Tech, pap. 347.
- Conapesca, 2001, Anuario Estadístico de Pesca 2001, Conapesca/Sagarpa, México.
- Conrad, J., 1999, *Resource Economics*, Cambridge University Press, Nueva York.
- Cury, P.M. y V. Christensen Quantitative, 2005, "Ecosystem Indicators for Fisheries Management", *ICES Journal of Marine Science*, 62: 307-310.
- Duda, A.M., Sherman, K, 2002, "A new imperative for improving management of large marine ecosystems", *Ocean & Coastal Management*, 45 (2002) 797-833.

- Delgado, C.L., N. Wada, M.S. Rosegrant, S. Meijer y M. Ahmed, 2003, *Fish to 2020. Supply and demand in changing global markets*, International Food Policy Research Institute, Washington, D.C.
- FAO, 1999, "Indicators for sustainable development of marine capture fisheries", FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries núm. 8, Roma.
- Farias, F., 1999, *El impacto ecológico de las granjas de camarón. Periodismo de ciencia y tecnología*, Instituto Tecnológico del Mar, México (2): 6-9
- FIRA, 2003, *Perspectivas del camarón 2003. Fideicomisos instituidos en relación con la agricultura*. Banco de México, Morelia, México.
- Hanesson, R., 2004, *The privatization of the oceans*, MIT Press, Cambridge, Mass.
- Harding, G., 1968, "The tragedy of the commons", *Science*, vol. 162, pp. 1243-1248.
- Haws, M., Boyd, C. E., y Green, B. W., 2001, *Buenas prácticas de manejo en el cultivo de camarón en Honduras. Una guía para incrementar la eficiencia y reducir los impactos ambientales de la acuicultura de camarón*. Center of Coastal Resources, University of Rhode Island and Department of Fisheries and Aquaculture, Auburn University.
- Hilborn, R. y C. Walters, 1992, *Quantitative fisheries stock assessment. Choice, dynamics and uncertainty*, Chapman Et Hall, Nueva York.
- GESAMP (IMS/FAO/UNESCO-IOC/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection), 1997, Towards safe and effective use of chemicals in coastal aquaculture. Reports and Studies GESAMP núm. 68, Rome, FAO 40 pp.
- Hernández, A. y W. Kempton, 2003, "Changes in fisheries management in Mexico: Effects of increasing scientific input and public Participation", *Ocean & Coastal Management* 46(2003): 507 -526.
- Iudicello, S., M. Weber y R. Wieland, 1999, *Fish, Markets and Fishermen. The Economics of overfishing*, Island Press, Washington.
- Kjell, G., 2003, "Better integration of environmental and fisheries science for management advice", *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56 (2003) 411-413
- Lebel, N. Hoang Tri, A. Saengnoee, S. Pasong, U. Buatama y L. K. Thoa, 2002, "Industrial Transformation and Shrimp Aquaculture in Thailand and Vietnam: Pathways to Ecological, Social, and Economic Sustainability?" *Ambio* 31(4): 311-323.
- National Research Council; Committee on Ecosystem Management for Sustainable Marine Fisheries, 1999, *Sustaining Marine Fisheries*, National Academy Press, Washington, D.C.
- Naylor, R., R. Goldburg, J. Primavera, N. Kautsky, M.C.M. Beveridge, J. Clay, C. Folke, J. Lubchenco, H. Mooney y M. Troell, 2000, "Effect of aquaculture on world fish supplies", *Nature*, vol. 405, 29 junio 2000.
- Nybakken, J.W., 2001, *Marine Biology: an Ecological approach*, Benjamin Cummings/Addison Wesley, San Francisco, quinta edición.
- OCDE, 2001, *Transition to Responsible Fisheries Economic and Policy Implications*, Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris.

- Phillips, M.J., 1998, Tropical Mariculture and costal environment integrity, en *Tropical Mariculture*, DeSylva, S.S. (ed.), Academic Press, Londres.
- Pauly D., 2003, *In a perfect ocean. The state of fisheries and ecosystems in the North Atlantic ocean*, Island Press/ Shearwater Books, Washington D.C.
- Pauly, D., V Christensen, R. Froese, M.L. Palomares, 2000, "Fishing down aquatic food webs", *American Scientist*, vol. 88, núm. 1.
- Pauly, D. Y R Watson, 2003, Counting the last fish, *Scientific American*, vol. 289, núm. 1.
- Pauly, D., R. Watson y J. Alder, 2005, *Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security*, Phil. Trans. R. Soc. B (2005) 360, 5–12
- Walters, C. J., Christensen, V., Martell, S. J. y Kitchell, J. F., 2005, "Possible ecosystem impacts of applying msy policies from single-species assessment e ICES", *Journal of Marine Science*, 62: 558-568.
- Watling, L. y E.A. Norse, 1998, "Disturbance of the sea bed by mobile fishing gear: A comparison to forest clear-cutting", *Conservation Biology*, vol.12, núm. 6, pp.1180-1197.
- WRM (World Rainforest Movements), 2001, "México: Growing opposition to industrial shrimp farming", *WRM's bulletin*, núm. 51, octubre 2001.
- World Wildlife Fund, 2001, "Hard facts, hidden problems. A review of current data on fishing subsidies", wwf Technical Paper.
- Zeller D. y D. Pauly, 2005, *Good news, bad news: global fisheries discards are declining, but so are total catches*, *Fish and Fisheries*, 2005, 6, 156–159.



**Tercera sección**  
**Perspectivas frente a los problemas del agua**



## Nuevas perspectivas frente a los problemas del agua en México\*

Rosalva Landa\*\* y Julia Carabias\*\*\*

Para enfrentar los problemas vinculados con los recursos hídricos en nuestro país se requiere de una visión que vaya más allá del desarrollo de infraestructura hidráulica que a pesar de ser necesaria no es suficiente para garantizar el uso sustentable del agua, la salud humana y el desarrollo económico. Se requiere de una perspectiva que incorpore obligadamente la dimensión ambiental, que conciba como un hecho irrefutable que el agua es un recurso natural esencial para mantener la vida en el planeta y que la única forma de seguir disfrutando de este recurso es a través del cuidado del ciclo hidrológico y de los ecosistemas que lo hacen posible.

Actualmente, en México más del 70% de los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación; más del 15% de los acuíferos se encuentran sobreexplotados; por lo menos 57% del volumen de agua subterránea que se utiliza proviene de esos acuíferos sobreexplotados y se está minando la reserva de agua subterránea a un ritmo de 6 km<sup>3</sup> por año; la deforestación y el azolvamiento por erosión han provocado la disminución de los caudales de muchos ríos, dejando de ser permanentes un gran número de ellos; existe sobreexplotación pesquera e invasión de especies exóticas en los principales lagos; el desvío de cauces de ríos ha ocasionado, entre otras, la extinción local de especies acuáticas, por sólo mencionar algunos indicadores del deterioro.

En las últimas tres décadas, el agua en México pasó de ser un factor que favorecía el desarrollo, a ser un recurso que se está volviendo limitante para el desarrollo; de ser un elemento que promovía la cooperación entre comunidades y estados, a ser un recurso que crea conflictos severos. Estos hechos han obligado a repensar la relación que la sociedad ha establecido con este recurso natural.

---

\* Documento extraído y sintetizado de la obra de J. Carabias y R. Landa, 2005, *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*, Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de México, Fundación Gonzalo Río Arronte, IAP México, 220 pp.

\*\* Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuajimalpa.

\*\*\* Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad, Facultad de Ciencias, UNAM.

La política hidráulica impulsada durante el siglo pasado se concentró fundamentalmente en el uso, aprovechamiento y explotación del agua y construyó una parte importante de la infraestructura básica indispensable para el desarrollo social y económico nacional. No obstante estos incuestionables avances, la preocupación por los efectos producidos sobre el medio ambiente no fue incorporada sino hasta los últimos años, cuando las manifestaciones del deterioro fueron evidentes y en muchos casos, muy graves. Ello llevó a cuestionar la política hidráulica para convertirla en una política hídrica, cuyos principios rectores sean la conservación del ciclo hidrológico y de los ecosistemas naturales vinculados a éste, así como el manejo integral del agua para garantizar el bienestar de las presentes y futuras generaciones. Ello implica cambiar paradigmas, revertir las tendencias de deterioro del recurso hídrico y planear el desarrollo social y económico en concordancia con los límites que le impone la naturaleza.

## **Panorama de los recursos hídricos en México**

La precipitación en el país es de 1 511 km<sup>3</sup>, de la cual 23% escurre superficialmente y 5% se infiltra en más de 653 acuíferos, el resto se evapotranspira. El agua, desde su precipitación hasta su llegada al mar, fluye por los 37 ríos principales y por múltiples ríos y arroyos secundarios y se acumula en los 70 lagos mayores y en más de 137 lagunas costeras. En estos ecosistemas acuáticos habita una gran diversidad de especies vegetales y animales, muchas de las cuales son endémicas.

El agua no se distribuye homogéneamente en el país. El 32% escurre en el centro, norte y noroeste del país, que representa más de 80% del territorio nacional y en donde se concentra 77% de la población y 85% del producto interno bruto (PIB). En contraste, en 20% del territorio escurre 68% de agua, donde sólo se ubica 23% de la población y se genera 15% del PIB (CNA, 2004a). Tampoco el agua se precipita homogéneamente a lo largo del año. Es en los meses de junio a octubre que se concentra 63%. Mientras que en los siete meses restantes sólo 37% (CNA, 2004a).

El agua potencialmente disponible en el país es de 476 km<sup>3</sup> (la que se precipita menos la que se evapotranspira). Su disponibilidad natural media por habitante ha disminuido en la medida que aumenta la población. Mientras que en 1955 era de 11 500 m<sup>3</sup> por habitante al año, considerada como alta, en el 2004 se calculó en 4 547 m<sup>3</sup> y se espera que para el 2025 baje a 3 822 m<sup>3</sup>, lo que significa ya un estrés hídrico. Esta situación se agrava cuando se analiza por regiones ecológicas en el país: en el norte la disponibilidad es de 1 336 m<sup>3</sup>/hab/año, mientras que en Chiapas puede llegar a 24 674 m<sup>3</sup>/hab/año (CNA, 2004a; CNA, 2002).

Del volumen de agua disponible se utiliza 15% (72.6 km<sup>3</sup>), lo cual es una presión moderada según los indicadores de la Organización de las Naciones Unidas, aunque hay regiones como en el norte en que se extrae hasta 40% del volumen potencial. El 77% de este agua es para uso agropecuario, 13% para el abastecimiento público y 10% para industria autoabastecida (CNA, 2004a).

## **Algunos problemas vinculados al uso del agua**

La falta de prioridad en la conservación del ciclo hidrológico generó daños ambientales importantes y algunos irreversibles entre los cuales se pueden mencionar la deforestación, el azolvamiento de cuerpos de agua, la disminución de los caudales de muchos ríos y de la recarga de acuíferos. El desvío de cauces de ríos por diversas obras de infraestructura y la contaminación de los cuerpos de agua han provocado la extinción de especies acuáticas.

Otro problema derivado del mal uso del agua es la contaminación generada por agroquímicos y las descargas industriales. En la actualidad sólo se trata 23% de las aguas residuales y 70% de las principales cuencas están contaminadas. En materia de servicios y saneamiento, el reto de alcanzar la meta comprometida en la Cumbre de Desarrollo Sustentable (reducir a la mitad el número de personas sin acceso al agua potable y alcantarillado y en 20% las aguas que no se tratan, para el año 2015) requiere por lo menos de duplicar la inversión pública (CNA, 2004b).

En el manejo de las presas resalta la carencia de mecanismos adecuados para evaluar y mitigar los impactos socioambientales y la falta de instrumentos legales que garanticen la consulta con las poblaciones afectadas y su justa indemnización y reubicación. El ámbito de acción de las instituciones de gobierno frente a los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos es insuficiente y está desarticulado del conocimiento científico.

La aplicación de diversos instrumentos económicos, la creación de mercados del agua y la modificación de tarifas que reflejen el costo de proveer los servicios y del agua, entre otros, no son suficientes por sí mismos para garantizar la renovación del recurso hídrico. Su aplicación ha carecido de criterios ambientales, de mecanismos de control y supervisión, y de un tratamiento equitativo entre usuarios.

## **Nuevas perspectivas frente a los problemas del agua**

Una forma distinta de pensar soluciones frente a los problemas de los recursos hídricos de nuestro país debiera enfocarse a detener y revertir los procesos de deterioro de los recursos hídricos y mejorar tanto su gestión como las condiciones de vida de la población. Lo anterior se puede lograr si se consideran cuatro grandes objetivos:

- Conservar el ciclo hidrológico y los ecosistemas naturales que se relacionan con éste y recuperar los ecosistemas acuáticos y los acuíferos degradados.
- Usar y aprovechar el recurso hídrico de una manera eficiente, integral y sustentable.
- Contribuir a mejorar la calidad de vida de la población.
- Proteger a la población ante los efectos de eventos hidrometeorológicos extremos.

Cada uno de estos puntos conlleva una compleja problemática para su puesta en práctica, ya que requieren cambios importantes en la política hídrica y en la forma de implementarla: en los programas de gobierno; en el orden jurídico y regulatorio y en los instrumentos de gestión; en las instituciones; y en los mecanismos de participación ciudadana. A continuación se detallan cada uno de ellos.

### **Conservar el ciclo hidrológico y los ecosistemas naturales que se relacionan con éste y recuperar los ecosistemas acuáticos y los acuíferos degradados**

Desde la perspectiva biofísica, la transformación o destrucción de los ecosistemas acuáticos y terrestres, la sobreexplotación del recurso hídrico y la contaminación de los cuerpos de agua superficiales y de los acuíferos constituyen los tres grandes problemas a superar para garantizar la renovación del recurso, es decir, para que el recurso no se agote y se conserve el ciclo hidrológico, lo cual es una condición básica para poder ofrecer el agua que requiere el desarrollo de la sociedad presente y futura.

Se debe reconocer que el agua, como recurso integrante de la naturaleza, es finita y se altera con la transformación de los ecosistemas naturales. Con la finalidad de que la sociedad pueda disponer del agua necesaria para el desarrollo y no se convierta ésta en el factor limitante, es condición *sine qua non* garantizar la renovación del recurso hídrico y la integridad de los ecosistemas y los servicios ambientales que prestan y, particularmente, los hidrológicos. Para esto, es primordial planificar las formas de uso y aprovechamiento del recurso y ajustarlas a los umbrales de la disponibilidad natural del mismo y a los límites de tolerancia de la intervención humana en los ecosistemas. La realización de estos ajustes tiene profundas implicaciones prácticas: debe frenarse la sobreexplotación y contaminación de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos, así como la deforestación, con medidas enérgicas que promuevan alternativas productivas sustentables, que no inciten las prácticas degradantes y que castiguen a quien no cumpla, con la finalidad tanto de reparar el daño ambiental como prevenir que se repitan esas conductas. Para lograr lo anterior, resulta fundamental considerar las siguientes líneas de acción:

#### **Sustentabilidad del agua: limitar la extracción del recurso hídrico a la capacidad de renovación de los cuerpos naturales de agua**

Para lograr que la extracción del recurso hídrico de los ecosistemas acuáticos y de los acuíferos sea únicamente el excedente de lo que requieren los sistemas naturales para el mantenimiento de sus funciones, es necesario concretar el concepto de gasto ecológico o uso ambiental o uso para la conservación ecológica. La LAN define el "uso ambiental" o "uso para la conservación ecológica" como "el caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para

proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema" (artículo 3, LIV, DOF, 29 de abril 2004).

Este concepto conlleva cambiar el orden preferente de asignación o concesión del recurso que se define en la LAN. De lo contrario, no se logrará el desarrollo económico ni social en el largo plazo, ni el compromiso intergeneracional que implica el concepto. La definición del gasto ecológico, para cada época del año, debe ser la condición de partida. Una vez definido el caudal mínimo para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio del sistema, el resto del recurso puede ser utilizado con la garantía de que no se merman las fuentes de agua, y de que su uso no implica sobreexplotación.

La reforma de la LAN de 2004 (DOF, 29 de abril) avanzó significativamente en esta dirección; sin embargo, establece que los consejos de cuenca, junto con los organismos de cuenca, concertarán las prioridades de uso del agua (artículo 13 bis 3, II, LAN), y las propondrán a la CNA para su aprobación, pero acotando que en el orden de prelación de los usos del agua, establecidos en su asignación o concesión, siempre tendrá prioridad el uso doméstico y urbano. Esto último no es congruente con el principio I de la política hídrica nacional (artículo 14 bis 5) que reafirma que el agua es un bien finito y vulnerable, cuya preservación en calidad, cantidad y sustentabilidad es un asunto de seguridad nacional. Al asignar primero en el orden preferente el uso doméstico y urbano en cualquier condición, el gasto ecológico o uso para la conservación ecológica o uso ambiental no quedará asegurado y no se garantizará la renovación del recurso.

### **Calidad del agua: limitar la descarga de aguas residuales en cuerpos de agua, en función de la capacidad de asimilación y degradación de contaminantes de los cuerpos receptores**

Para ello es primordial tender hacia la eliminación de las descargas contaminantes a los cuerpos de agua que generan la industria, los municipios y la agricultura, y así poder revertir el deterioro. Este proceso puede lograrse con la aplicación de un conjunto de medidas e instrumentos complementarios, que pueden revertir las tendencias de contaminación. Por un lado es necesario modificar la NOM 001 para que las descargas de aguas residuales permisibles estén en función de la capacidad de carga del cuerpo receptor. Aunado a esto, el pago por derecho de descarga de quien arroja aguas residuales a los cuerpos de agua, debe ser superior al costo de tratamiento del agua, para que este instrumento económico opere como un estímulo a invertir en el tratamiento del agua y no incite a pagar por descargarla contaminada. A su vez, estas medidas deben estar acompañadas por una medición permanente y por el fortalecimiento del organismo de vigilancia y aplicación de la ley, para que sea sancionado quien no cumpla con la normativa. En caso de incumplimiento o de accidentes, si las sanciones son económicas, esos fondos deben de aplicarse en remediar el daño ambiental. Asimismo, la recaudación de recursos que hace la federación por el pago de derechos de descarga, debe emplearse en remediar el deterioro de la calidad del agua. En este punto es central la creación de condiciones de transparencia en el manejo de los fondos recaudados por estas vías.

Otro problema crítico es que el agua contaminada por agroquímicos no tiene ningún tipo de regulación ni obligatoriedad de tratamiento, lo cual resulta urgente resolver ya que constituye una de las fuentes de contaminación más graves. Es necesario, además, incrementar la cobertura de drenaje sanitario y de tratamiento de aguas residuales, para lo cual deben desarrollarse mecanismos de financiamiento innovadores, con la participación acotada y regulada de la iniciativa privada, con el propósito de instalar sistemas vinculados a la restauración de la calidad del agua y al incremento de la infraestructura de saneamiento, de los cuales existen múltiples opciones tecnológicas con las que no se contaba anteriormente.

Las técnicas empleadas en las plantas de tratamiento, como las de lodos activados, lagunas de oxidación u otras tecnologías de menor escala para comunidades rurales, deben ser fomentadas con alta prioridad y adecuadas para cada una de las condiciones económicas, sociales y ambientales de las localidades.

La medición de indicadores para prevenir y controlar la contaminación del agua debe incluir, además de los parámetros fisicoquímicos, los microorganismos. Las mediciones deben realizarse de manera sistemática y según las condiciones ambientales de cada región.

El saneamiento integral de los cuerpos de agua requiere ser incorporado en los programas de los distintos órdenes de gobierno y planearse con la sociedad, lo que implica, además del control de las descargas de aguas residuales, la disposición de los residuos sólidos, la restauración de los cuerpos de agua y sus alrededores, y la eliminación de las especies exóticas, entre otras acciones.

### **Proteger los ecosistemas naturales vinculados al ciclo hidrológico y detener la deforestación**

Es necesario ampliar la superficie bajo protección en el país para garantizar la conservación de los ecosistemas acuáticos y los vinculados al ciclo hidrológico. Existen diversos mecanismos de protección, que van desde la declaración de áreas naturales protegidas, el ordenamiento territorial, hasta los programas de desarrollo sustentable en el ámbito de las cuencas o regiones hidrológicas, entre otros.

Se requiere de actualizar las Regiones Hidrológicas Prioritarias que propone la Conabio y compararlas con las Áreas Naturales Protegidas (ANP) existentes en el país, para planear las prioridades de aumento de la superficie bajo protección y aplicar la mejor figura jurídica según el caso. La importancia que este tema tiene en la agenda nacional debe ser elevada y convertirse en una prioridad de los más altos niveles del gobierno.

Para garantizar que uno de los componentes del ciclo hidrológico no se afecte y la infiltración del agua se mantenga, es necesario detener la deforestación, lo cual, además, contribuye a disminuir la erosión y el azolvamiento de los cuerpos de agua. Además de lo mencionado anteriormente, el cambio de uso del suelo se debe detener fomentando sistemas y prácticas productivas más amigables con el ambiente, y no por ello menos rentables, lo cual se analizará en el apartado siguiente.

## Usar y aprovechar el recurso hídrico de una manera eficiente, integral y sustentable

Una vez definidos los volúmenes de agua que necesitan mantenerse en su condición natural para garantizar la continuidad del ciclo hidrológico, el resto del volumen de agua que se utilice, debe hacerse con eficiencia, tanto técnica como económica, para satisfacer, en primer lugar, el uso doméstico y, después, el uso público urbano, seguido de las actividades productivas, evitando que el agua extraída bajo un propósito regrese al ciclo hidrológico sin haber representado un bien para la sociedad.

Los instrumentos legales, administrativos, regulatorios, económicos, y ambientales deben diseñarse de tal manera que contribuyan al uso eficiente del agua. Para que el REPDA sea eficiente, deben medirse los volúmenes potenciales para ser concesionados y evitar la sobreconcesión. El pago de derechos de uso debe reflejar los costos del servicio y la tarifas deben reflejar las diferentes condiciones ambientales del país. Para evitar que el pago y los mercados se conviertan en un factor que profundice las desigualdades sociales, el Estado debe reservarse el derecho de subsidiar a la población más desprotegida, de manera directa, clara y transparente.

El problema surge cuando estos instrumentos se aplican de manera inequitativa entre los distintos sectores y, por lo tanto, el objetivo de los mismos no se alcanza. Éste es el caso del consumidor más voluminoso de los recursos hidráulicos, el sector agropecuario, que no paga por el derecho de uso del agua, careciendo de estímulos para moderar su consumo y evitar su desperdicio.

En el sector agropecuario es necesario reconocer que el agua es básica para la producción de alimentos en el país y que, además, usada sin fugas sustanciales sería suficiente para cubrir las necesidades nacionales, actuales y futuras. Sin embargo, resulta fundamental detonar un proceso de análisis serio sobre el volumen de agua extraído, las tecnologías de irrigación aplicadas, el pago de derechos por el uso agrícola del agua y las prácticas productivas agropecuarias insustentables.

El volumen de agua extraído para el riego está muy por encima de lo que es realmente necesario. La evaporación e infiltración improductivas del agua originalmente extraída para el uso agropecuario asciende a más de tres veces el agua que se requiere actualmente para los usos doméstico y público urbano, sumando éste al uso industrial que se abastece de las redes municipales. Es necesario volver más eficientes las tecnologías de irrigación y conducción y emplear variedades de cultivos menos demandantes de agua para reducir la extracción de la misma, y no para aumentar la superficie de cultivo con el agua ahorrada. Ello requerirá revisar a fondo los instrumentos regulatorios, de manera que los derechos que otorga una concesión sean compatibles con el ahorro de agua por parte del usuario agrícola y, aunado a la eficiencia tecnológica y a la reasignación de la disponibilidad obtenida por medio del rescate de concesiones de regantes, se logre un verdadero beneficio para los ecosistemas.

Por otro lado, está el difícil tema de pagar o no por el agua usada en esta actividad. Es necesario entender, con extrema precisión, los efectos en cuanto al cobro o no por el agua en el riego y, en función de ello, proporcionar alternativas socialmente aceptables y ambientalmente necesarias.

En la actualidad el fomento de las prácticas agropecuarias no ha considerado los impactos en el ambiente. La política agropecuaria no se ha hecho cargo del impacto generado por el fomento de la ampliación de la frontera agropecuaria que provoca la deforestación causada por el cambio de uso de suelo y el uso del fuego agropecuario incontrolado que genera incendios forestales. Tampoco se ha ocupado de la contaminación del agua causada por el uso de los agroquímicos o del retorno al ciclo hidrológico de volúmenes de agua extraídos para la agricultura y no empleados en ella debido a los altos niveles de ineficiencia en su conducción y aplicación en las parcelas.

Los incentivos económicos del sector deberían orientarse, hasta donde sus capacidades les permitan, a lograr una producción agropecuaria sustentable sin violentar el ciclo hidrológico ni la capacidad de renovación de los acuíferos. Las opciones productivas son muy amplias y tienen que acoplarse a la oferta que hace el sector ambiental con el fomento de actividades productivas alternativas, que no implican el cambio de uso del suelo, diversificando el uso de la flora y fauna silvestres mediante las unidades de manejo y aprovechamiento de la vida silvestre y la actividad forestal sustentable. Ésta es una tarea de planeación integral del desarrollo rural que no es fácil, pero sí viable, que requiere el entendimiento pleno del problema, su análisis y el consenso social. El ordenamiento ecológico del territorio, incorporando la visión de los recursos hídricos, puede resultar un instrumento de planeación muy importante en este sentido, y la cuenca puede ser el ámbito espacial más adecuado.

En el caso de los temas vinculados entre los sectores industrial y de servicios con el agua, es necesario ajustar varias medidas. Algunas de ellas ya fueron comentadas en el apartado anterior, relacionadas al principio de que "quien contamina paga" y al ajuste de la NOM 001. También son un instrumento muy útil las auditorías ambientales a las industrias. Tal y como se hace para la reducción de emisiones a la atmósfera y de residuos peligrosos, la revisión de los ciclos de producción de las industrias puede disminuir la cantidad de las descargas de aguas residuales y mejorar la calidad de éstas. A su vez, debería evaluarse el potencial real de los mercados de derechos de agua para estimar el desempeño que podrían tener en la reasignación del uso del agua con un enfoque de eficiencia económica, según las condiciones específicas de cada caso, lo cual debería de ir acompañado de mecanismos que garanticen que los sectores más desprotegidos no queden sin el acceso a este recurso.

### **Contribuir a mejorar la calidad de vida de la población**

Además de garantizar la conservación del recurso hídrico, el abastecimiento de agua de calidad adecuada a la población debería ser otra de las responsabilidades de la más alta prioridad de la política pública nacional.

Entre los problemas centrales que hay que afrontar en materia de cobertura de servicios se encuentra cumplir con la Meta del Milenio, que implica que en los próximos 15 años habrá que abastecer de agua potable y de alcantarillado a 25 y 30 millones de personas, respectivamente, reto que en

el pasado consumió tres décadas en la construcción de la infraestructura para satisfacer necesidades equivalentes. Lo anterior requiere el fortalecimiento decidido de las finanzas de los gobiernos municipales, los cuales son responsables de esa función pero no cuentan con los recursos económicos para atender, por sí mismos, ese desafío.

Sin duda, el acceso al agua y a los servicios de saneamiento son prerequisites para el bienestar y la salud de la población. La ampliación de la cobertura de estos servicios requiere de recursos económicos adicionales que además de las tarifas provengan de diversas fuentes: gobierno federal, estatal y municipal; de los usuarios vía el pago del servicio; de los organismos operadores reinvertiendo las utilidades; la banca privada y de desarrollo; las instituciones financieras, intermediarias y mercados de dinero locales; los organismos multilaterales; la emisión de bonos; las donaciones de organizaciones no gubernamentales y fundaciones privadas, y de los fondos que la iniciativa privada aporte para el financiamiento de alianzas conjuntas, entre otros.

Por lo anterior, es necesario definir mecanismos financieros adecuados a cada situación y crear las condiciones para atraer los fondos. Por ejemplo, en el caso de las regiones más marginadas el gobierno federal debe tomar en sus manos esta responsabilidad, con la concurrencia de los gobiernos locales, ya que es su responsabilidad combatir la pobreza y superar los rezagos sociales. Por el otro lado, en aquellas áreas en donde se puedan lograr proyectos económicamente rentables, la iniciativa privada es una opción para inyectar recursos frescos al sector.

La ampliación de la cobertura de los servicios no será suficiente si no se fortalecen las asignaciones presupuestales y las capacidades de los organismos operadores para lograr dar un servicio más eficiente, mejorar la planeación, la presupuestación, el manejo financiero y la profesionalización del personal.

Asimismo, se requiere implementar una política enérgica de planeación de la ocupación territorial, en concordancia con el Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT), que desestime la dispersión de la población, permita atender la cobertura de servicios en general, entre ellos los de agua potable y alcantarillado, y reubicar asentamientos también en función de los riesgos hidrometeorológicos.

El entendimiento de las diferentes percepciones que existen sobre el acceso al agua, y el respeto y el reconocimiento a diferentes formas de organización social alrededor del manejo de este recurso, deben ser considerados en el diseño de mecanismos y acciones orientados a la prestación de servicios y al mejoramiento de la calidad de vida de la población.

### **Proteger a la población ante eventos hidrometeorológicos extremos**

El aumento de la vulnerabilidad frente a eventos hidrometeorológicos extremos compromete la sustentabilidad del desarrollo en amplias zonas del país. Resultan particularmente susceptibles las áreas de mayor marginación socioeconómica del centro y sur de México. Si bien es cierto que la variabilidad

climática ha existido siempre y que tanto los ecosistemas como los seres vivos se han adaptado a estas condiciones, hoy en día se espera que la frecuencia, la intensidad y los efectos de este tipo de eventos se acentúen paulatinamente.

No es posible evitar ni modificar los fenómenos hidrometeorológicos, ni las consecuencias de los cambios globales en la temperatura o en el régimen hidrológico relacionados con el uso de gases de efecto invernadero, pero sus efectos negativos pueden ser enfrentados con medidas de adaptación, mitigación y con la oportuna y adecuada articulación entre la política de población y el OEGT, con particular énfasis en la redistribución de asentamientos en zonas de bajo riesgo. En el marco de una política de manejo integral de los recursos hídricos y de las cuencas, la gestión integral del riesgo juega un papel preponderante. Para afrontar la prevención, la atención a fenómenos hidrometeorológicos extremos y la mitigación de impactos se requiere con urgencia hacer frente a los riesgos crecientes que representa el envejecimiento estructural de las presas y bordos y los impactos de los fenómenos hidrometeorológicos extremos; integrar las acciones previas a la instrumentación del OEGT, con particular énfasis en la reubicación de asentamientos humanos que hoy existen en zonas de alto riesgo; consolidar una institución especializada en la planeación de la prevención y la organización de respuestas ante el riesgo, que articule la información hidrometeorológica con el diseño de acciones claras, cuente con personal de servicio civil de carrera y tenga continuidad ante los cambios de gobierno; desarrollar e implementar un Plan Nacional para la Atención de Riesgos: Prevención y Mitigación.

Elementos estratégicos para enfrentar procesos críticos vinculados con los recursos hídricos
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conservar las cuencas y los ecosistemas acuáticos.</li> <li>■ Eficientizar el consumo del agua subterránea para ahorrar extracción.</li> <li>■ Revertir contaminación.</li> <li>■ Atender envejecimiento de presas.</li> <li>■ Prepararse para los impactos de eventos hidrometeorológicos extremos.</li> </ul>



## Hacia la gestión integral de los recursos hídricos

La conservación de la renovación del agua superficial y subterránea, del ciclo hidrológico y de los ecosistemas terrestres y acuáticos, y de los servicios ambientales que prestan, así como el uso y el aprovechamiento sustentable del recurso para el beneficio de las poblaciones humanas, son los objetivos centrales del manejo integral del recurso hídrico y de la política hídrica nacional. Alcanzar estos objetivos implica cambios en la administración y en la provisión de los servicios del agua, de los que a continuación se relatan los ajustes necesarios en distintos ámbitos.

### Cambios institucionales

Es indispensable reforzar el carácter intersectorial de la política hídrica. Se trata de un recurso que está vinculado a la calidad de vida de la población, a la actividad productiva y al medio ambiente.

Dada su característica de recurso natural, la mejor forma de insertar la gestión del agua en la administración pública es dentro del sector ambiental y de manejo de recursos naturales, lo cual permitirá armonizar de manera integral el manejo de los componentes naturales y mantenerlo fuera de la gestión de las instituciones encargadas de atender las actividades productivas que generan sesgos en los objetivos del manejo del agua, debido a las presiones que ejercen los usuarios o a los intereses de los funcionarios de esos ministerios en el mismo campo de actividad que les corresponde administrar. No obstante, es indispensable fortalecer las instancias de trabajo conjunto de los diferentes sectores vinculados al agua, para la planeación integral del manejo del recurso, compatible entre los objetivos de los sectores productivos y de desarrollo social. El Consejo Técnico de la CNA es una instancia de participación de todos los sectores involucrados, pero necesita ser más proactivo en los procesos de planificación, implementación y seguimiento. Este mismo grado de integración debe fomentarse y fortalecerse en el ámbito regional y de cuenca.

### **Vigilancia y aplicación de la ley**

Sigue pendiente de resolver cuál debe ser la mejor forma de fortalecer la instancia de vigilancia y aplicación de la ley. El arreglo actual de coordinación entre la Profepa y la CNA no es eficiente y no permite cumplir cabalmente con esta sustantiva e indispensable función. Si la vigilancia de la ley no es estricta, ninguno de los instrumentos económicos podrá operar y el deterioro ambiental se profundizará.

### **Cobertura de servicios y calidad**

Para lograr un buen servicio a la población en el acceso al agua y la garantía de la calidad de la misma, es indispensable que los organismos operadores sean eficaces, para lo cual hay que fortalecer sus capacidades y ajustar sus formas de funcionamiento. Para complementar la gestión de los organismos operadores se requiere la formación de un ente regulador, de carácter nacional, autónomo y con autoridad sobre los organismos, y otro ente, independiente del anterior, para la resolución de conflictos.

### **Conservación de las cuencas y acciones en las escalas regional y local**

La cuenca es el espacio donde debe concretarse tanto la gestión integral del recurso hídrico como el manejo de todos los recursos naturales, pero con instancias separadas aunque interrelacionadas.

La gestión integral de los recursos hídricos en la escala de cuenca se encuentra en vías de contar con sus propias estructuras y espacios de participación conjunta entre gobierno y sociedad y entre los distintos sectores, una vez que se instrumenten los nuevos preceptos de la LAN (DOF, 29 abril del

2004), mediante la expedición de los reglamentos respectivos. Los organismos de cuenca, consejos consultivos de los organismos de cuenca y consejos de cuenca, con sus órganos auxiliares –las comisiones, los comités de cuenca y los comités técnicos de aguas subterráneas–, son las estructuras necesarias para lograr la planeación participativa y la gestión integral del agua en la escala de cuenca. Es urgente expedir los reglamentos que tienen ya muchos meses de rezago y también definir, desde la propia LAN, cuáles deben ser las responsabilidades de la sociedad en estas estructuras. La única garantía de que estos espacios participativos cumplan con su objetivo es que tengan legitimidad y, para ello, es necesario lograr una adecuada representatividad de los sectores sociales, cerrando el paso a los intereses personales o de grupo.

Por otro lado, la cuenca es también el espacio, por excelencia, de planeación del aprovechamiento sustentable de todos los recursos naturales, no sólo de los recursos hídricos. Pero ello requiere nuevos ensamblajes y estructuras institucionales para lograr la planeación adecuada y el involucramiento de los actores sociales, así como la aplicación de instrumentos que faciliten y promuevan el desarrollo regional sustentable. Es decir, se requieren nuevos espacios de planificación del manejo integral de los recursos naturales, en la perspectiva del desarrollo integral en la escala de la cuenca, en donde concurren todos los sectores involucrados con el desarrollo regional, entre ellos, por supuesto, el sector hídrico.

Cada una de las cuencas debería tener su Programa de Manejo Sustentable. Estas acciones requieren grandes esfuerzos de coordinación entre las diferentes instituciones encargadas de la gestión de los recursos naturales y las del fomento productivo y de desarrollo social. Asimismo, debido a la complejidad de estos sistemas socioambientales, es indispensable la coordinación y el compromiso de los distintos órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal), y la participación directa de los actores involucrados como los usuarios, pobladores, académicos y organizaciones sociales que actúan en las cuencas.

Uno de esos instrumentos de planeación, de gran utilidad, es el Ordenamiento Ecológico General del Territorio (OEGT). En este caso habría que adecuarlo a escala de cuenca, considerando el balance hídrico, la disponibilidad natural y jurídica del recurso, el uso ambiental o para la conservación ecológica, y la orientación de las actividades productivas, de conservación y restauración que convengan a la región para su desarrollo. En los ordenamientos ecológicos territoriales se requiere la participación de todos los actores con el fin de lograr su viabilidad.

Con los ordenamientos a escala de cuenca se llegarían a definir áreas que necesitan ser conservadas mediante decretos de ANP, certificaciones de las áreas naturales protegidas privadas, servidumbres ecológicas, zonas de restauración ecológica o que podrían aprovecharse sin cambio de uso de suelo, como las Unidades de Manejo y Conservación de la Vida Silvestre (UMAS) o de manejo forestal sustentable, así como áreas dedicadas a la agricultura y ganadería sustentable, y áreas para los servicios y los asentamientos humanos. Todas estas figuras están reconocidas en la legislación mexicana y, por lo tanto, su implementación podría ser muy ágil. No obstante, son necesarios aún los mecanismos de coordinación y planeación conjunta que las articulen.

<p><b>Para transitar de una política hidráulica a una política hídrica de Estado se requiere, entre otros:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Fortalecer la estructura institucional.</li> <li>■ Ajustar al marco jurídico y regulatorio, en particular la vigilancia y aplicación de la ley.</li> <li>■ Atender la cobertura de servicios y los aspectos de calidad del recurso.</li> <li>■ Acotar e implementar acciones locales y regionales para la conservación, la gestión integral del agua por cuenca y el manejo sustentable de la cuenca.</li> <li>■ Reconocer la heterogeneidad socioambiental en diferentes regiones.</li> <li>■ Generar reformas en la aplicación de instrumentos económicos y en la participación del sector privado.</li> <li>■ Generar información y conocimiento.</li> <li>■ Fortalecer la participación social.</li> <li>■ Rediseñar estrategias de comunicación.</li> <li>■ Promover acuerdos nacionales entre sociedad y gobierno.</li> </ul>
---



## Reconocimiento de diferencias regionales

Por otro lado se debe reconocer que el país, desde la perspectiva hídrica, se encuentra dividido en dos grandes regiones, la árida y semiárida y la húmeda y subhúmeda. Las manifestaciones de los problemas mencionados anteriormente son diferentes en cada una de ellas. En la región árida y semiárida destacan los problemas vinculados con la baja disponibilidad natural y, por lo tanto, la alta presión sobre el recurso; la sobreexplotación de las aguas superficiales y los acuíferos; la baja eficiencia en la conducción y aplicación del agua en la agricultura de riego, y la vulnerabilidad ante sequías, por sólo mencionar algunos de los más destacados. La presión productiva y la gran concentración poblacional son otras de las condiciones que agravan los problemas del agua en esta gran parte del país, mientras que en las zonas húmedas y subhúmedas, la disponibilidad natural y jurídica del recurso hidráulico no es una limitante para el desarrollo, y el problema radica fundamentalmente en la alteración del ciclo hidrológico por la deforestación, que implica erosión y azolvamiento de cauces de ríos, lagos y presas, así como el riesgo de inundaciones y deslaves, y la contaminación por la industria petroquímica y azucarera, principalmente. Quizá el mayor contraste en esta región es, por un lado, el alto grado de pobreza de su población, consecuencia de muchos factores, y, por el otro, la abundancia de recursos naturales, en particular la alta disponibilidad del recurso hídrico, prueba fehaciente de que el agua es sólo un prerrequisito para el desarrollo de las comunidades.

El reconocimiento de estas realidades contrastantes, a nivel nacional, obliga a ajustar la política hídrica para cada una de las regiones, aunque los principios de manejo integral del recurso hídrico sean comunes.

## Financiamiento y participación del sector privado

El cumplimiento de los objetivos de una política hídrica sustentable requiere, sin duda alguna, incrementar el financiamiento de los programas de expansión de la cobertura de los servicios de agua. El Estado actualmente tiene limitados recursos económicos, los cuales podrían incrementarse con una política tarifaria adecuada. Se sugiere que el sector hidráulico nacional lleve a cabo diversas reformas

y aplique diferentes instrumentos económicos para que se transforme en sujeto de crédito bancario o sea susceptible de emitir instrumentos de deuda en el mercado de dinero. Por otra parte se necesita ir reduciendo gradualmente la brecha entre costos y tarifas y mejorar la eficiencia física, administrativa y comercial, independientemente de que los servicios sean operados por el municipio o estén concesionados a la iniciativa privada. Para proteger a la población de menores recursos económicos, las estructuras tarifarias deben incluir subsidios directos.

La participación del sector privado requiere de un marco regulatorio claro y transparente que evite la creación de monopolios privados; que lo obligue a tener las condiciones de incertidumbre al igual de las inversiones públicas; que garantice la rendición de cuentas de los organismos operadores; que defina de antemano los niveles tarifarios para que el operador sea financieramente autosuficiente, que transparente los contratos de concesión, y que se fortalezcan las estructuras municipales de resolución de conflictos. En las áreas en que la población tiene capacidad de pago, deben promoverse proyectos con rentabilidad económica positiva en los que el municipio pueda participar y sólo en caso contrario, lo haga la iniciativa privada. La responsabilidad de la atención a las áreas marginadas y la resolución de los grandes rezagos de estas poblaciones, debe de ser la prioridad del gobierno federal y de los gobiernos locales.

El pago por servicios ambientales y particularmente el destinado al cuidado de los bosques y otros ecosistemas, se debe enfocar a retribuir o pagar por la acción o decisión de proteger o restaurar dichos ecosistemas, y no únicamente pagar a ciertos grupos sociales o ciudadanos por ser los dueños de los terrenos involucrados. La implementación de este tipo de instrumentos tiene grandes posibilidades de generar sinergias con otros instrumentos económicos y de gestión ambiental, tal como es el caso del Ordenamiento Ecológico.

Se requiere el diseño y aplicación de instrumentos económico-ambientales para promover cambios importantes en la conducta de los usuarios en el corto plazo y en la conservación del ciclo del agua. La valoración económica del agua no basta si no está articulada con la aplicación de instrumentos económicamente factibles y ecológicamente viables, y si éstos no son aplicados con visión de futuro y con criterios de gradualidad, flexibilidad, equidad y transparencia.

### **Información y conocimiento**

Un elemento más para considerarse es el del acceso a la información y la generación e integración del conocimiento en la gestión del agua. No hemos sido capaces de crear una plataforma de diálogo que nos permita, como sociedad, abordar problemas relacionados con la información y el conocimiento de los recursos hídricos e hidráulicos. El desarrollo de indicadores sobre el estado del recurso controlado y sobre su manejo sustentable debe realizarse y aplicarse con la idea de construir un lenguaje de entendimiento entre los profesionales especialistas, los usuarios y quienes toman las decisiones. Estos indicadores también deberían reflejar la percepción social de distintos grupos

humanos sobre el acceso al agua, lo cual va más allá de la infraestructura hidráulica para el uso doméstico y público urbano.

Es primordial abordar el rezago en la formación de recursos humanos desde distintas disciplinas, capaces de afrontar los problemas del agua de manera integral y con visión de futuro. Se requiere una nueva visión del desarrollo desde la misma ingeniería hidráulica, además de la interacción de especialistas en geofísica, hidrología, hidráulica, ecología, biología, economía y derecho en la resolución de conflictos, técnicos en mantenimiento y manejo de equipos de evaluación y medición en distintos campos (calidad del agua, operación de presas, recolección y mantenimiento de bases de datos meteorológicos e hidrológicos), sólo por enumerar algunos de los mencionados en los diferentes capítulos. Lo anterior fortalecería decididamente al sector generador de conocimiento y brindaría condiciones para enlazar el conocimiento científico con aspectos prácticos para tomar decisiones.

Es necesaria la creación de un centro autónomo de información y conocimiento sobre el agua, que favorezca la sistematización, la integración de información, el diseño de indicadores, así como la traducción del conocimiento para la toma de decisiones informadas, y que a su vez vincule a diferentes sectores.

## **Comunicación y participación social**

Para avanzar en este sentido es necesaria una estrategia de comunicación y educación concebida a largo plazo, que brinde la información de los hechos contundentes sobre los problemas del deterioro de los ecosistemas y de las cuencas; que favorezca el entendimiento de los usuarios del agua sobre el costo ambiental que ha tenido para la sociedad la concepción de que el agua no es ilimitada y que la mayoría del territorio nacional, su población y actividad económica se ubica en una zona árida, y que cambie, en concordancia, las conductas sociales en relación con el agua.

Debido a que la gestión del agua tiene que ser un proceso libre de sobrepolitizaciones, regido por el profesionalismo, la transparencia, la apertura a la participación social y la competencia de distintos órdenes de gobierno, esta estrategia de comunicación y educación debe incluir a quienes toman las decisiones en el gobierno y en la sociedad, a los partidos políticos, a los empresarios, campesinos y ciudadanos en general, y debe lograr que la población entienda la vinculación de los ecosistemas naturales, terrestres y acuáticos con el mantenimiento del ciclo del agua, así como la importancia de conservar estos ecosistemas y sus servicios ambientales.

Una estrategia de comunicación y educación orientada en este sentido fomentará un cambio de percepción del modelo de desarrollo predominante; creará conciencia sobre las dificultades para acceder al agua y sobre la vinculación del ciclo hidrológico con la calidad de vida humana; revalorará distintas formas de apropiación y organización social para el manejo y cuidado del recurso; fomentará el desarrollo de tecnologías adecuadas, y permitirá generar las condiciones sociales propicias para implementar programas y acciones que incidan en las causas de fondo del deterioro del ciclo hidrológico.

## Acuerdos nacionales

Si se suman todos los elementos que hemos mencionado, que implican un cambio en las actitudes, el manejo de la información, una activa participación de la sociedad con reglas definidas, la clara distribución de competencias de los órdenes de gobierno y el compromiso de todos los sectores que se beneficien de las sinergias que la coordinación ofrece, se espera que se transforme la conciencia ciudadana en torno al agua. Será entonces cuando podremos hablar de una nueva cultura del agua, pero sólo de esta forma, incluyendo todas estas complejas dimensiones que con el tiempo permitirán transitar hacia el desarrollo sustentable.

Afrontar el tema del agua, seriamente, a nivel nacional, no es cuestión de pequeños ajustes. Requiere una decisión nacional, y el acuerdo de los Poderes de la Unión y de la sociedad informada y organizada. Esto, que se ha logrado en otros ámbitos de la vida nacional, en ningún caso ha sido fácil. Por ejemplo, sólo por referirnos a algunas cuestiones de gran trascendencia de las últimas décadas, no fue fácil la decisión de abrir la comercialización y dejar de proteger al sector productivo nacional; no fue fácil la decisión de separar la dependencia gobierno-partido y promover una reforma política que dio paso a la alternancia de poderes; no fue fácil la reforma al artículo 27 constitucional sobre el fin del reparto agrario y la posibilidad de que los ejidos vendan sus tierras.

El agua demanda un acuerdo nacional profundo y la consolidación de un nuevo paradigma del desarrollo; de lo contrario, la permanencia de la sociedad se verá en riesgo. Esto no debiera verse como una cuestión de beneficio económico, moda o visibilidad política, sino como un asunto de sobrevivencia. Por ello, un pacto nacional por el agua que desemboque en una política de Estado, que sume a los poderes ejecutivos, legislativos y judiciales, a los partidos políticos y organizaciones sociales, de productores y empresarios, en síntesis, que aglutine la voluntad nacional, no puede ser, por difícil que resulte, una tarea postergable. De lo contrario se incurrirá en una irresponsabilidad histórica que afectaría dramáticamente el propio desarrollo de las futuras generaciones.

## Bibliografía

- CNA, 2002, *Compendio básico del agua en México*, Comisión Nacional del Agua, México.
- \_\_\_\_\_, 2004a, *Estadísticas del agua en México*, Comisión Nacional del Agua, México.
- \_\_\_\_\_, 2004b, *Situación del subsector agua potable alcantarillado y saneamiento a diciembre de 2003*, Comisión Nacional del Agua, México.
- dof, "Ley de Aguas Nacionales", *Diario Oficial de la Federación*, 29 de abril de 2004, México, Secretaría de Gobernación.



## Las cuencas hidrológicas de México y su vulnerabilidad socioambiental por el agua

*Patricia Ávila García\**

Vulnerabilidad y seguridad hídrica son dos conceptos estrechamente relacionados. La vulnerabilidad mide el riesgo y daño que los procesos biofísicos y sociales pueden tener sobre la población y los ecosistemas; y la seguridad hídrica muestra la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua; la conservación y uso sostenible de los ecosistemas acuáticos y terrestres; la capacidad para producir alimentos, sin atentar con la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles, y los mecanismos y regulaciones sociales para reducir y manejar los conflictos o disputas por el agua.

Como una forma de evaluar la vulnerabilidad por el agua se desarrolla un método de análisis, de tipo cualitativo y exploratorio, que muestra la diversidad de procesos que conducen a una situación de riesgo. Para ello se analiza el caso de México y las diferentes regiones que lo conforman, con el fin de conocer la diversidad de situaciones y problemáticas que afectan la seguridad hídrica, y de esta forma hacer recomendaciones en materia de políticas públicas.

### **¿Qué es la vulnerabilidad?**

La vulnerabilidad es aquello que puede ser herido o recibir lesión, física o moral (García Pelayo, 1991). Para que haya daño debe ocurrir: *a)* un evento potencialmente adverso (un riesgo endógeno o exógeno); *b)* una incapacidad de respuesta frente a esa contingencia; y *c)* una inhabilidad para adaptarse al nuevo escenario generado por la materialización del riesgo.

---

\* Investigadora del Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM campus Morelia. Doctora en Antropología Social con posdoctorado en Recursos Hídricos. Premio Nacional en Ciencias Sociales de la Academia Mexicana de Ciencias, 2003. Investigadora Nacional Nivel 2 del Sistema Nacional de Investigadores, pavila@oikos.unam.mx.

La vulnerabilidad representa la interfase de la exposición a amenazas para el bienestar humano y la capacidad de las personas y comunidades para controlarlas. Las amenazas pueden surgir de una combinación de procesos biofísicos y sociales. Así, en la vulnerabilidad humana se integran muchos problemas ambientales que tienen una dimensión social, económica y ecológica (SEI, 2004).

Por tal razón, la vulnerabilidad la defino como el proceso a través del cual la población humana y los ecosistemas están sujetos a un riesgo por daños o amenazas ocasionadas por factores biofísicos y sociales. Esto conduce a una situación de limitada o nula capacidad de respuesta frente a tal contingencia y grandes dificultades para adaptarse al nuevo escenario generado por la materialización del riesgo.

### **¿Cómo evaluar vulnerabilidad socioambiental y seguridad hídrica?**

Con el fin de conocer las diferentes dimensiones de la problemática del agua, el concepto de vulnerabilidad socioambiental es central y lo defino como el proceso que conlleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad de los recursos hídricos que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas. La vulnerabilidad socioambiental que un país o región experimenta, puede ser un indicador de la seguridad hídrica, es decir, de la capacidad de la sociedad para garantizar: a) una adecuada cantidad y calidad de agua para el funcionamiento de los ecosistemas, b) la producción y autosuficiencia alimentaria, c) la satisfacción de las necesidades básicas de la población, d) la reducción y manejo adecuado de los conflictos y disputas por el agua, y e) la capacidad para prevenir y enfrentar desastres como sequías, inundaciones y epidemias asociadas con enfermedades hídricas como el cólera. En este sentido, se puede inferir que existe una relación inversamente proporcional entre vulnerabilidad socioambiental y seguridad hídrica (Winpenny, 2004; UNESCO-IHE, 2004; SEI, 2004).

Para el caso específico de México, la vulnerabilidad la evalué de manera cualitativa e indicativa a partir de considerar una serie de variables físicas, climáticas, ecológicas, sociales, políticas, demográficas y económicas. Esto fue con la idea de analizar las tendencias actuales que conducen a una situación de mayor vulnerabilidad y menor seguridad hídrica en el país; y así proyectar escenarios alternativos.

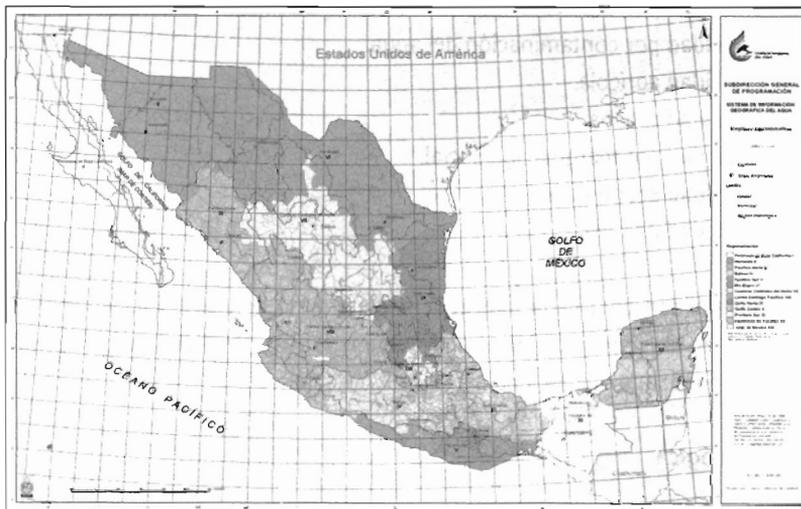
### **La unidad de análisis territorial y los datos disponibles**

Como referente territorial para evaluar la vulnerabilidad socioambiental en México se consideró la regionalización hidrológico-administrativa propuesta por la Comisión Nacional del Agua, que es la instancia federal encargada de normar y regular la gestión de los recursos hídricos (CNA, 2001a). El principio rector es la cuenca hidrológica como unidad de manejo del agua y el municipio como la unidad política-administrativa a escala local (mapa 1). La conjunción de ambos elementos es lo que conduce a la caracterización de 13 regiones hidrológico-administrativas en el país:

1. Península de Baja California
2. Noroeste
3. Pacífico Norte
4. Balsas
5. Pacífico Sur
6. Río Bravo
7. Cuencas Centrales del Norte
8. Lerma Santiago Pacífico
9. Golfo Norte
10. Golfo Centro
11. Frontera Sur
12. Península de Yucatán
13. Valle de México

Mapa 1

### Regiones hidrológicas-administrativas



Fuente CIA (2004)

La obtención de datos se apoyó en diferentes fuentes como: el censo de población (INEGI, 2000) para todos los municipios que integran las 13 regiones hidrológicas (cerca de 2 500 en todo el país) y las estadísticas existentes en materia de agua (CNA, 2001b; CNA, 2002; CNA, 2004). Otras fuentes fueron los estudios nacionales sobre: pobreza y marginación social, diversidad biológica, desastres naturales y conflictos (Conabio, 2000; Conapo, 2001; Cenapred, 2001; Sedesol, 2003; CNA, 2002 y 2003). Una

vez compiladas las estadísticas y bases de datos respectivas, se procesó la información por municipio y regiones hidrológicas-administrativas. La idea fue tener un panorama de la situación del agua en México en el año 2000. Sin embargo, es clara la limitación que varias de las fuentes disponibles pueden tener, como es el caso de los estudios sobre conflictos por agua.

## Los indicadores de vulnerabilidad socioambiental

Como la vulnerabilidad socioambiental por el agua es un proceso complejo donde intervienen desde aspectos ecológicos hasta sociopolíticos, se desarrolló una propuesta metodológica. Ésta consistió en construir una serie de indicadores de tipo cualitativo y cuantitativo con el fin de evaluar la vulnerabilidad en un espacio y tiempo determinado:

- Vulnerabilidad ecológica.
- Vulnerabilidad climática por sequías e inundaciones.
- Vulnerabilidad por disponibilidad de agua.
- Vulnerabilidad por presión hídrica.
- Vulnerabilidad por explotación de acuíferos.
- Vulnerabilidad por contaminación del agua.
- Vulnerabilidad agrícola.
- Vulnerabilidad urbana.
- Vulnerabilidad por marginación social.
- Vulnerabilidad económica.
- Vulnerabilidad política.

El grado de vulnerabilidad para cada indicador se determinó con base en los valores máximos y mínimos que había en las regiones hidrológico-administrativas. De dicho rango se obtuvieron tres niveles de vulnerabilidad: alta, media y baja.

### Vulnerabilidad ecológica

Se considera aquellas zonas hidrológicas con alta biodiversidad que están amenazadas (Conabio, 2001). El grado de vulnerabilidad se determina por el número de zonas hidrológicas prioritarias<sup>1</sup> amenazadas en cada región hidrológica-administrativa. Con base en el cuadro 1, se observa que la

---

<sup>1</sup> Según regionalización de la Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad, Conabio. Ésta se basa en aquellas áreas que tienen importancia hidrológica (ríos, lagos, manglares, selvas, etc.) y que a su vez tienen alta diversidad biológica.

mayor parte de las regiones se encuentra en un nivel de alta vulnerabilidad (9 de 13). Las regiones del Lerma (viii), Pánuco (ix) y Frontera sur (xi), respectivamente, tienen regular vulnerabilidad. Únicamente la región de la península de Baja California (i) presentó un nivel bajo.

Cuadro 1

### Vulnerabilidad ecológica

Vulnerabilidad ecológica en regiones hidrológicas administrativas (RHA) según regiones hidrológicas prioritarias con alta amenaza de deterioro

RHA	AAB	AA	AAB y AA	Total	AA %	Vulnerabilidad AA	AAB y AA %	Vulnerabilidad AAB+AA
I	6	2	1	11	18	Baja	9	Baja
II	5	6	5	7	86	Alta	71	Alta
III	6	5	5	6	83	Alta	83	Alta
IV	2	2	2	2	100	Alta	100	Alta
V	2	3	2	4	75	Alta	50	Media
VI	13	16	12	18	89	Alta	67	Media
VII	1	7	1	7	100	Alta	14	Baja
VIII	12	9	7	16	56	Media	44	Media
IX	5	4	4	6	67	Media	67	Media
X	6	7	5	8	88	Alta	63	Media
XI	9	5	4	11	45	Media	36	Baja
XII	10	13	10	18	72	Alta	56	Media
XIII	0	2	0	2	100	Alta	0	Baja

Simbología: AAA: Alta biodiversidad; AA: Amenazadas

Fuente: Conabio (2001) y CNA (2004).

### Vulnerabilidad climática

Son los cambios en el patrón de precipitación que conllevan a la ocurrencia de sequías e inundaciones en determinadas regiones del país (Cenapred, 2001; CNA, 2001b). El grado de vulnerabilidad se obtiene a partir de la frecuencia registrada de fenómenos extraordinarios como sequías (periodo 1948-1996) y huracanes (periodo 1980-2000). Según el mapa 2, las regiones más vulnerables por sequía son las del norte del país (I, II, III, VI, VII, IX) y el valle de México (XII); en un nivel intermedio están las del Lerma (VIII) y Balsas (IV); y en uno bajo, el sur y sureste, que corresponde a las regiones del Pacífico sur (V), Golfo centro (X), Frontera sur (XI) y Península de Yucatán (XII). De igual manera, en el mapa 3 podemos ver aquellas regiones vulnerables a huracanes, particularmente aquellas donde han entrado directamente en sus costas. Destacan aquí los casos del Pacífico norte (III), y penínsulas de Baja California (I) y Yucatán (XII).

Mapa 2

**Vulnerabilidad climática por sequía**

Según región hidrológica administrativa, 2000

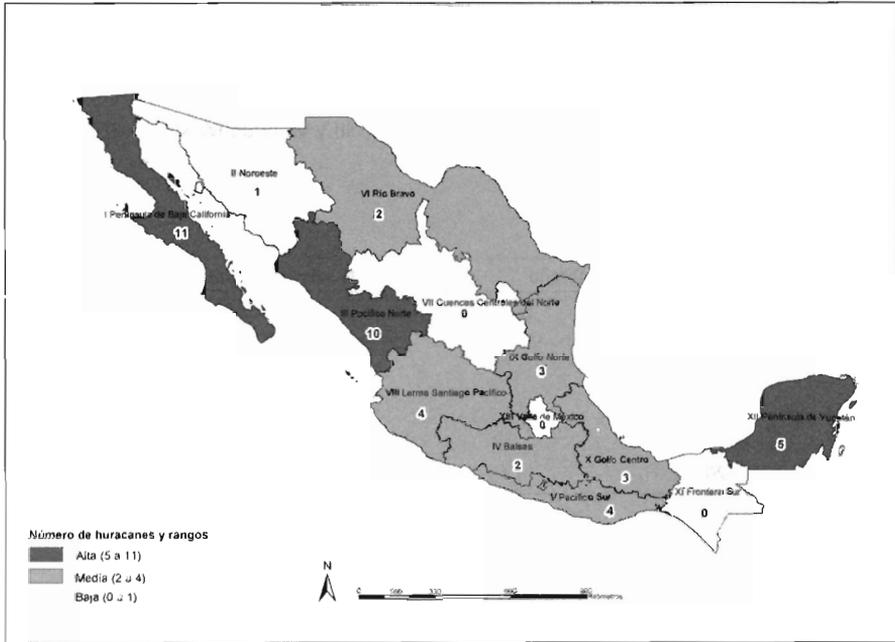


Fuente: Elaboración propia con base en CNA, 2003, Cenapred, Diagnósticos de peligros e identificación de riesgos de desastres en México, Secretaría de Gobernación, 2001.

Mapa 3

### Vulnerabilidad climática por inundaciones

Frecuencia de huracanes por franja costera por región hidrológica administrativa, 1980-2000



Fuente: Elaboración propia con base en CMA, 2003.

## Vulnerabilidad por disponibilidad de agua

El volumen de agua superficial y subterránea potencialmente aprovechable con respecto al total de la población es lo que se llama disponibilidad. La vulnerabilidad se mide por los niveles de disponibilidad per cápita (CNA, 2001b y 2002; INEGI, 2000; Shiklomanov, 2002). A partir del cuadro 2 y mapa 4, se observa que seis regiones hidrológicas se encuentran en una situación crítica: península Baja California (I), Balsas (IV), Río Bravo (VI), cuencas centrales (VII), Lerma (VIII) y valle de México (XIII).

Cuadro 2

### Niveles de disponibilidad de agua

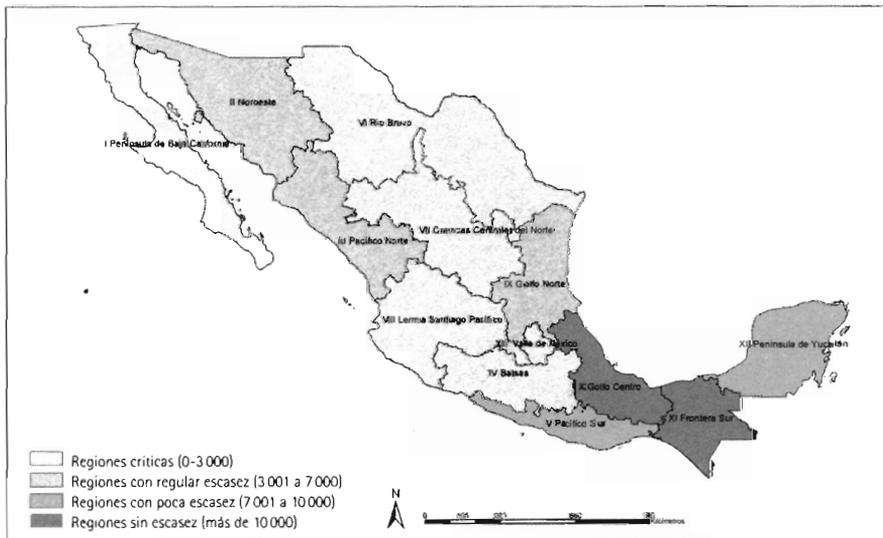
Disponibilidad de agua en miles m <sup>3</sup> /hab/año	Niveles de disponibilidad de agua
< 1	Catastróficamente bajo
1.1-2.0	Muy bajo
2.1-5.0	Bajo
5.1-10	Medio
10.1-20	Alto
>20	Muy alto

Fuente: Shiklomanov (2002).

Mapa 4

### Vulnerabilidad por disponibilidad de agua

per cápita (m<sup>3</sup>/año) y grado de escasez, 2000



Fuente: Elaboración propia con base en CNA, 2003.

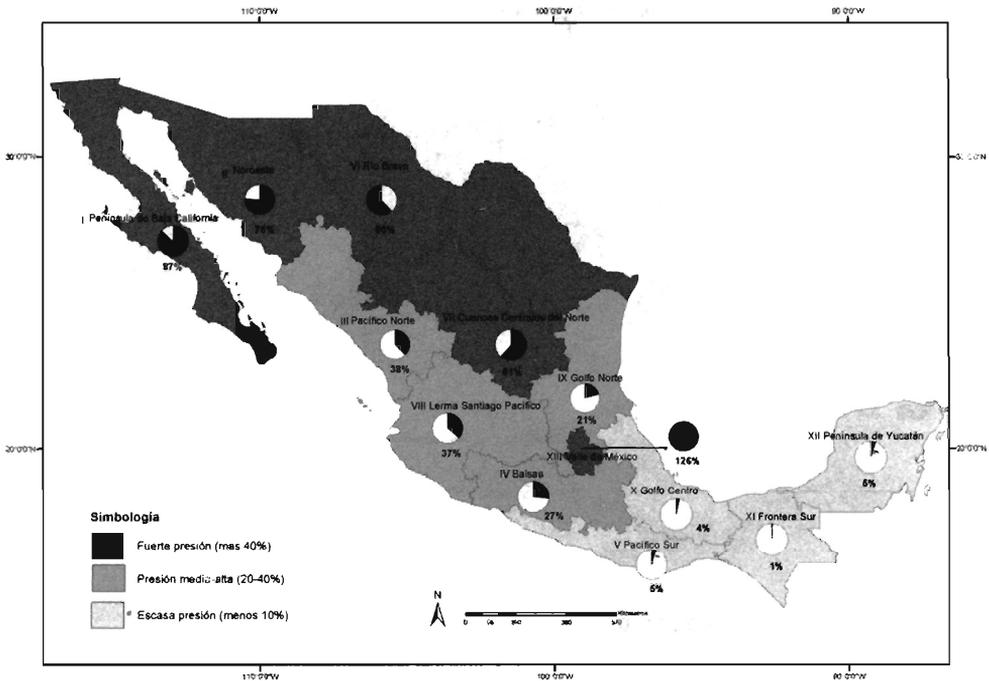
## Vulnerabilidad por presión hídrica

La relación entre disponibilidad de agua superficial y subterránea con respecto a los diferentes usos humano, agrícola e industrial (CNA, 2001b; INEGI, 2000) es lo que se conoce como presión o estrés hídrico. El grado de presión se determina a partir de la clasificación propuesta por el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (Shiklomanov, 2002). De acuerdo al mapa 5, en el año 2000, las regiones más críticas fueron: península de Baja California (I), noroeste (II), Río Bravo (VI), cuencas centrales (VII) y valle de México (XIII).

Mapa 5

### Vulnerabilidad por presión hídrica

según la ONU (%), 2000 por regiones hidrológicas administrativas



Fuente: Elaboración propia con base CNA, 2003, INEGI, XII Censo General de Población y Vivienda, 2000.

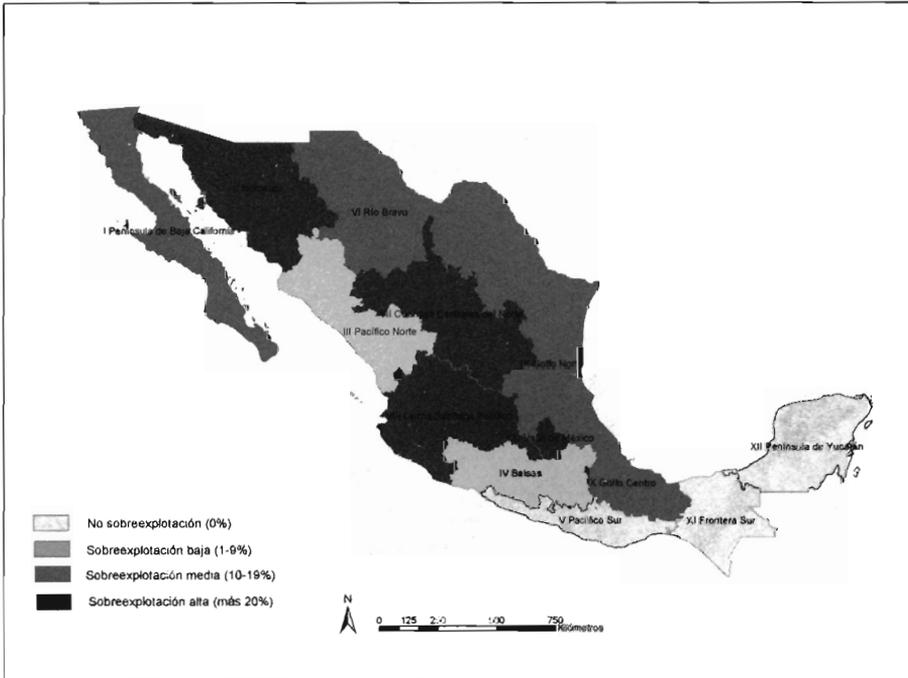
## Vulnerabilidad por explotación de aguas subterráneas

Los acuíferos que se encuentran en una relación de desequilibrio entre la extracción y recarga de agua se consideran sobreexplotados. En consecuencia, la vulnerabilidad se determina de acuerdo

al número y extensión de acuíferos sujetos a condiciones de alta sobreexplotación (CNA, 2002). Según el mapa 6, las regiones más críticas del país eran: noroeste (ii), cuencas centrales (vii) y Lerma (viii).

Mapa 6

**Vulnerabilidad por explotación de agua subterránea**  
por región hidrológica administrativa



Fuente: CNA (2001b).

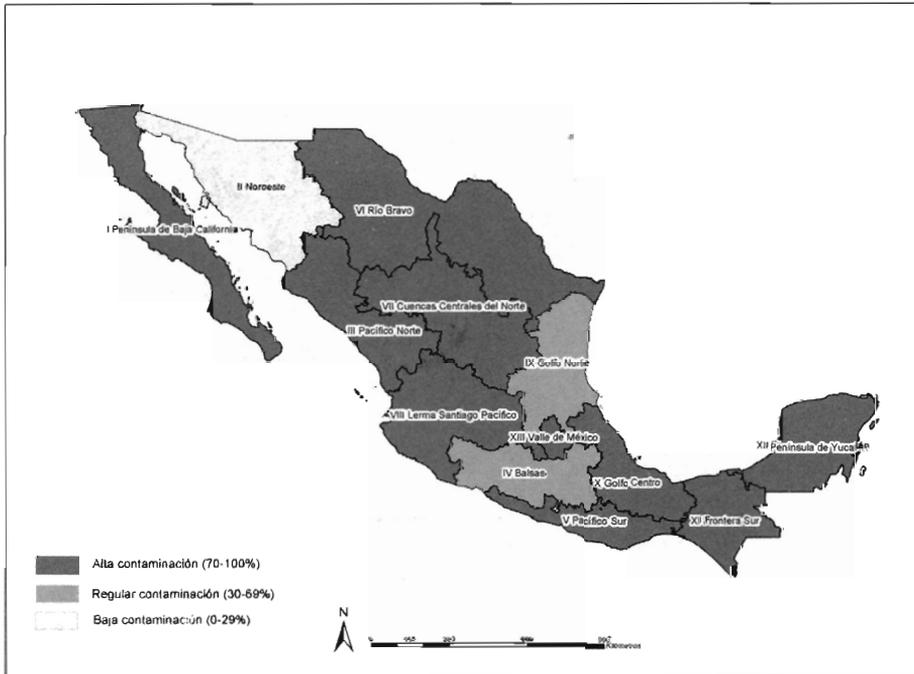
**Vulnerabilidad por contaminación del agua**

Los cuerpos de agua (ríos, lagos) que tienen un bajo índice de calidad del agua (ICA) se consideran contaminados. La vulnerabilidad se determinó con base en aquellos que experimentaron altos niveles de contaminación por región hidrológica (CNA, 2002). Tal situación queda representada claramente en el mapa 7, donde la mayor parte de las regiones tenían niveles altos de contaminación; y sólo la región Noroeste (ii) no mostraba problemas en este sentido.

Mapa 7

**Vulnerabilidad por contaminación del agua**

porcentaje de cuerpos de agua superficial contaminados, 2001



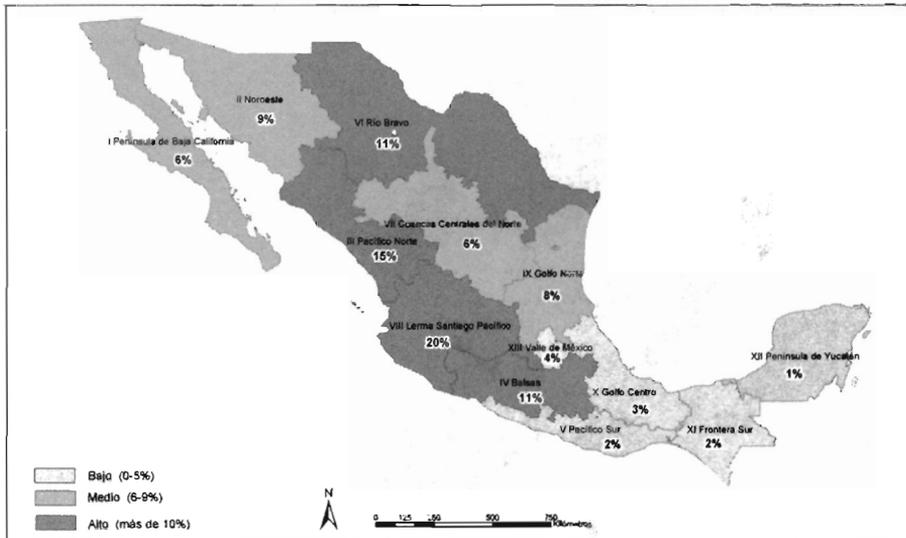
Fuente: CNA (2001b).

**Vulnerabilidad agrícola**

Las áreas agrícolas sujetas a irrigación por agua superficial y subterránea son dependientes de las variaciones en la precipitación (sequías, inundaciones), y de la disponibilidad y los niveles de calidad del agua. La vulnerabilidad se mide por el alto porcentaje de agua utilizada para riego con respecto al total nacional, el grado de sobreexplotación de los acuíferos, la alta contaminación del agua superficial y la ocurrencia de sequías y huracanes (CNA, 2001b, 2002). Si se observa el mapa 8, las regiones que mayores porcentajes de agua utilizan para riego se ubican en el norte del país, que justamente son las más críticas en cuanto a disponibilidad de agua. No obstante, en el mapa 9 se conjugan todas las variables relacionadas con la vulnerabilidad agrícola y se observa que la mayor parte del país se encuentra en niveles altos, con excepción de las regiones: Pacifico sur (v), Golfo centro (x), frontera sur (xi) y península de Yucatán (xii).

Mapa 8

**Porcentaje de agua consumida para irrigación en la agricultura respecto al total nacional por región hidrológica administrativa, 2000**



Fuente: CNA (2001b).

Mapa 9

**Vulnerabilidad agrícola según región hidrológica administrativa, 2000**



Fuente: Elaboración propia con base en información diversa.

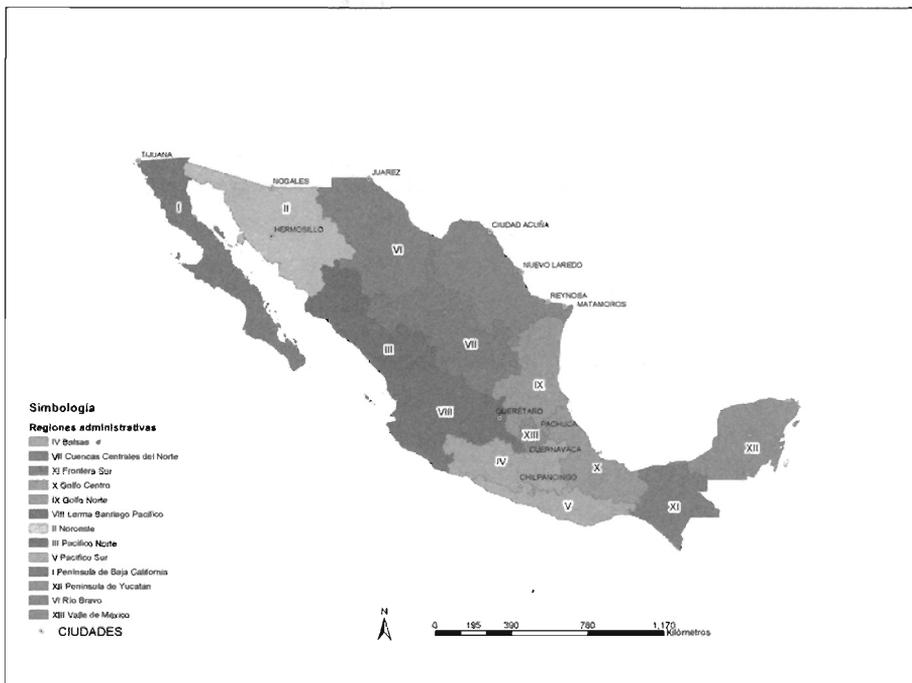
## Vulnerabilidad urbana

Las ciudades mayores de 100 000 habitantes que se encuentran en una situación de baja disponibilidad de agua y elevadas tasas de crecimiento demográfico o pobreza, se consideraron como vulnerables (Sedesol, 2003; INEGI, 2000). Por un lado, en el mapa 10 se tienen aquellas ciudades del país que presentan una situación crítica en cuanto a disponibilidad de agua y que además experimentan elevadas tasas de crecimiento poblacional. Aquí destacan principalmente las ciudades que se ubican en la frontera norte como Tijuana, Nogales, Hermosillo, Juárez, Acuña, Nuevo Laredo, Reynosa, Matamoros (regiones I, II y VI). También hay varias ciudades del centro del país que presentan un panorama similar como: Pachuca, Querétaro, Cuernavaca y Chilpancingo (regiones IV, VIII, IX). Por otra parte, en el mapa 11 están aquellas ciudades que tienen baja disponibilidad y sus niveles de pobreza son altos como: Tlaxcala, Puebla, Zamora, Uruapan, Toluca y Cuautla (regiones IV y VIII).

Mapa 10

### Vulnerabilidad urbana

ciudades con baja disponibilidad y alta presión demográfica, 2000

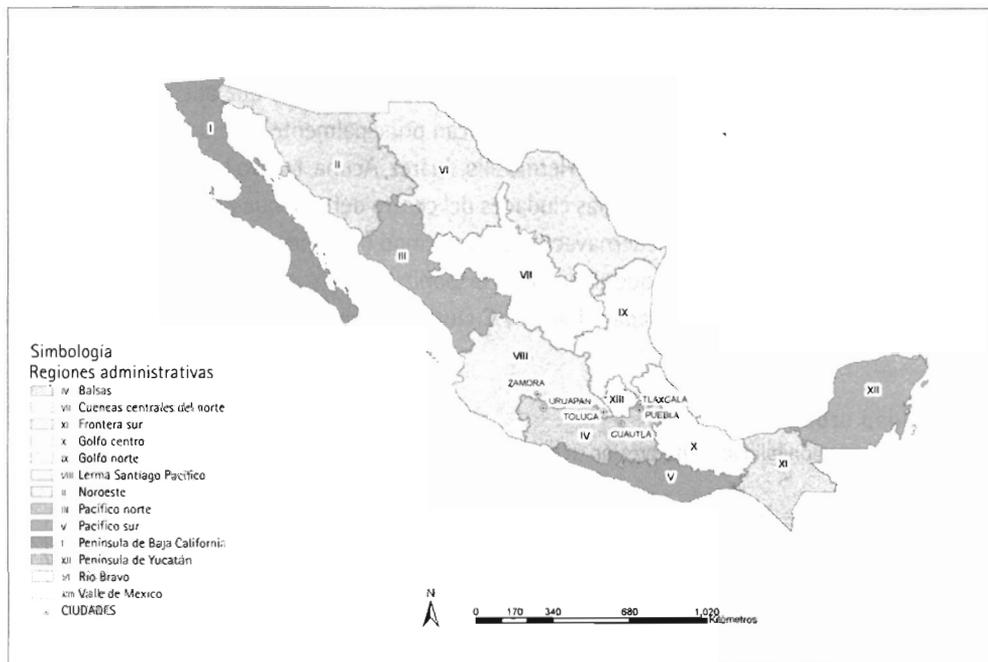


Fuente: Elaboración con base en Sedesol (2003), e información del XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 2000; y los datos de la CNA, 2000.

Mapa 11

### Vulnerabilidad urbana

ciudades con baja disponibilidad de agua y alta pobreza en los hogares, 2000



Fuente: Elaboración con base en Sederol (2003), e información del XI y XII Censo General de Población y Vivienda, 2000; y los datos de la CNA, 2000.

### Vulnerabilidad por marginación social

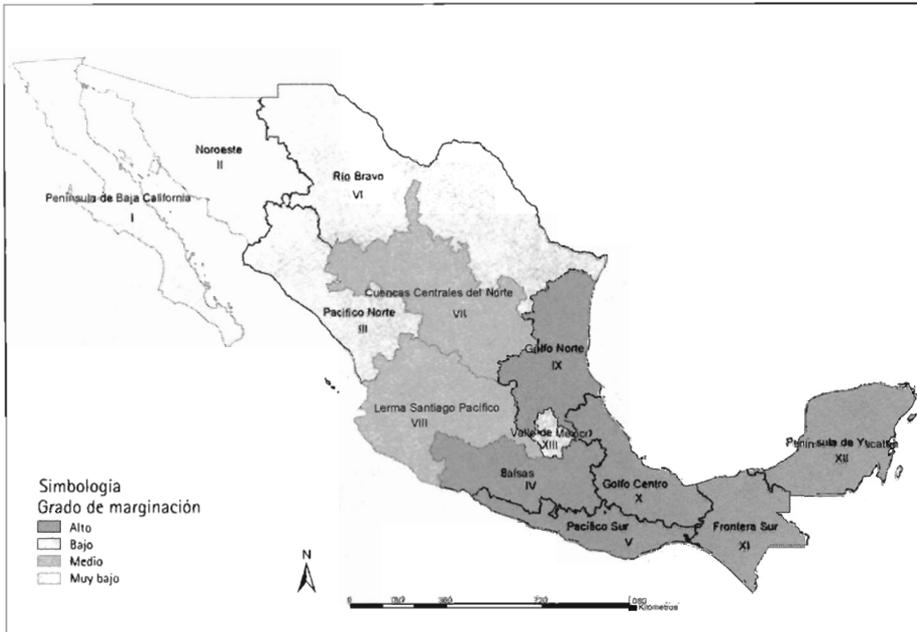
La población marginal es la que experimenta deficiencias en la obtención de sus satisfactores básicos (alimento, vivienda, servicios de agua, educación, ingreso). La vulnerabilidad se determina por el porcentaje de la población que tiene niveles de alta marginalidad social (Conapo, 2001). En el mapa 12, se tiene que las regiones más críticas se ubican en el Golfo (IX, X), sur (IV, V) y sureste (XI, XII) del país. En cambio, las que están en mejor situación son la frontera norte y el valle de México.

Mapa 12

### Vulnerabilidad por marginación social

porcentaje de municipios con grado de marginación:

muy bajo, medio, bajo y alto, por región hidrológica administrativa, 2000



Fuente: CNA (2003).

### Vulnerabilidad económica

El grado de desarrollo económico se puede medir de manera indirecta por medio del Producto Interno Bruto (PIB) generado por persona. La vulnerabilidad se determina a partir de los bajos niveles del PIB que conllevan a una limitada capacidad económica para resolver los problemas de abastecimiento y saneamiento del agua (Conapo, 2001; INEGI, 2000, CNA, 2001b). En el mapa 13 se puede ver que las regiones más críticas en cuanto a PIB están en el Golfo (ix, x), sur (iv, v, xi) y Pacífico norte (iii).

Mapa 13

### Vulnerabilidad económica

PIB per cápita por región hidrológica administrativa, 2000



Fuente: CNA (2003).

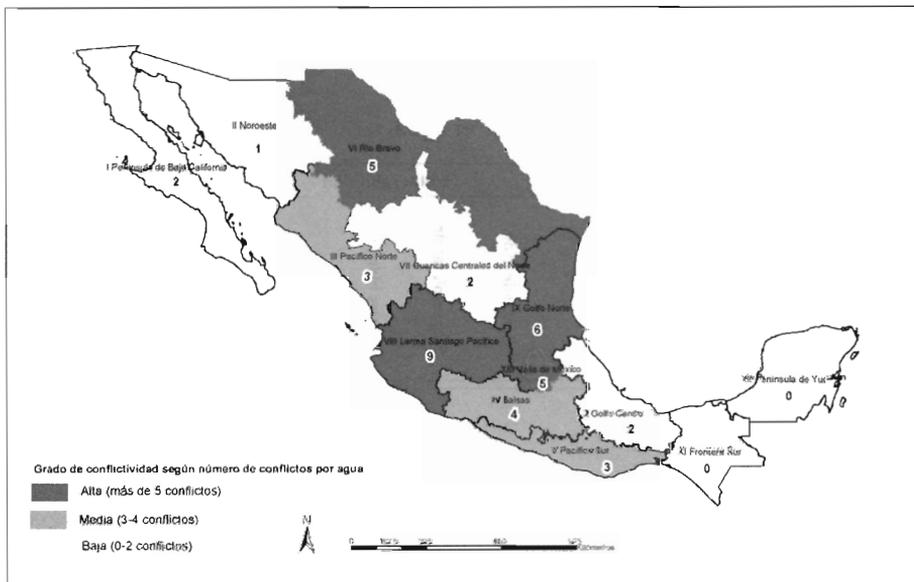
### Vulnerabilidad política

El grado de conflictividad es una expresión de los problemas asociados con la gestión y gobernanza<sup>2</sup> de los recursos hídricos. La vulnerabilidad se expresa por el número de conflictos y disputas por el agua registrados en las regiones hidrológicas (CNA, 2003). El tipo de demandas y objetivos en cuestión son una forma de matizar los conflictos. Es decir, hay demandas por tierras (expropiación para obras hidráulicas, invasiones en zonas federales) y deterioro ambiental (por contaminación), así como problemas relacionados con la gestión del agua de riego y la distribución del agua desde el nivel local hasta el internacional. En el mapa 14 se observa que las regiones con mayor número de conflictos registrados fueron: Río Bravo (VI), Lerma (VIII), Golfo Norte (IX) y Valle de México (XIII). Justamente las que presentan altos problemas de disponibilidad y presión hídrica.

<sup>2</sup> Tiene que ver con la forma en que se decide sobre el acceso, uso y distribución del agua; qué actores sociales y políticos participan en dicha toma de decisiones, y cómo se manejan y resuelven los conflictos.

## Vulnerabilidad política por conflictos del agua

Grado de conflictividad por región hidrológica administrativa, 2003



Fuente: Elaboración propia con base en CNA (2003).

## Índice de vulnerabilidad socioambiental por el agua

Más que la determinación cuantitativa de un índice de vulnerabilidad socioambiental por el agua la idea fue integrar las variables o indicadores de vulnerabilidad ecológica, hidrológica, climática, económica, social y política. Esto fue con el fin de mostrar su recurrencia en las diferentes regiones hidrológicas y así evaluar el grado de vulnerabilidad.

De manera más específica se construyó una matriz de vulnerabilidad socioambiental donde se consideró el conjunto de indicadores mencionados para cada región. El análisis cualitativo consistió en marcar sólo los casos donde el grado de vulnerabilidad era alto por indicador.

La evaluación del grado de vulnerabilidad socioambiental se basó en la frecuencia de indicadores con valores altos de vulnerabilidad para cada una de las regiones hidrológicas. El peso de cada indicador fue el mismo. El rango de frecuencias fue desde los valores máximos hasta los mínimos obtenidos y se dividieron en niveles de alta, media y baja vulnerabilidad. En términos cuantitativos, algunas regiones llegaron a coincidir en frecuencia; sin embargo, en términos cualitativos no necesariamente. En este sentido, se combinó el análisis cualitativo con el cuantitativo, ya que se determinaron los factores por los que las regiones eran más vulnerables y se midió el grado de vulnerabilidad.

Cabe señalar que en esta parte del análisis se privilegió lo cualitativo, debido a que se buscó conocer los aspectos críticos del agua y sus tendencias por región. Además se trató de trascender la discusión sobre la cuantificación y elaboración de índices numéricos, que integran una diversidad de variables generalmente inconmensurables (Gleick, 2002).

Cuadro 3

**Matriz de vulnerabilidad socioambiental por el agua**

Región hidrológica administrativa	Vulnerabilidad											Socioambiental Agua	
	Ecológica (áreas amenazadas)	Sequia	Inundación (huracanes)	Disponibilidad agua	Contaminación	Sobreexplotación	Estres hídrico	Agrícola	Urbana	Bajos ingresos (PIB per cápita)	Marginación		Conflictos
I. Península de Baja California		X	X	X	X		X	X	X				Alto
II. Noroeste	X	X				X	X	X	X				Alto
III. Pacífico Norte	X	X	X		X		X	X		X			Alto
IV. Balsas	X			X			X	X	X	X	X		Alto
V. Pacífico sur	X				X					X	X		Medio
VI. Río Bravo	X	X		X	X		X	X	X			X	Alto
VII. Cuencas centrales del norte	X	X		X	X	X	X	X	X	X			Alto
VIII. Lerma Santiago Pacífico				X	X	X	X	X	X	X		X	Alto
IX. Golfo norte		X					X	X		X	X	X	Alto
X. Golfo centro	X				X					X	X		Medio
XI. Frontera sur					X					X	X		Bajo
XII. Península de Yucatán	X		X		X					X	X		Medio
XIII. Valle de México	X	X		X	X	X	X	X	X			X	Alto

Fuente: Elaboración propia con base en los 12 indicadores de vulnerabilidad.

De igual manera se buscó expresar los resultados de manera cartográfica por regiones hidrológico-administrativas para hacer más claro el análisis y mostrar las diferencias existentes al interior del país. Con base en el cuadro 3 se tiene que las regiones con niveles altos de vulnerabilidad fueron: península de Baja California (I), noroeste (II), Pacífico norte (III), Balsas (IV), Río Bravo (VI), cuencas cerradas del norte (VII), Lerma (VIII), Golfo norte (IX) y valle de México (XIII). Es decir, nueve de 13 regiones.

Únicamente tres regiones tuvieron niveles de vulnerabilidad intermedia: Pacífico sur (v), Golfo centro (x) y península de Yucatán (xii); y sólo la región frontera sur (xi) fue baja.

Si se observa el mapa 15, es claro que la mayor parte del país se encuentra en una situación crítica. No obstante, dentro de las regiones, hay diferencias en cuanto a los factores que contribuyen a la vulnerabilidad. Veamos algunos ejemplos:

- La región vii de las cuencas centrales del norte es altamente vulnerable a nueve de 12 indicadores, ya que presenta: deterioro ecológico, frecuentes sequías, baja disponibilidad de agua, contaminación en la mayoría de sus cuerpos de agua, sobreexplotación de aguas subterráneas, alta presión y competencia por el agua, problemas en la agricultura de riego, ciudades con escasez de agua, bajos niveles de PIB para financiar obras de abastecimiento de agua e irrigación. En cambio, no es vulnerable a las inundaciones por huracanes, no tiene elevados niveles de marginación social ni registra un número importante de conflictos por el agua.
- La región v del río Bravo es altamente vulnerable a ocho de 12 indicadores. Comparte varios indicadores con la región vii, pero difiere en que no presenta altos niveles de sobreexplotación de acuíferos ni bajos niveles del PIB. Además tiene niveles altos de conflictividad por el agua.
- La región ii Noroeste es vulnerable a lo ecológico, sequía, explotación acuíferos, estrés hídrico, agrícola y urbano; y la región ix Golfo norte es vulnerable a la sequía, estrés hídrico, agrícola, PIB, marginación y conflictos. Si bien ambos tienen el mismo número de indicadores (seis) sólo comparten la mitad de ellos (sequía, estrés, agrícola) y difieren en el resto.

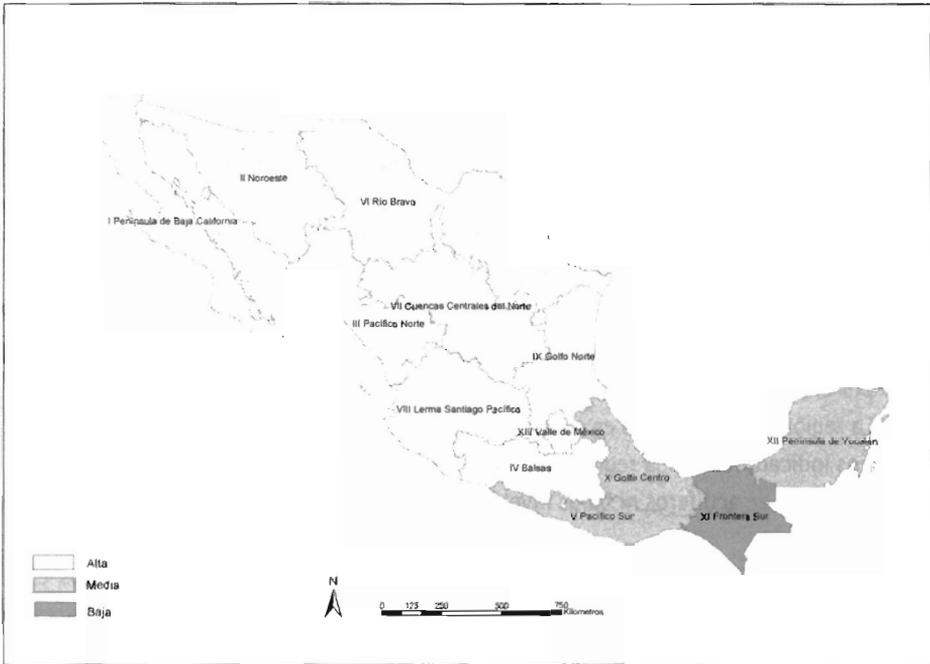
En este sentido, el análisis de la vulnerabilidad socioambiental muestra los factores cuantitativos y cualitativos donde las regiones son similares y diferentes, y conlleva a la necesidad de realizar estudios regionales como una forma de entender las especificidades de cada una de ellas.

## **Seguridad hídrica y escenarios de crisis**

Uno de los elementos a incorporar en el análisis de la vulnerabilidad socioambiental en México son los factores que están conduciendo a un escenario de mayor riesgo y que afectan la seguridad hídrica. En el mapa 15 es evidente que prácticamente todo el país se encuentra en una situación crítica. Las tendencias parecen no estar cambiando y otras incluso se agudizarán. Entre los principales factores de riesgo y pérdida de la seguridad hídrica para el país están: el cambio climático y las variaciones en el patrón de precipitación; la reducción de la disponibilidad del agua y la mayor presión hídrica; la escasez de agua en ciudades medias y grandes; la contaminación y el deterioro de la calidad del agua; los conflictos y disputas por el agua; y el aumento de los niveles de pobreza y desigualdad social.

Mapa 15

**Vulnerabilidad socioambiental por el agua**  
según región hidrológica administrativa, 2000



Fuente: Elaboración propia con base en información diversa.

**Cambio climático y variaciones en el patrón de precipitación**

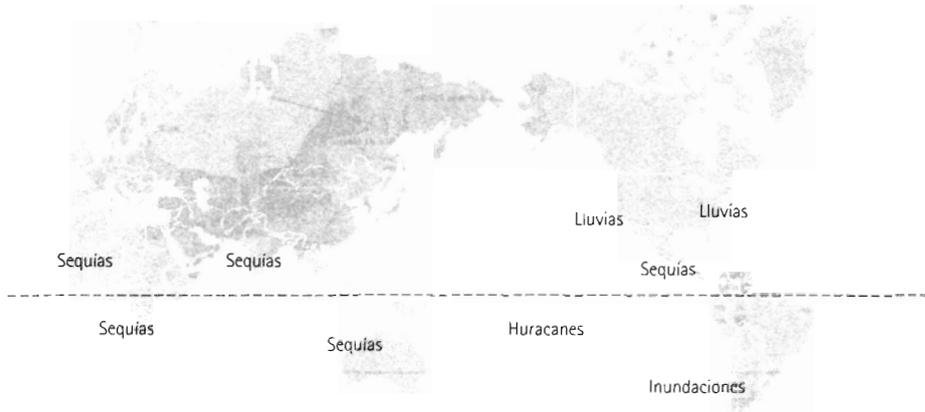
El cambio climático que experimentará el país en las próximas décadas es difícil de evaluar, sin embargo, la mayor parte de los estudios e informes sugieren que en México estará relacionado con variaciones en el patrón de precipitación que a su vez dependen del fenómeno de El Niño<sup>3</sup> (mapa 16). Así la ocurrencia de fenómenos climáticos como sequías y huracanes será mayor pero de manera errática en las diferentes regiones hidrológicas del país (Magaña y Gay, 2002; Tiscareño, *et al.*, 2003; Varis, 2003, y CNA, 2001a). Por ejemplo, las regiones áridas tenderán a la presencia de sequías pero durante el año podrán ocurrir

<sup>3</sup> En Tiscareño *et al.*, 2003, se señala que "el sobrecalentamiento de las aguas del Pacifico ecuatorial y las oscilaciones en la presión barométrica del Pacifico sur originan condiciones de excesiva humedad y sequías sobre el continente Americano. Este fenómeno es conocido como El Niño Oscilación del Sur (ENOS) y, cuando esto sucede, los patrones globales de precipitación y temperatura son alterados".

fenómenos extraordinarios, como presencia de lluvias e incluso inundaciones en periodos nunca antes registrados (como los casos de inundaciones en Chihuahua y Tamaulipas en 2004). Tal situación sin duda afectará a la población que vive en las zonas con propensión a sequías e inundaciones, así como a las actividades agropecuarias y pesqueras que dependen de las condiciones climáticas asociadas con la precipitación y temperatura (Tiscareño, *et al.*, 2003).

Mapa 16

### Desviación climática regional



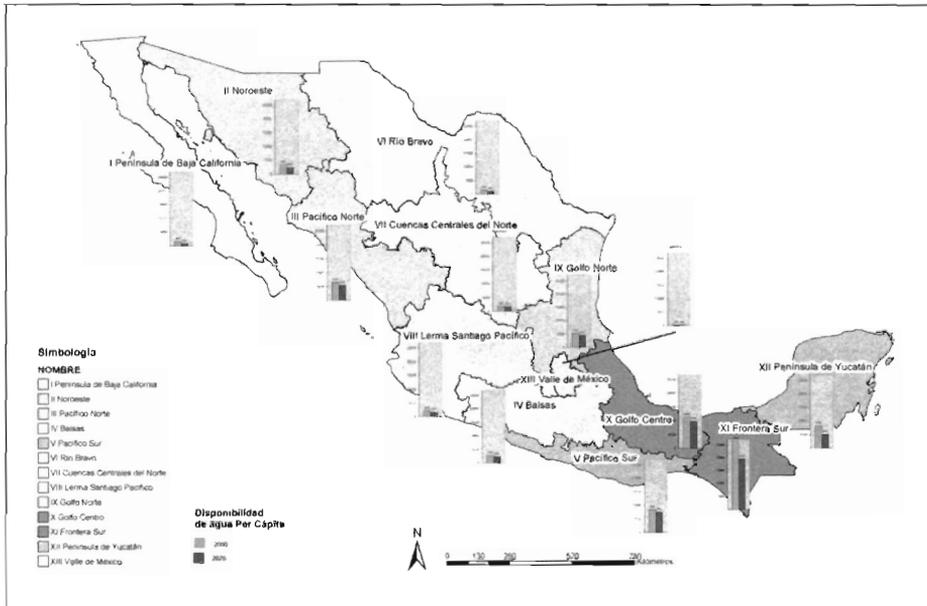
Fuente: Tiscareño, *et al.*, 2003.

### Reducción de la disponibilidad del agua y mayor presión hídrica

Si consideramos las mismas tendencias de crecimiento demográfico y niveles de cantidad de agua al año 2000, tenemos que la situación del país se tornará crítica para el año 2025. De acuerdo al mapa 17, la disponibilidad de agua descenderá en todas las regiones, pero llegarán a niveles muy bajos en las regiones: I península de Baja California, VI Río Bravo, VII cuencas centrales, IV Balsas, VIII Lerma y XIII valle de México. Otras estarán muy cerca de este escenario como las regiones: II noroeste, III Pacífico norte y IX Golfo norte. Únicamente las regiones del sur y sureste (V, X, XI y XII) se encontrarán en una situación no crítica, debido a que cuentan con elevadas disponibilidades de agua para satisfacer los requerimientos de la población.

Mapa 17

**Cambios en la disponibilidad de agua per cápita m<sup>2</sup>/año, 2000-2025**  
por región hidrológica administrativa



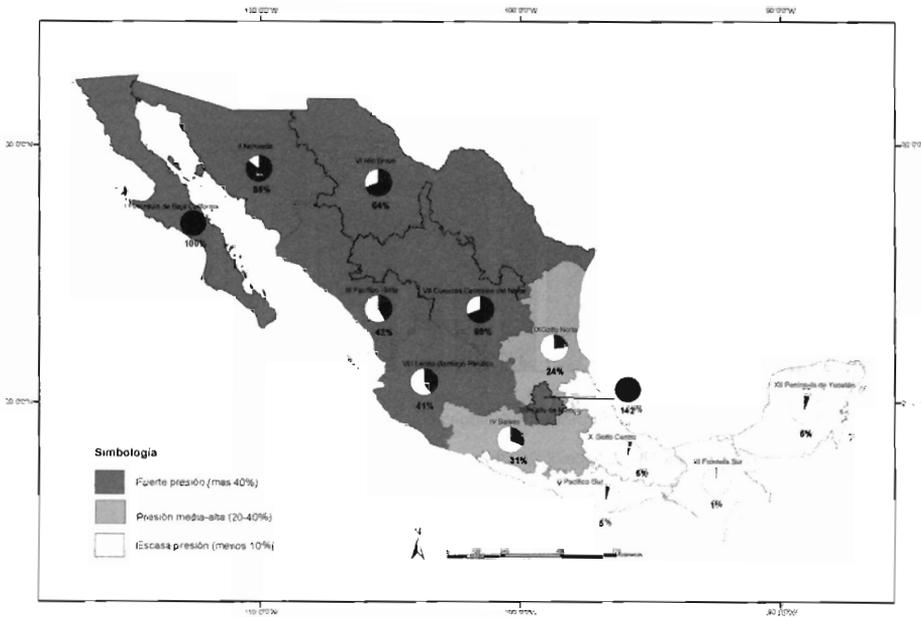
Fuente: Elaboración propia con base en: CIA (2002).

En lo que se refiere al grado de presión hídrica, de mantener los mismos niveles de demanda de agua por la población, agricultura e industria, así como la disponibilidad de agua al año 2000, el escenario es dramático para el año 2025. De acuerdo con el mapa 18 las dos terceras partes del país estarán en niveles críticos o de fuerte presión hídrica como son las regiones I península de Baja California, II noroeste, III Pacífico norte, VI Río Bravo, VII cuencas cerradas, VIII Lerma y XIII valle de México; en menor medida, pero también con presión estarán las regiones IX Golfo norte y IV Balsas. El resto de las regiones (V, X, XI y XII) no tendrán problemas en este sentido.

En consecuencia, para los próximos años, el escenario del país tenderá hacia una pérdida de la seguridad hídrica que afectará a la población y conllevará a una mayor presión por los diferentes usos que se le darán al agua superficial y subterránea. Esto sin duda también generará situaciones críticas en los ecosistemas, al haber desvío de agua de ríos y lagos para usos urbanos y productivos; o al extraer más agua subterránea de la que es posible aprovechar.

Mapa 18

**Grado de presión hídrica en México, 2025 según la ONU (%), por regiones hidrológicas administrativas**



Fuente: Elaboración propia con base en CNA (2003), y estimaciones al año 2005, según Conapo, Programas población 2000-2025; municipio y localidad.

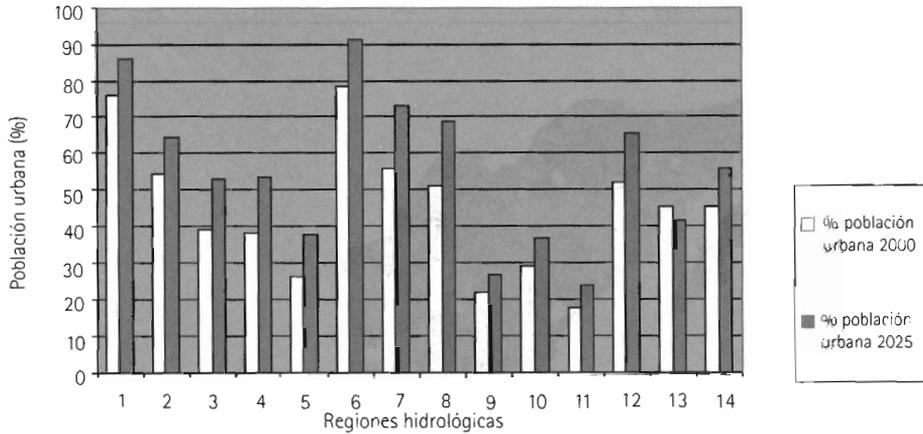
**Escasez de agua en ciudades medias y grandes**

El proceso de urbanización en México es una tendencia que no cambiará en las próximas décadas e incluso se reforzará ante el incremento de los problemas socioambientales y productivos en el medio rural. El patrón de crecimiento de las grandes ciudades se mantendrá, sin embargo varios estudios sugieren que el mayor dinamismo se experimentará en las ciudades medias, mayores de los 100 000 habitantes (Hardoy, 1992; Habitat, 1996; Aguilar, 1996).

Según la figura 1 para el año 2025, varias regiones hidrológicas serán prácticamente urbanas en el año 2025, como la región I de la Península de Baja California (86% de la población) y la región VI del Río Bravo (91%). Además, la seguridad hídrica de las ciudades tenderá a ser más crítica, ya que tan sólo en el año 2000 más de 75% de la población habitaba en zonas de baja y muy baja disponibilidad (figura 2) y alto estrés hídrico (mapa 19). De allí que el principal reto para el país será garantizar el abastecimiento de agua para la población que vivirá en esas ciudades.

Figura 1

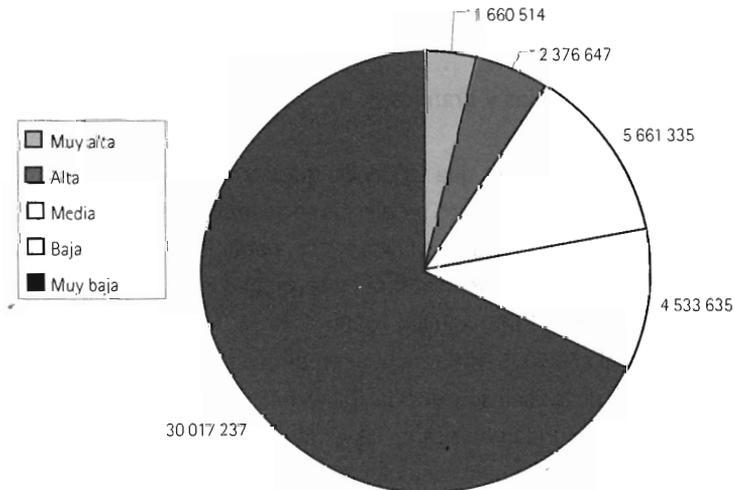
**Porcentaje de población urbana en ciudades mayores de 100 000 habitantes 2000 y 2025**



Fuente: Elaboración propia con base en INEGI (2000), Sedesol (2003) y CONA (2004).

Figura 2

**Población urbana según disponibilidad de agua en ciudades mayores de 100 000 habitantes 2000**

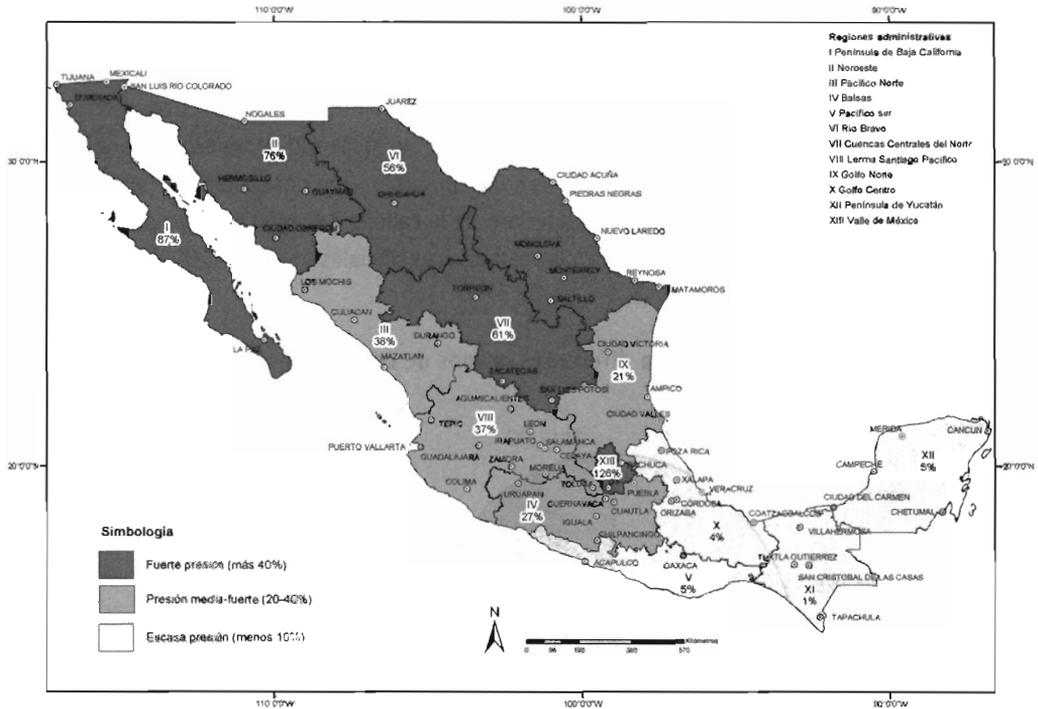


Fuente: Elaboración propia con base en Sedesol (2003), INEGI (2000) y CONA (2004).

Mapa 19

**Grado de presión hídrica en ciudades mayores de 100 000 habitantes**

2000



Fuente: Elaboración propia con base en CONA (2002), INEGI, XII Censo de Población y Vivienda, 2000.

**Contaminación y deterioro de la calidad del agua**

Si se observa la figura 3, más de 90% de la población del país experimentaba en el año 2000 problemas de contaminación del agua en sus respectivas regiones hidrológicas. Este dato fue obtenido a partir de la obtención de un índice de calidad del agua en el país (CNA, 2002), que no refleja el grado de la contaminación del agua por residuos peligrosos (metales pesados, sustancias radioactivas). Las principales fuentes de contaminación y deterioro de la calidad del agua son las descargas industriales y urbanas, pero también son las descargas de la agricultura, por el uso de plaguicidas, insecticidas y fertilizantes químicos.

La medición en sí misma de la calidad del agua es difícil por la variedad de formas en que se emiten las descargas, sobre todo de tipo agrícola (fuentes difusas) o por la lixiviación de sustancias

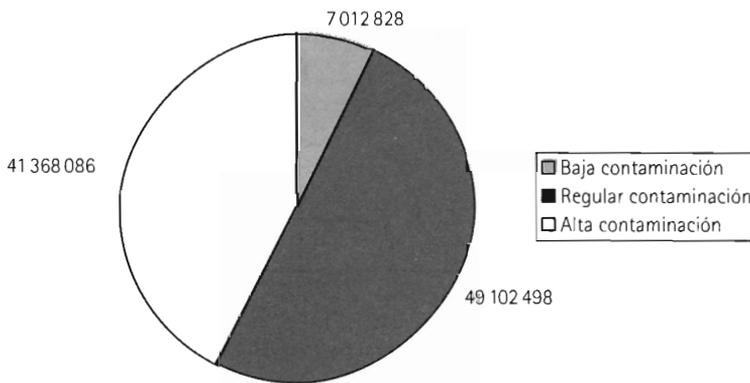
peligrosas (industriales) en los acuíferos. Estudios como los de Barrios (2003) muestran las dificultades para tener una red de monitoreo a nivel nacional; y los trabajos de Rodríguez y Silva (2003) son un ejemplo del panorama crítico en que se encuentra el país en materia de contaminación del agua subterránea como: las altas concentraciones de arsénico en el valle de Zimapán; azufre en el valle de Puebla; cromo en la cuenca del río Turbio en León; fluoruros en el valle de Aguascalientes; hidrocarburos en la cuenca del Valle de México; compuestos nitrogenados en Mérida.

En este sentido, la enorme cantidad de desechos contaminantes vertidos sin tratamiento sobre los cuerpos de agua o que se infiltran en el subsuelo, así como la laxitud de las regulaciones en materia de calidad de agua, que ponen poco énfasis en la contaminación por sustancias peligrosas, son un factor que está contribuyendo al rápido deterioro de la calidad del agua en el país. El panorama incluso puede ser más crítico al que sugieren las estadísticas oficiales de la CNA (2002).

Figura 3

**Población del país que experimenta diferentes grados de contaminación**

2000



Fuente: CNA (2001b y 2002); INEGI (2000).

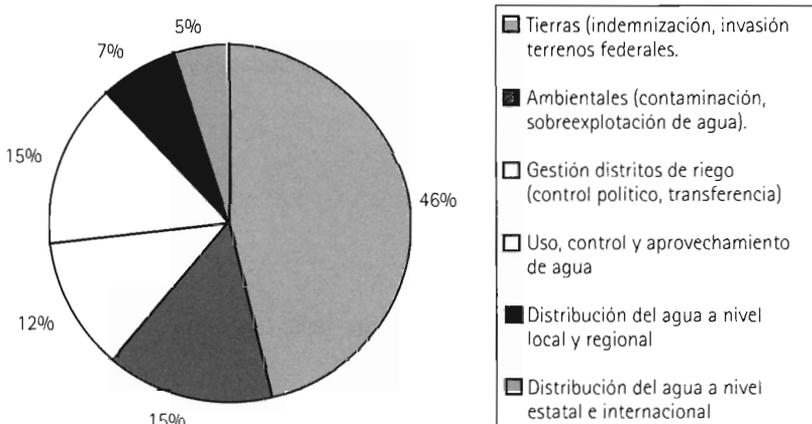
**Conflictos y disputas por el agua**

El panorama de pérdida de la seguridad hídrica del país va ligado con el mayor número de problemas y disputas por el agua. Es claro que al haber una menor disponibilidad y mayor estrés hídrico, la competencia por el agua aumentará; la escasez de agua en las ciudades y los problemas para abastecerlas afectarán la gestión del servicio y la calidad de vida de la población; la demanda de apoyos e inversión en zonas de alta siniestrabilidad por sequías e inundaciones serán un factor de presión social y política; los problemas de contaminación serán un factor de constante tensión y movilización social. Por ello se prevé un escenario de mayor conflictividad y complejidad en las relaciones agua-sociedad-medio ambiente. Entender el origen y desarrollo de los conflictos es materia de una investigación más

amplia, no obstante es posible a partir de la información disponible mostrar un panorama sobre el tipo de conflictos por el agua en el país (CNA, 2003).

Según la figura 4, el principal factor que conduce a conflictos por el agua son aquellas disputas que están relacionadas con tierras (46% casos registrados), es decir, con la indemnización de propiedades expropiadas por la construcción de obras hidráulicas o por la invasión en zonas federales (cerca de cauces y lagos). En proporción similar (15%) se encuentran aquellos relacionados con problemas ambientales (contaminación y sobreexplotación del agua) y por uso, control y aprovechamiento del agua. Luego siguen los asociados con la gestión del agua de riego (12%) que muestran los problemas de gobernabilidad (políticas de transferencia de los distritos, formas de control político). Por último se tienen aquellos ligados con la distribución del agua al interior del país (7%) y fronterizos (5%) con otros países, como Estados Unidos de América.

Figura 4  
**Distribución de conflictos por el agua en México**  
 2003



Fuente: Elaboración propia con base en CNA (2003).

## Reflexiones y recomendaciones finales

El presente ensayo trató de mostrar un panorama global de situación del agua en México y sus tendencias para los próximos años, a partir de considerar una diversidad de factores que conllevan a una escenario de vulnerabilidad y pérdida de la seguridad hídrica.

La complejidad de estudiar estos factores es lo que llevó al desarrollo de una propuesta metodológica que integró aspectos cuantitativos y cualitativos en el análisis. Es decir, se evaluó la vulnerabilidad socioambiental por el agua en México con base en 12 indicadores sobre aspectos biofísicos y sociales.

Es claro que el estudio fue de carácter indicativo y por tanto fue un diagnóstico general para ver dónde estamos y hacia dónde vamos. Pero se reconoce que las propias fuentes consultadas fueron una limitante, ya que no se generaron con los mismos supuestos metodológicos. De allí que se privilegió estudiar los aspectos cualitativos, más que encontrar un índice numérico de la vulnerabilidad socioambiental.

En este sentido, es necesario un nivel de análisis más profundo y detallado para entender cada una de las dimensiones del problema del agua en el país, sin embargo, la visión global del problema es un eje analítico que no debe perderse. Los estudios de caso, a nivel de cuenca hidrológica, pueden enriquecer la perspectiva y mostrar la multidimensionalidad del problema del agua.

Es importante señalar que dentro de los hallazgos del estudio están que el país es cada vez más vulnerable y tiene menor seguridad hídrica, como resultado de una diversidad de factores socioambientales. Entender cuáles factores están influyendo, así como la manera en que afectan a las diferentes regiones es fundamental para instrumentar políticas públicas que atiendan la problemática del agua en el corto, mediano y largo plazo. Además es básico que se comiencen a diseñar y aplicar políticas que enfrenten los nuevos retos asociados con la crisis del agua en México: el cambio climático global e impacto en el patrón de precipitaciones, la reducción de la disponibilidad del agua y mayor presión hídrica, la escasez y presión por el agua en las ciudades y zonas rurales, los conflictos y tensiones por el agua, entre otros.

## Bibliografía

- Aguilar, Adrián G., Boris Graizbord y Álvaro Sánchez Crispín, 1996, *Las ciudades intermedias y el desarrollo regional en México*, UNAM-Conaculta-Colmex, México.
- Barrios, Eugenio, 2003, "Proyecto de rediseño del programa nacional de monitoreo", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México.
- CNA, 2001a, *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*, México.
- \_\_\_\_\_, 2001b, *Compendio básico del agua en México 2002*, México.
- \_\_\_\_\_, 2002, *Estadísticas del agua 2003*, México.
- \_\_\_\_\_, 2004, *SIGA-Sistema de Información Geográfica del Agua: Base de datos*, México.
- \_\_\_\_\_, 2003, *Informe sobre asuntos conflictivos*, México.
- Conabio, 2000, *Agua y diversidad biológica en México*, México.
- Conapo, 2001, *Índice de marginación 2000*, México.
- Cenapred, 2001, *Atlas de riesgos en México*, México.
- García-Pelayo, Ramón, 1991, *Diccionario Pequeño Larousse 1992*, Larousse, México.

- Gleick, Peter, 2002, "Measuring Water Well-being: Water Indicators and Indices", en Peter Gleick y colaboradores, *The World's Water: the Biennial Report Freshwater Resources 2002-2003*, Island Press, Washington.
- Habitat-Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 1996, *An Urbanizing World: Global Report on Human Settlements*, Oxford University Press-United Nations.
- Hardoy, Jorge, Diana Mitlin y David Satterthwaite, 1992, *Environmental Problems in Third World Cities*, Earthscan, Londres.
- Magaña, Víctor y Carlos Gay García, 2002, "Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos", *Gaceta Ecológica*, núm. 65, México.
- Rodríguez, Ramiro y Teodoro Silva, 2003, "Conservación de la calidad del agua subterránea: reto del fin del milenio", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México.
- SEI, 2004, *Risk and Vulnerability Program*, Estocolmo, [www.sei.se](http://www.sei.se).
- Sedesol, 2003, *Índice de marginación urbana 2000*, México.
- Shiklomanov, Igor, 2002, *World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century*, PHI-UNESCO.
- Tiscareño, Mario, et al., 2003, "Patrones de precipitación en año El Niño: su efecto en la agricultura y seguridad alimentaria en México", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México.
- UNESCO-IHE, 2004, *International Hydrological Education Program*, París, [www.unesco.org/water](http://www.unesco.org/water).
- Varis, Olli, 2003, "Escasez de agua y vulnerabilidad: México desde una perspectiva global", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México.
- Winpenny, J. T., 2004, *Managing Water Scarcity for Water Security*, FAO, <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/webpub/scarcity.htm>; agosto.



## Análisis del subsidio a la tarifa 09\*

Carlos Muñoz Piña,\*\* Sara Ávila,\*\* Luis Jaramillo\*\* y Adán Martínez\*\*

### Descripción del problema

México tiene una crisis de sobreexplotación de acuíferos. Ochenta de los 188 acuíferos más importantes, que abastecen 66% del agua que se utiliza en el país y en los que se capta 79% de la recarga de agua subterránea, se encuentran sobreexplotados (mapa 1 y gráfica 1).

Los impactos ambientales de la sobreexplotación de acuíferos han sido ampliamente estudiados (Burke, 2002; FAO 2003; Price 2002). Dada las relaciones continuas entre el agua subterránea y superficial, una de las principales implicaciones de la sobreexplotación de acuíferos se refiere al cambio en caudales y en la temporalidad de éstos en el transcurso del año (tabla 1). La importancia del agua subterránea en la alimentación de corrientes superficiales se hace más evidente en zonas semiáridas, donde incrementa la vulnerabilidad a las sequías.

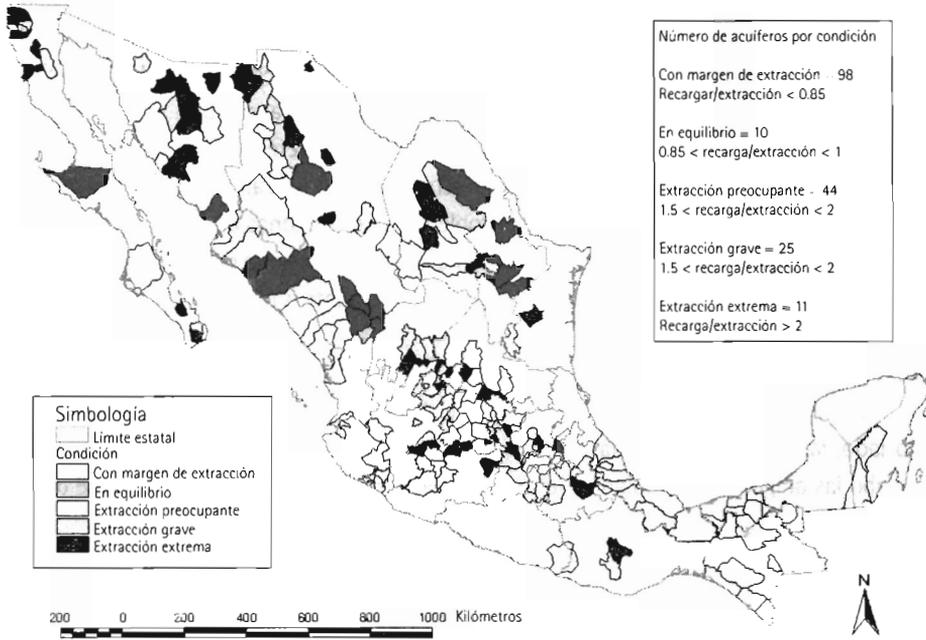
Otra repercusión negativa del mal uso del agua subterránea se refiere al deterioro de los ecosistemas semiacuáticos (*humedales*). Estos ecosistemas están considerados entre los más importantes del planeta por proveer un hábitat único a gran variedad de especies de flora y fauna. Además permite el mantenimiento de ciclos de migración de aves acuáticas, donde de 11 a 12 géneros hibernan en los humedales mexicanos. Ante esta situación, México ha impulsado la preservación de estos hábitats, incorporando 51 humedales a la Convención de Humedales de Importancia Internacional (o Convención Ramsar). Sin embargo, muchos de estos sitios se encuentran con graves riesgos de deterioro debido a la falta de suministro de agua dulce que naturalmente provenía de aguas subterráneas. Tal es el caso de los humedales de Xochimilco, los manantiales del alto Lerma y de Aguascalientes y varios de los principales lagos del centro de México (Chapala, Cuitzeo y Pátzcuaro).

---

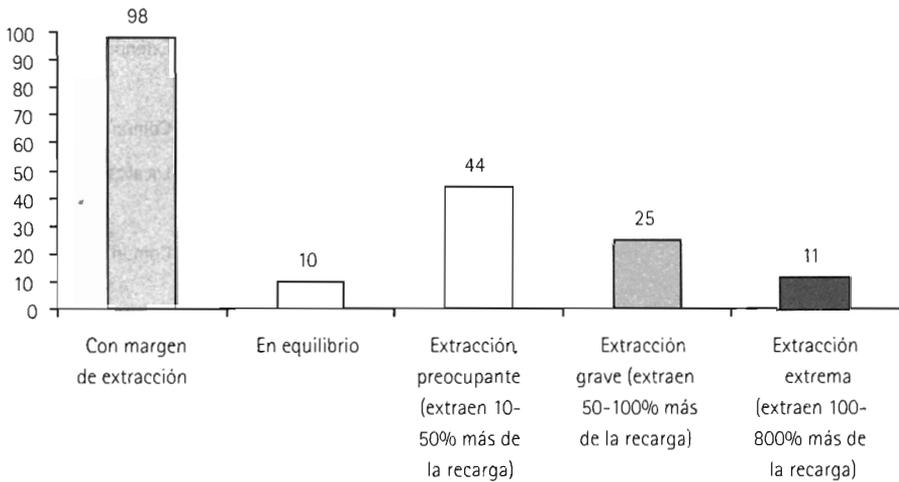
\* Agradecemos la colaboración de: Helena Cotler Ávalos para el análisis de algunos efectos ambientales de la extracción excesiva de acuíferos.

\*\* Instituto Nacional de Ecología.

Mapa 1  
de 188 los acuíferos más importantes y su nivel de explotación



Gráfica 1  
Los acuíferos más importantes del país



Otra consecuencia, muy común en México, de la sobreexplotación de los acuíferos se refiere a la intrusión salina en los acuíferos. En un acuífero costero, el agua dulce originada a partir de la recarga natural sobreyace al agua salina, de tal modo que la presión en la interfase entre ellas ocasiona que el flujo del agua subterránea dulce tenga dirección al mar. Cuando las condiciones naturales son modificadas por la acción del bombeo, el abatimiento del nivel freático ocasiona la formación de un cono invertido en la interfase, por lo que el agua salada puede entrar al pozo. Este impacto no sólo ocurre en acuíferos costeros. En México se tienen registrados estos efectos en lugares extremos como la península de Yucatán, el estado de Sonora y la península de Baja California, entre otros, donde la CNA (2004) reporta hasta 14 acuíferos con este problema. En estas zonas áridas, la extracción de agua subterránea para abasto de población y/o irrigación de cultivos ocasiona que en las regiones costeras se presenten efectos similares relacionados comúnmente con intrusión de agua marina.

## Usos del agua

Por otro lado, la extracción de agua dulce de cuerpos subterráneos y superficiales se utiliza para llevar a cabo las actividades cotidianas de la industria, el campo y los hogares como se describe en la tabla 2.

Tabla 1

### Algunos efectos ambientales de la extracción excesiva de acuíferos

Efecto de la extracción excesiva en acuíferos	Causa subyacente	Extensión de ocurrencia
a. Impacto en volúmenes y temporalidad de caudales de aguas superficiales	Reducción de volúmenes de agua subterránea que alimenta a los ríos	Extendido
b. Daños a ecosistemas semiacuáticos <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Deterioro de hábitat</li> <li>■ Afectación a migración de aves</li> </ul>	Reducción de volúmenes de agua de descarga en estos ecosistemas	Extendido
c. Intrusión salina en acuíferos costeros	Cambio del gradiente hidráulico horizontal del acuífero	Común
d. Subsistencia de tierras	Compactación de las capas de los acuitardos	Localizado
e. Deterioro de la calidad del agua	Disminución del oxígeno en condiciones naturales anaeróbicas lo que conduce a la transformación y movilización en condiciones anaeróbicas de algunos minerales (arsénico, azufre, hierro, manganeso)	Común

Tabla 2

**Volúmenes de agua concesionados**

cifras acumuladas a diciembre de 2002

km<sup>3</sup> anuales

Uso	Origen		Volumen total	Extracción (%)
	Superficial	Subterráneo		
Agropecuario	38.3	17.8	56.1	77
Abastecimiento público	3.3	6.3	9.6	13
Industria autoabastecida	5.3	1.6	6.9	10
Total nacional	46.9	25.7	72.6	100

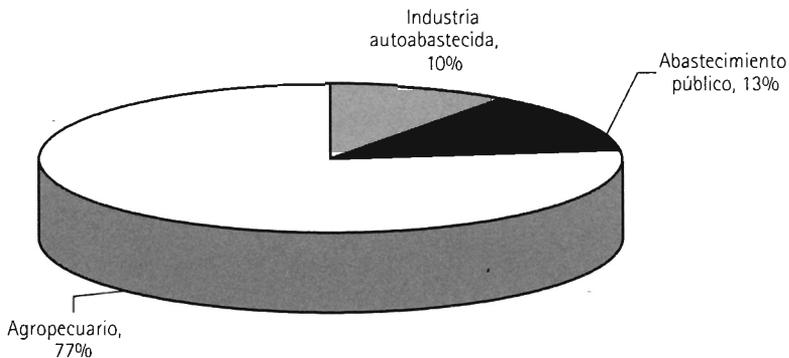
Fuente: Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua, SGAA, CNA.

Como puede verse en la gráfica 2, el sector agropecuario utiliza 77% del agua concesionada. De este total, según datos obtenidos en los distritos de riego, la eficiencia en la conducción del agua en el 2002 era de 63.8%, el resto se evapora, se filtra o se pierde en el proceso, lo que quiere decir que aunque el sector agropecuario gasta 77% (56.1 km<sup>3</sup> anuales) del agua, aprovecha solamente 49% (35.8 km<sup>3</sup> anuales). Dada la magnitud de la incidencia del sector agrícola, el impacto de cambios en el comportamiento por pequeños que sean, afectan el total de manera significativa. Considerando la importancia del sector agropecuario y el hecho de que parte de la población más vulnerable depende de este sector, a continuación se hace una brevisima y somera descripción de la situación de la actividad agropecuaria en nuestro país.

Gráfica 2

**Volúmenes de agua concesionados para usos fuera del cuerpo de agua**

porcentaje acumulado a diciembre de 2002



Fuente: Gerencia del Registro Público de Derechos de Agua, SGAA, CNA.

## Situación de la actividad agropecuaria

Se estima que 13% del territorio nacional es apto para la agricultura debido a que más de la mitad del país presenta problemas significativos de degradación del suelo, además de que la orografía es muy accidentada. La superficie de riego no rebasa los cinco millones de hectáreas pese a que se cultivan alrededor de 20 millones de hectáreas (Vélez, 2003).

En el año 2000 la actividad agropecuaria absorbió 15.85% de la población ocupada, pero apenas contribuyó con 4.08% al PIB total. Por trabajador agrícola se calcula que el valor de la producción agropecuaria en el 2001 fue de 3 758 dólares, la que comparada con los 67 871 dólares por trabajador de Estados Unidos, resulta ser muy baja (Quintana, 2002). Por esta razón se han creado programas de subsidios que pretenden impulsar al campo hacia mayores niveles de producción. Sin embargo, gran parte de estos subsidios generan distorsiones económicas que provocan que los esfuerzos productivos se repartan de manera ineficiente.<sup>1</sup> Además se refuerzan las diferencias socioeconómicas existentes porque se beneficia a algunos productores de unas cuantas regiones de manera desproporcionada mientras en el extremo opuesto hay 1 779 006 jornaleros y peones que en su gran mayoría carecen de tierras y de apoyos gubernamentales.<sup>2</sup> Uno de estos subsidios es el de la tarifa eléctrica, dirigido por ley a servicios que utilicen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas y al alumbrado local donde se encuentre instalado el equipo de bombeo.

## Cifras referentes al subsidio de la tarifa 09

En promedio, el costo de producir electricidad en México es de 63 centavos por kilowatt-hora (kw/h) y el costo de transmisión es en promedio 81 centavos por kwh. La tarifa promedio en el 2002 fue de 30 centavos por kwh; en el 2004, la tarifa promedio fue de 39 centavos por kwh (véase tabla 4). En el 2004 hubo cerca de 105 mil usuarios beneficiados por la tarifa 09, de los cuales, 43% no tiene concesión expedida por la CNA para extracción de agua y 57% restante sí. Entre todos reciben un subsidio anual de 7 327 millones de pesos (véase tabla 5).

<sup>1</sup> Entre los casos más visibles documentados por Vélez (2003) están: los maiceros de la costa de Sinaloa y algunos municipios de Jalisco; los trigueros de los valles del Yaqui y Mayo en Sonora y en la periferia de Mexicali, Baja California; y los sorgueros del valle de San Fernando en Tamaulipas.

<sup>2</sup> Datos tomados de la Encuesta Agropecuaria, realizada por el INEGI en 2000.

Tabla 3  
**Estadísticas del sector agrícola**  
 2004

Tarifa	Usuarios	Ventas (mwh)	Productos (Miles de \$)	Precios medios (\$/kwh)
Tarifas 9 y 9M	27 563	1 486 901	708 166	0.476
9	10 367	51 876	21 408	0.413
9M	17 196	1 435 025	686 758	0.479
Tarifas 9-CU y 9-N	77 180	5 480 915	2 026 843	0.370
9-CU	54 236	3 275 225	1 269 980	0.388
9-N	22 944	2 205 690	756 863	0.343
Total sector	104 743	6 967 816	2 735 009	0.393

Cifras observadas a diciembre.

Fuente: CFE, página web, 2005.

Tabla 4  
**Tarifas de energía eléctrica**

Tarifa	Rangos de consumo (kwh/mes)	Cargo por energía consumida (\$/kwh)	
		Agosto 05	Diciembre 06*
9	1a 5000	0.553	0.759
	5001 a 15000	0.613	0.843
	15001 a 35000	0.672	0.922
	35001 a +	0.736	1.011
9M	1a 5000	0.553	0.759
	5001 a 15000	0.621	0.852
	15001 a 35000	0.677	0.931
9-CU	35001 a +	0.741	1.017
	Único	0.340	0.360
9-N	Periodo diurno	0.340	0.360
	Periodo nocturno	0.170	0.180

\* Considera la política tarifaria vigente (desliz mensual de 2.0%).

Nota: Las Tarifas de Estímulo para Bombeo de Agua para Riego Agrícola 9-CU y 9-N, consideran los cargos por energía consumida autorizados.

Cabe señalar además que el subsidio a la tarifa eléctrica de bombeo agrícola es inequitativo en tanto que hay 33 usuarios que reciben un subsidio mayor a 500 000 pesos anuales y en el otro extremo hay más de 17 000 usuarios que reciben menos de 500 pesos al año. El coeficiente de Gini considerando a todos los usuarios de tarifa 09 es de 0.91 (véase gráfica 3).

Tabla 5  
**Subsidio desglosado por tarifa**

Tarifa	Productos (millones de pesos)	Precios medios (\$/kwh)	Costo por generación (millones de pesos) <sup>a</sup>	Costo por transmisión (millones de pesos) <sup>b</sup>	Subsidio por generación (millones de pesos)	Subsidio total (millones de pesos)
Tarifas 9 y 9M	708	0.476	937	1210	229	1439
9	21	0.413	33	42	11	54
9M	687	0.479	904	1168	217	1385
Tarifas 9-CU y 9-N	2027	0.37	3453	4461	1426	5888
9-CU	1270	0.388	2063	2666	793	3459
9-N	757	0.343	1390	1795	633	2428
Total sector	2735	0.393	4390	5672	1655	7327

Fuente: SHCP, Dirección de Política Tarifaria de los sectores Eléctrico y Transportes, cotejado con datos de la CFE.

<sup>a</sup>Cálculo propio derivado de que el costo promedio es de 63 centavos por kwh.

<sup>b</sup>Cálculo propio derivado de que el costo promedio es de 81 centavos por kwh.

Tabla 6  
**Subsidios y relación precio/costo**  
 2004

Tarifa	Subsidios (millones de pesos)	Relación P/C
9 y 9M	1490	0.32
9-CU y 9-N	5836	0.26
Total sector	7326	0.27

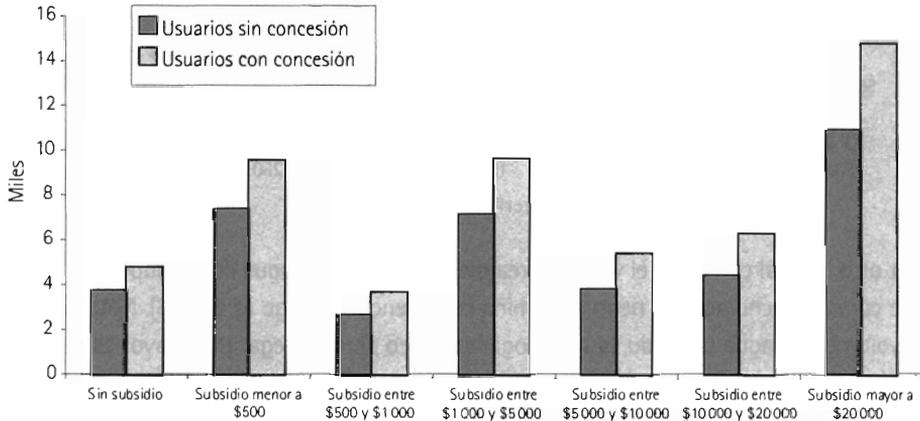
Fuente: SHCP, Dirección de Política Tarifaria de los sectores Eléctrico y Transportes.

### Uso de la concesión de CNA

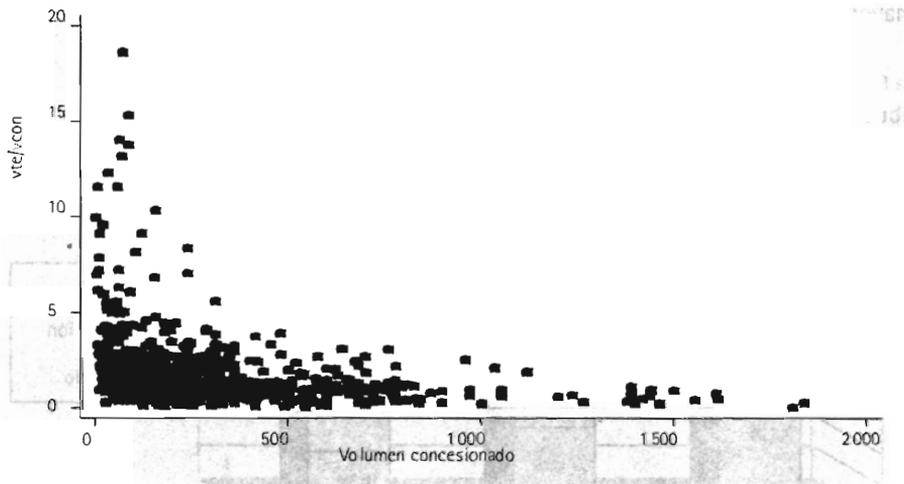
Las cifras relativas al consumo de agua muestran que el volumen total extraído excede al volumen concesionado en 80% de los casos. Conforme la concesión es mayor, es más probable que el usuario se exceda menos de su concesión o bien que consuma por debajo de ella. En la gráfica 4 se presenta en el eje vertical la razón de volumen extraído entre el volumen concesionado y en el eje horizontal el volumen concesionado. Si el volumen extraído fuera igual al volumen concesionado los puntos formarían una línea horizontal al nivel del uno. Sin embargo, lo que se observa es que entre menos volumen concesionado tiene un usuario, es más probable que se pase de su concesión. Aquellos usuarios con mayores concesiones la respetan más. Hay dos probables explicaciones: a) que entre mayor es la concesión, es posible que el agua del acuífero no alcance para surtir esa cantidad, debido a la sobreexplotación, y b) que las concesiones más grandes tengan un mejor monitoreo por parte de la autoridad para hacer respetar la concesión.

Dado que generalmente las concesiones no se respetan, el volumen concesionado de m<sup>3</sup> anuales no determina la superficie agrícola dominada como puede verse en la gráfica 5, donde se hace una diferenciación por tipo de tecnología de riego.

Gráfica 3  
**Distribución del subsidio**  
 número de usuarios



Gráfica 4  
**Razón volumen extraído-volumen concesionado**

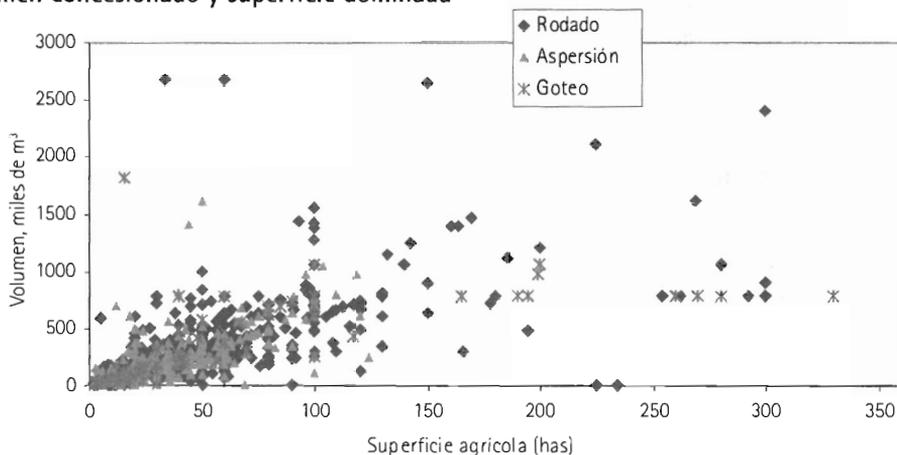


Nota: Vte/vcon es la razón volumen extraído total-volumen concesionado.

Fuente: A partir de cálculos realizados por DEE-M-DGIEPA con información del Programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica.

Gráfica 5

**Volumen concesionado y superficie dominada**

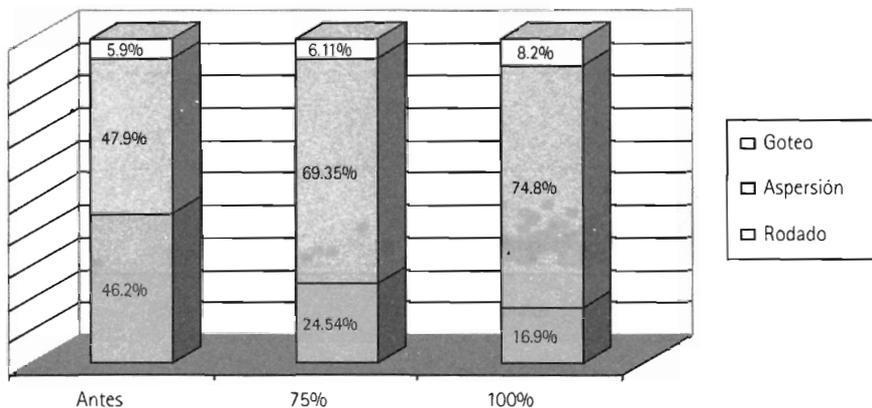


Por otro lado, al comparar el volumen realmente utilizado de agua con la superficie agrícola, es evidente cómo la tecnología de riego determina la eficiencia de riego (gráfica 6). Nótese que, con el mismo volumen de agua utilizado, la tecnología de goteo permite regar una mayor superficie que la tecnología de riego rodado.

En resumidas cuentas, las consecuencias específicas de la aplicación de este subsidio son que los bajos precios de electricidad provocan en el muy corto plazo el desperdicio de agua y la falsa rentabilidad de ciertos cultivos y a largo plazo la no elección de mejores tecnologías y en el agregado una mayor extracción del recurso

Gráfica 6

**Distribución de tecnologías de riego**



## Alternativas de política

A partir del estudio econométrico que se detalla en el anexo 1, se observa que cuando el precio implícito del agua aumenta 100%, la extracción de agua disminuye 15%. Este resultado es significativo en términos del impacto en la explotación de los acuíferos. Por otro lado, los resultados que aquí se presentan omiten cuantificar los beneficios derivados del uso más eficiente de la energía eléctrica. En otras palabras, el aumento del precio de la tarifa 09 tendría los siguientes efectos: incentiva ligeramente hacia cultivos menos intensivos en agua y hacia una reconversión tecnológica con sistemas de riego y bombeo más eficientes, disminuye el consumo del agua, disminuye el consumo de energía eléctrica y al mejorar la eficiencia, el nivel de productividad de la actividad agropecuaria aumenta. A continuación se presentan en términos generales algunas opciones para hacer la reingeniería del subsidio.

### Se hace la reingeniería del subsidio en los acuíferos sobreexplotados

Como una alternativa para enviar las señales adecuadas, la reingeniería del subsidio puede aplicarse en aquellos sitios donde se extrae agua de acuíferos sobreexplotados. Esta gradualidad geográfica permitiría que el sector se adapte poco a poco a la medida. Aproximadamente 30% de los usuarios se ubica sobre acuíferos sobreexplotados.<sup>3</sup>

### El subsidio promedio se reintegra a todos los usuarios

Esta medida sería muy benéfica para los pequeños usuarios de tarifa de bombeo agrícola mientras que perjudicaría a los grandes productores. Cabe señalar que los grupos de interés más poderosos suelen tener grandes extensiones de terreno, mayores concesiones y mayor consumo de electricidad. En este caso, el monto a pagar a cada uno de los usuarios sería de 5 899 pesos al mes para los usuarios que tienen concesión y 5 738 pesos al mes para los usuarios que no tienen concesión.

Tabla 7

### Subsidio promedio que recibe cada usuario de tarifa 09

	Número de usuarios	Subsidio promedio (pesos al año)	Monto anual total del subsidio (millones de pesos)	Número de usuarios que reciben un subsidio anual por arriba del promedio	Número de usuarios que reciben un subsidio anual por abajo del promedio
Usuarios con concesión	59 361	70 793	4 202	18 078	41 037
Usuarios sin concesión	45 382	68 842	3 124	12 052	33 576
Total	104 743		7 327	30 130	74 613

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE de 2003 y cotejados con datos de la SHCP de 2004.

<sup>3</sup> A partir de la muestra de unidades de riego que fueron encuestados, 30% se ubica sobre acuíferos sobreexplotados. Sería necesario georreferenciar la base de datos de CFE para saber quiénes se ubican sobre acuíferos sobreexplotados y quiénes no.

El mecanismo legal para la entrega del apoyo en forma de cheque puede darse mediante los CADERS que podrán entregar el dinero en cheque y/o través de financiamiento para la compra de insumos agrícolas y para la mejora tecnológica del equipo de riego.

#### El subsidio se reintegra según los montos históricos

De esta manera se mantiene el beneficio actual, pero se transparenta el subsidio. Con base en el consumo de 2002 y 2003 puede obtenerse el subsidio promedio que cada usuario ha recibido y entonces reintegrarle el mismo monto. En este caso los grandes productores no tendrían una disminución de sus ingresos y se deja de incentivar el desperdicio del agua.

#### El subsidio se reintegra a los usuarios que tengan concesión

Esta medida tendría el efecto de incentivar un uso más eficiente del agua y la electricidad pero también podría llegar a generar un mercado de concesiones a la vez que incentiva la regularización de los usuarios de agua subterránea que no cuentan con título de concesión.

Probablemente sea difícil contar con una aceptación generalizada de la medida. Es necesario evaluar la factibilidad técnica y política, los costos involucrados y compararlos con las ganancias en términos de regularización de títulos de concesión y con los beneficios de un uso más eficiente del agua.

Tabla 8

#### Subsidio que recibiría cada usuario si se reparte el subsidio total entre usuarios con concesión

	Número de usuarios	Subsidio promedio (pesos al año)	Monto anual total del subsidio (millones de pesos)
Usuarios con concesión	59 361	123 423	7 327
Usuarios sin concesión	45 382	0	0
Total	104 743		7 327

Fuente: Elaboración propia con datos de la CFE de 2003 y cotejados con datos de la SHCP de 2004.

#### El subsidio se reintegra como un pago por hectárea

El subsidio puede reintegrarse según las hectáreas cultivadas que posea cada productor, de la misma forma que se hace en Procampo. Al igual que con las alternativas anteriores, pueden considerarse a todos los usuarios o solamente a aquellos con concesión. No se recomienda hacer el pago por tipo de cultivo porque se generarían aun mayores distorsiones (podría incidir en las decisiones de producción de los ciclos siguientes), facilitaría la comisión de fraudes y además

requeriría mayores recursos para monitoreo y administración. No obstante, con fines de mostrar la variación en la cantidad de subsidio que reciben los diferentes productos agrícolas, se incluye una tabla en el anexo 2, donde se muestra el subsidio promedio que actualmente reciben algunos cultivos.

Si se reintegra el pago por hectárea con base en la superficie irrigada en el 2001 y 2002, en promedio el pago sería el que se muestra en la tabla 9.

En cuanto a la distribución del subsidio, esta propuesta beneficiaría a los que cultivan de manera más eficiente o tienen cultivos que requieren poca agua, mientras que afectaría sobre todo a quienes poseen cultivos intensivos en agua y son ineficientes en su consumo. Aunque es más equitativo que las propuestas anteriores, tiene el inconveniente de requerir un padrón de todos los usuarios y las respectivas superficies cultivadas.

Tabla 9

**Subsidio por hectárea**

Pesos	Se desacopla el subsidio a la generación (\$0.63 por kwh)	Se desacopla el subsidio a la generación y a la transmisión (\$1.40 por kwh)
Pago mensual	45	173
Pago anual	578	2 077

Fuente: Proyecto "Elementos para el Análisis Económico del Subsidio Agrícola", INE-DGIPEA.

En síntesis, la alternativa de reintegrar el consumo histórico tiene la ventaja de ser administrativamente viable, pues se basaría en los recibos de consumo existentes, además de ser menos polémica pues conserva el *statu quo* en cuanto a la distribución actual del subsidio. Vale la pena, sin embargo, explorar con los actores relevantes si es posible sortear los obstáculos administrativos y políticos que implicarían reintegrar el subsidio con base en el número de hectáreas para cultivo. Como alternativa adicional podría intentarse la instrumentación de la medida de manera gradual, comenzando con los usuarios que extraen agua de acuíferos sobreexplotados.

De manera muy general, se esquematiza en el cuadro 1 el procedimiento para establecer o modificar tarifas eléctricas. La estrategia deberá considerar la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica que establece que la SHCP, con la participación de la SENER y la SE, y a propuesta de la CFE, fijará las tarifas, su ajuste o reestructuración, de manera que tienda a cubrir las necesidades financieras y de ampliación del servicio público, así como el racional consumo de energía.

Cuadro 1

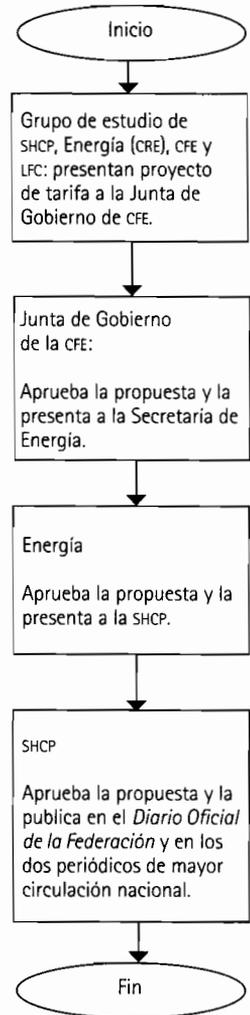
**Procedimiento para establecer o modificar tarifas eléctricas y convertir el subsidio en apoyos directos**

Los siguientes pasos deben realizarse para cualquiera de las opciones de reingeniería del subsidio. En caso de que la aplicación se limite a los acuíferos más críticos, sólo debe incluirse la posibilidad de diferenciación regional en los apartados correspondientes.

Cada uno de los pasos debe darse de forma simultánea.

Por razones técnicas y de factibilidad política, el monto del nuevo subsidio tiene que provenir de los ingresos futuros proyectados por CFE.

1. Elevar las tarifas eléctricas de bombeo agrícola.
  - a. Seguir el proceso administrativo para redefinir las tarifas, involucrando a SHCP, Secretaría de Energía (su Comisión Reguladora de Energía), CFE y CLYFC.
  - b. El otorgar los apoyos de forma directa y no en la tarifa es una interpretación posible dentro de la Ley de Energía para el Campo. Si mediante consultas se percibe mucha polémica al respecto, en el anexo 1 se incluye una propuesta de redacción que haga más explícita esta posibilidad.
2. Incluir en el Presupuesto de Egresos de la Federación en nuevo programa de apoyos directos.
  - a. Definir dentro del presupuesto el monto a asignar dentro del programa.
  - b. Elaborar reglas de operación en conjunto con las agencias que instrumentarán el nuevo programa (Sagarpa-CNA).



Fuente: Análisis de Jaime Sainz Santamaría, subdirector de Investigación y Análisis Institucional, Instituto Nacional de Ecología.

## Modelación del volumen total extraído (VTE)

A fin de analizar de manera congruente el comportamiento de los campesinos en México se plantea un modelo econométrico donde se incluyeron de manera directa o mediante proxys las variables ennumeradas arriba. La especificación del modelo es:

$$\ln(VTE) = \beta_1 \ln(\text{precio}) + \beta_2(\text{precipitación}) + \beta_3(\text{temperatura}) + \beta_4(\text{tipo de suelo}) + \beta_5(\text{tipo de cultivo}) + \beta_6(\text{superficie agrícola}) + \beta_7(\text{número de usuarios}) + \beta_8(\text{sobreexplotación del acuífero}) + \beta_9(\text{distancia a ciudad o pueblo más cercano}) + \beta$$

Este primer modelo tiene el objetivo de medir el impacto o la elasticidad precio de la demanda por agua de riego considerando el precio implícito del agua que se describe con anterioridad.

En la tabla 10 se presentan las variables consideradas, la fuente y unidades de medida de cada una.

Tabla 10

### Variables consideradas

Variable	Unidad de medida	Fuente
Volumen total extraído (VTE)	m <sup>3</sup> al año	Aforo en campo, encuesta realizada por Colegio de Posgraduados
VTE neto	m <sup>3</sup> al año	VTE menos agua que se recicla de acuerdo al tipo de tecnología de riego que se utiliza. VTEN = VTE *.50 si rodado VTE *.90 si aspersión VTE *.95 si goteo*
VTE menos evapotranspiración	m <sup>3</sup> al año	VTE-ET= VTE *(1-.50) si rodado VTE *(1-.20) si aspersión VTE *(1-.05) si goteo*
Precio implícito del agua	\$ por m <sup>3</sup>	Recibos de pago de CFE y VTE mediante aforo en campo
Precipitación	Mm <sup>3</sup>	Promedio anual de los últimos 10 años (fuente CNA)
Diferencia entre precipitación máxima y mínima	Mm <sup>3</sup>	Promedio de la diferencia entre valores extremos a fin de percibir el impacto de una gran varianza
Temperatura	Grados centígrados	Promedio anual de los últimos diez años (fuente INEGI)
Tipo de suelo	Alisol, andosol, arenosol, calcisol, cambisol, feozem, kastañozem, leptosol, luvisol, regosol, solonchak, solonetz, vertisol (se hizo una dummy para todos, excepto uno)	Cobertura edafológica, INEGI

Tabla 10 (continuación)

Variable	Unidad de medida	Fuente
Tipo de cultivo	Granos = 1 Hortalizas = 2 Frutas = 3 Forraje = 4	División arbitraria, elaboración propia
Granos	Dummy = 1 si el cultivo es grano = 0 si no	División arbitraria, elaboración propia
Hortalizas	Dummy = 1 si el cultivo es hortaliza = 0 si no	División arbitraria, elaboración propia
Frutas	Dummy = 1 si el cultivo es fruta = 0 si no	División arbitraria, elaboración propia
Forrajes	Dummy = 1 si el cultivo es forraje = 0 si no	División arbitraria, elaboración propia
Quintiles de cultivos	(1 al 5) 1 = menor requerimiento de riego, 5 = mayor requerimiento de riego	División de acuerdo con el requerimiento de riego para el cultivo en cuestión, considerando el clima de la zona
Tecnología de riego	Rodado = 0 Aspersión = 1 Goteo = 2	Rodado incluye canal revestido y canal de tierra, goteo también incluye microaspersión (que sólo es 3% de la muestra)
Superficie agrícola	ha	Número de hectáreas susceptibles de ser regadas
Usuarios	Número de usuarios	Usuarios de un mismo pozo registrado ante CFE
Distancia a comunidad de más de 10000 habitantes. (Proxy de acceso a mercados)	Km	Sirve como Proxy de acceso a mercados
Distancia a comunidad de más de 100000 habitantes. (Proxy de acceso a mercados)	Km	Sirve como Proxy de acceso a mercados
Razón extracción recarga	M <sup>3</sup> por segundo	Valores de extracción y recarga de acuíferos publicados por CNA
Acuíferos sobreexplotados	Dummy = 1 si el acuífero que subyace el pozo tiene una extracción mayor a la recarga = 0 si no	Si la razón extracción/recarga es mayor a uno, entonces la dummy es uno

\*Según estudio elaborado por Douglas Olson, World Bank.

Se hicieron diversas pruebas y se eliminaron las variables que no resultaban relevantes (significativas) para el análisis. Los resultados se presentan en la tabla 11.

Tabla 11

**Resultados de regresiones de modelo lineal**

Variable	Unidad de medida	1 Coeficiente	P > 0	2 Coeficiente	P > 0	3 Coeficiente	P > 0	4 Coeficiente	P > 0
Logaritmo VTE	ln m <sup>3</sup>								
Logaritmo precio sombra del agua	ln \$/m <sup>3</sup>	-0.153 (0.032)	0	-0.160 (0.032)	0	-0.190 (0.0311)	0	-0.190 (0.0314)	0
Distancia a la localidad de 10 000 habitantes más cercana	Km	3.57E-06 (9. e-07)	0	3.57E-06 (9. e-07)	0	3.12E-06 (8.8 e-07)	0	2.76E-06 (9.8 e-07)	0
Razón recarga/extracción del acuífero	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	-0.0168 (0.0046)	0	-0.0168 (0.0046)	0	-0.0316 (0.0048)	0	-0.0230 (0.0046)	0
Tipo de tecnología de riego	0-rodado, 1-aspersión, 2-goteo	-0.2540 (0.047)	0	-0.2540 (0.047)	0		0		0
Superficie dominada (susceptible de ser regada)	Ha	0.0107 (0.00116)	0	0.0107 (0.00116)	0	0.0111 (0.00117)	0	0.0107 (0.00117)	0
Quintil correspondiente al cultivo	(1-5).1 menor requerimiento de riego, 5 mayor requerimiento	0.0622 (0.179)	0		0		0	0.0622 (0.0032)	0
Número de usuarios	Número de usuarios	0.0026 (0.0035)	0.043	0.0026 (0.0035)	0.043	0.0028 (0.0035)	0.0421	0.0032 (0.0035)	0.043
Forraje	Dummy = 1 si el cultivo es forraje					0.3495 (0.068)			
Precipitación	Mm <sup>3</sup>	-0.0037 (0.00114)	0.001	-0.0037 (0.00114)	0.001	-0.0040 (0.00117)	0.001	-0.0046 (0.00114)	0.001
Constante (ordenada al origen)		4.9039 (0.1377)	0	4.9039 (0.1377)	0	4.5115 (0.130)	0	4.5853 (0.137)	0
R2		0.49		0.49		0.49		0.48	

Nota: Todas las variables resultaron significativas 95%; entre paréntesis se muestran los errores estándar.

**Resultados**

- Dada la naturaleza de la ecuación, el primer coeficiente es la elasticidad precio (cambio porcentual en la cantidad demandada ante cambio de uno por ciento en el precio). Esta elasticidad es de corto plazo, pues se estima suponiendo que no cambia la tecnología disponible ni el cultivo que se riega. Así, el resultado de 0.15 indica que un incremento de

- 100% en el precio provoca el consumo de agua sea 15% menor que el consumo previo al incremento en precios (regresión 1).
- Cuando se permite variar el cultivo pero no la tecnología de riego, decisión que pudiera llamarse de mediano plazo, entonces la elasticidad es de 0.16 (regresión 2).
  - En el largo plazo, cuando se puede variar tanto la tecnología de riego, como el tipo de cultivo entonces la elasticidad es de  $-0.19$ . Ante un aumento de 100% en el precio del agua, se dejará de consumir 19% del consumo actual (regresiones 3 y 4).
  - La diferencia entre la regresión 3 y la regresión 4 es la manera de controlar por cultivo. La intención en ambas es identificar cómo afecta el requerimiento de agua por cultivo en el consumo total. Como parece lógico, se obtuvo una relación positiva en ambos casos. En la regresión 3, se incluye una variable dicotómica para identificar el forraje, el cual necesita mayor cantidad de agua para su cultivo. En cambio, la regresión 4 incluye como variable explicativa el quintil de requerimiento de agua al que pertenece cada cultivo.
  - Algunas otras variables resultan significativas: cuando aumenta la distancia a mercados resulta que se extrae ligeramente más agua. Quizá se deba a que es necesario una mayor inversión en el producto, en términos de lámina requerida, para que llegue bien a su destino. Sinceramente no podemos concluir con certeza a qué se debe este resultado.
  - Por otro lado, entre más sobreexplotado está el acuífero que subyace el pozo, se extrae más agua. Esta variable se explica porque los usuarios de estos acuíferos tienen una tendencia de extracción que data de muchos años. Su extracción siempre ha sido abundante y dado que en el corto plazo no perciben ningún perjuicio, siguen ocupando agua igual que antes. Por otro lado, también puede ser que se trata de una consecuencia de bien público; es un equilibrio en el que se sabe que el agua ya es muy escasa y por lo tanto hay que extraer lo más posible antes de que se agote el recurso.
  - Como se esperaba, conforme mejora la tecnología que se emplea, se extrae menos agua. La tecnología de goteo es más eficiente que la de aspersión y ambas mejores que el riego rodado.
  - Conforme aumenta la superficie dominada, como es de esperarse, es mayor el volumen de agua que se extrae del subsuelo.
  - Además, entre más usuarios tenga un mismo pozo entonces es un poco más el volumen de agua que se extrae. Esta conclusión concuerda con las hipótesis de tragedia de los comunes, donde entre más grande es el grupo, hay posibilidades de gorriones. También se ha visto que comunidades bien organizadas pueden funcionar mejor que individuos aislados, sin embargo, debe ser el caso que en términos generales, las unidades de riego no tienen reglas claras para castigar a los que desperdician.
  - Como es de esperarse, entre más precipitación haya en el lugar, es menor el agua que se extrae.

- En este caso en particular, dado que el cambio en precio incide vía el cobro en energía eléctrica, una menor extracción de agua implica un menor uso del equipo de bombeo y por lo tanto un menor consumo de energía.

La hipótesis principal de este documento es que el volumen extraído (demanda por agua) disminuye si aumenta el precio del agua. En efecto, podemos concluir que ante aumentos de 100% en el precio del agua, la cantidad disminuye en 15% en el corto plazo, 16% en el mediano y 19% en el largo plazo. Estos hallazgos son similares en magnitud con lo que otros estudios han encontrado. En la tabla 12 se presentan los resultados (elasticidades) de otros estudios.

Tabla 12

**Elasticidad precio en la literatura**

Autores	Descripción	Decisión del agente	Elasticidad*
Howitt <i>et al.</i> (1980)	Demanda por agua de riego en estados del oeste de E. U. (programación)	Puede elegir cambio en cultivo	-1
Ogg y Gollehon (1989)	Demanda por agua en el oeste de E. U. por regiones climáticas**	Puede elegir cambio tecnológico, mejoramiento administrativo, cambio de cultivos o la aplicación de menos agua por hectárea	Todas las regiones: --0.26 Baja: -0.34 Media: -0.22 Alta: -0.24
Hooker y Alexander (1998)	Demanda por agua de riego en el valle central de California**	Puede elegir entre tres cultivos y cuatro tecnologías de riego	Precios bajos: -0.12 Precios altos: -12
Just, Zilberman, Hochman	Estimación de funciones de producción multicultivo en Israel	Puede elegir cambio de cultivo y tecnología	Tomate: -0.037 Melón: -0.0049 Cebolla: -0.05
Sauer (2004)	Estimación demanda agrícola de agua en el este de Alemania	Puede elegir cambio en cultivos	-0.09
INE-DGIPEA (2004)	Demanda de agua en unidades de riego a nivel nacional con datos de 2001 y 2002	Se permite incorporar efectos de mediano plazo permitiendo la variación en el cultivo seleccionado y el tipo de tecnología utilizada	-0.16

\* Todas las estimaciones son de corto plazo.

\*\* Las regiones se definieron con base en el requerimiento consuntivo de irrigación (CIR, por sus siglas en inglés). Este requerimiento se calculó para cada cultivo tomando como cultivo de referencia la alfalfa.99

\*\*\* El ejemplo se refiere al tomate.

**Modelación de la tecnología de riego**

Una vez estudiado el efecto de un aumento en el precio del agua sobre el volumen total extraído, se hace este modelo para predecir el impacto en el tipo de tecnología de riego. Las diversas tecnologías de riego se agruparon en tres conjuntos, cada uno determinado por su eficiencia: categoría 1: riego

rodado (la tecnología más ineficiente); categoría 2: riego por aspersión; categoría 3: riego por goteo (la tecnología más eficiente). Con esta agrupación de tecnologías se estima un modelo probabilístico ordenado bajo la siguiente especificación,

$$y_i^* = \beta'x_i + \varepsilon_i \sim \text{Gompertz}(\varepsilon_i|\theta), E[\varepsilon_i] = 0, \text{Var}[\varepsilon_i] = \sigma^2$$

en donde  $\beta'$  es el vector columna de parámetros estimados contenidos en la tabla 4 y asociados a las variables correspondientes. La distribución del término estocástico se asumió como *Extreme Value*<sup>4</sup> en su versión Gompertz porque la distribución del término estocástico del tipo de tecnologías no se distribuye normalmente, sino que tiene una forma más sesgada hacia un lado, este supuesto mejoró significativamente el poder predictivo del modelo comparado con la especificación del logit o probit que asume una distribución normal.

Tabla 13

**Modelo de opción de tecnología**

Variable	Unidad de medida	Coefficiente estimado
Precio sombra del agua	Pesos por m <sup>3</sup>	24.699 (2.507)*
Relación extracción a recarga del acuífero	m <sup>3</sup> por segundo	-3.154 (0.254)*
Índice de marginación	Conapo (-2.5 muy marginados 2.5 no marginados)	1.052 (0.181)*
Productividad del agua	Pesos por m <sup>3</sup>	1.056 (0.151)*
Productividad de la tierra	Toneladas por ha	-0.146 (0.013)*
Volumen total extraído (vTE)	m <sup>3</sup> anuales	-0.004 (0.000)*
Usuarios	Número de usuarios	-0.0490 (0.008)*
Utilidad neta de la tierra	Pesos por ha	0.0030 (0.000)*
Superficie dominada	ha	-0.019 (0.003)*
Parámetro ancilar		19.489 (1.925)*

\* Es significativo al 5%.

Los errores estándar se muestran entre paréntesis.

<sup>4</sup> No sabemos con precisión el impacto en acuíferos porque el modelo se hizo con base en el costo promedio de 33 centavos. Un aumento de 325% en el precio arroja resultados que van más allá de las predicciones aceptables para escenarios de cambio en el precio.

En la siguiente gráfica se compara el escenario actual de distribución de tipos de tecnología de riego con la predicción del modelo cuando aumenta el precio del agua 100%. Es importante señalar que en este modelo no se especifican restricciones de tierra o de liquidez, sino sólo modificaciones en las probabilidades. En ocasiones se predice que productores de maíz utilizarán aspersión lo que es casi inverosímil, pues los productores de maíz no utilizan aspersión.

El aumento en el precio sombra del agua tiene un impacto significativo en el tipo de tecnología de riego. Es evidente que los mayores cambios se dan en las opciones 1 (rodado) y 2 (aspersión). La tecnología de riego rodado, también considerada la más ineficiente, reduce su proporción en 29.3%, mientras que la opción de aspersión cuyo rango de eficiencia se encuentra entre 70 y 75% aumenta 27%. La eficiencia tecnológica redundante en un menor uso de agua pero en ocasiones también en una mayor extensión de la superficie sembrada.

Es importante señalar, que para el objetivo de política que nos ocupa (disminuir la sobreexplotación de acuíferos), es necesario considerar la extracción neta. Según Olson, hidrólogo del Banco Mundial, la extracción neta es la resta entre lo que se extrae y lo que se filtra al subsuelo (se recicla). Olson dice que el reciclaje del riego rodado es mayor que el reciclaje del sistema de aspersión y que el sistema de goteo como se indica en la tabla 14.

Tabla 14

**Extracción neta por tecnología de riego**

Tecnología	Evapotranspiración (extracción que se pierde y no lo aprovecha la planta, pero tampoco se filtra al subsuelo) (%)	Reciclaje extracción que se filtra al subsuelo y por lo tanto regresa al acuífero) (%)	Extracción Neta {100% extraído – % que se recicla}
Rodado	20	50	50
Aspersión	30	10	90
Goteo	5	5	95

Fuente: Douglas Olson, Consultor Banco Mundial, 2005.

Para estudiar el impacto neto sobre los acuíferos se especificó el siguiente modelo:

$$\ln(VTE-net) = \beta_1 \ln(\text{precio}) + \beta_2(\text{precipitación}) + \beta_3(\text{temperatura}) + \beta_4(\text{tipo de suelo}) + \beta_5(\text{tipo de cultivo}) + \beta_6(\text{superficie agrícola}) + \beta_7(\text{número de usuarios}) + \beta_8(\text{sobreexplotación del acuífero}) + \beta_9(\text{distancia a ciudad o pueblo más cercano}) + \epsilon$$

Donde se pretende explicar qué determina la extracción neta y cómo responde ante cambios en el precio implícito del agua. El resultado de esta regresión es casi idéntico al resultado del modelo que explica el volumen total extraído (VTE).

Tabla 15

**Comparativo de modelo de VTE y VTE neto**

Variable	Unidad de medida	Coefficiente VTE neto	Coefficiente VTE
Logaritmo VTE/ Logaritmo VTE neto	ln m <sup>3</sup>		
Logaritmo precio sombra del agua	ln \$/m <sup>3</sup>	-0.153	-0.150
Distancia a la localidad de 10 000 habitantes más cercana	Km	3.57E-06	3.43E-06
Razón recarga/extracción del acuífero	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	-0.0168	-0.017
Tipo de tecnología de riego	0-rodado, 1-aspersión, 2-goteo	-0.2540	-0.1164
Superficie dominada (susceptible de ser regada)	Ha	0.0107	0.011
Quintil correspondiente al cultivo	{1-5} 1 menor requerimiento de riego, 5 mayor requerimiento	0.0622	0.1003
Número de usuarios	Número de usuarios	0.0026	0.001
Tipo de cultivo	1-granos, 2-frutas, 3-hortalizas, 4-forraje		
Precipitación	mm <sup>3</sup>	-0.0037	-0.0037
Constante (ordenada al origen)		4.9039	3.804
R2		0.49	0.41

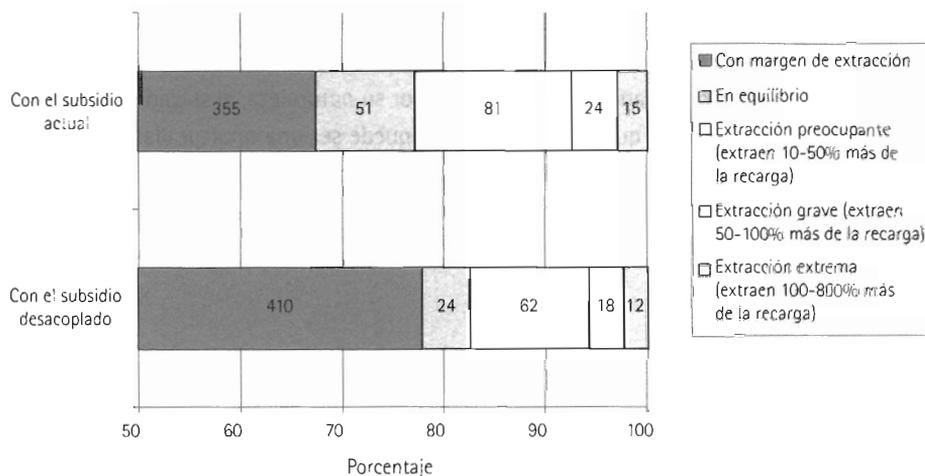
En otras palabras, la respuesta ante cambios en el precio es casi idéntica. Sin embargo, el impacto en los acuíferos debe incorporar el agua que se filtra al subsuelo y que por lo tanto, no representa una extracción. •

**Resultado en los acuíferos**

Desacoplar el subsidio de la electricidad para bombeo agrícola por concepto de generación y mantener el subsidio por transmisión equivale a aumentar la tarifa promedio hasta \$0.63, entonces habría una disminución de 15% en el consumo de agua. Esto equivale a dejar de extraer 2 988 millones de litros de los acuíferos del país, que dejarían de estar sobreexplotados como se muestra en la gráfica 7.

Gráfica 7

### Impacto del desacoplamiento del subsidio a la generación en los acuíferos



Fuente: Elaboración propia con los datos de extracción y recarga de la CNA, 2002.

Si se hace una reingeniería completa del subsidio a la extracción de agua de los acuíferos y se cobra su costo de generación y transmisión de la electricidad para bombeo, es decir \$1.40 pesos, entonces el beneficio para la recarga de acuíferos sería aún mayor. Por otro lado, todos los acuíferos, aun los que siguen estando con un nivel de extracción extrema, tienen más tiempo de vida útil al efectuarse la reingeniería.

### Conclusiones

Es importante considerar que cuando los subsidios del gobierno dependen del consumo o uso de bienes específicos como sucede con el subsidio a la tarifa de bombeo agrícola (o el subsidio al agua, al diesel, a las tortillas, etc.) se dan los incentivos para desperdiciar y por lo tanto se generan nuevos problemas paralelos para los mismos grupos vulnerables que se pretendía ayudar y para el resto de la sociedad. El deterioro y agotamiento de los acuíferos es perjudicial para quienes sufren ya la salinización de sus tierras y la escasez de agua, pero en el futuro se espera que los problemas relacionados con la subsidencia de tierra, la baja calidad y la escasez del agua se extiendan y afecten las actividades de los hogares, de los sectores productivos y la estabilidad de los ecosistemas.

<sup>5</sup> Para mayor detalle sobre los resultados del modelo utilizado, ver anexo A.

En este caso se plantea la reingeniería del subsidio directo a la tarifa 09 y desacoplarlo hacia un beneficio directo. La extracción de agua del subsuelo disminuiría, pero además hay un beneficio debido al menor uso de energía eléctrica, se incentiva paulatinamente hacia una tecnología de riego más eficiente y al recibir un apoyo directo, el beneficiado podrá utilizarlo como mejor le convenga. El diseño de la política definirá ganadores y perdedores; por su naturaleza, el subsidio actual a la tarifa 09 es regresivo: beneficia más a quien tiene más; ésta puede ser una oportunidad para convertir el subsidio en un apoyo progresivo o bien para promover políticas de mejora tecnológica, aumento de la productividad o simplemente evitar el incentivo perverso a utilizar más agua y electricidad de las necesarias.

## Bibliografía

- Becerra, M. et al., 2005, "Los conflictos por agua en México", *Gestión y Política Pública*, segundo semestre, en prensa.
- Burke, J. J., 2002, "Groundwater for Irrigation: Productivity Gains and the Need to Manage Hydroenvironmental Risk", en R. Llamas y E. Custodio (eds.), *Intensive use of Groundwater Challenges and Opportunities*, Abingdon, U. K., Balkema, p. 478.
- Burke, J. J., 2000, *Land and Water Systems: Managing the Hydrologic Risk*, Nat. Res. For., núm. 24, pp. 123-136.
- Comisión Nacional del Agua (CNA), 2004, *Estadísticas del agua en México*, México, Semarnat.
- Dinar, A., D. Olson y R. Cummings, 1996, "New Evaluation Procedures for a New Generation of Water-related Projects", World Bank Technical Paper, núm. 349.
- Esteller, M. V. y C. Diaz-Delgado, 2002, "Environmental Effects of Aquifer Overexploitation: a Case Study in the Highlands of Mexico", *Environmental Management*, vol. 29, núm. 2, pp. 266-278.
- Ezcurra E., et al., 1999, *The Basin of México, Critical Environmental Issues and Sustainability*, United Nations University Press.
- FAO, 2003, *Rethinking the Approach to Groundwater and Food Security*, Water Reports, núm. 21, Roma.
- Heckman, J. y L. Edward, 2001, *Handbook of Economics*, vol. 5, Elsevier Science, Amsterdam, Países Bajos.
- Howitt, R. E., W. D. Watson, y R. M. Adams, 1998, "A Reevaluation of Price Elasticities for Irrigation Water", *Water Resources*, núm. 16, pp. 623-628.
- Just, R. E., D. Zilberman y E. Hochman, 1993, "Estimation of Multicrop Production Functions, American", *Journal of Agricultural Economics*, núm. 65, pp. 770-780.
- Ogg, W. C., y N. R. Gollehon, 1989, "Western Irrigation Response to Pumping Costs: A Water Demand Analysis Using Climatic Regions", *Economic Research Service*, Washington, U. S. Department of Agriculture.
- Price, M., 2002, "Who needs Sustainability?" en K. M. Hiscock, et al. (eds), *Sustainable Groundwater Development*, Geological Society Special Publication, núm. 193, Londres.

- Price, M., 2003, *Agua subterránea*, México, Limusa.
- Quintana, V., 2002, *Porqué el campo mexicano no aguanta más*, UACJ, Cuadernos de Investigación.
- Sadoulet, E., A. de Janvry, y B. Davis, 2001, "Cash Transfer Programs with Income Multipliers: Procampo en Mexico", *World Dev*, vol. 29, núm. 6, pp. 1043-1056.
- Sampal, P., 2000, *Deep Trouble: The Hidden Threat of Groundwater Pollution*, WorldWatch Paper, núm. 154, p. 55.
- Scott, Long J., 1997, *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*, Advanced Quantitative Techniques in the Social Science Series, Sage Publications, California, Thousand Oaks.
- Shah, T., 1994, *Groundwater Markets and Irrigation Development: Political Economy and Practical Policy*, Mumbai, India, Oxford University Press.
- Simmers, I. et al., (eds), 1992, *Selected Papers on Aquifer Overexploitation*, Puerto de la Cruz, Tenerife, abril 15-19, International Association of Hydrogeologists, Heise.
- \_\_\_\_\_, F. Villarroya y L. F. Rebollo, 1992, *Selected Papers on Aquifer Overexploitation*, Hannover, Alemania, Verlag Heinz Heise.
- Velez, F., 2003, *Sector Agropecuario: diagnóstico y perspectivas, cambio institucional: agenda pendiente para las políticas públicas*, México, ITAM.

## Anexo 1. Modelación econométrica

Desde el punto de vista del problema que nos ocupa, el objetivo es reducir el agotamiento de acuíferos. Entre las diferentes opciones de política, en este documento se valora la variación del precio de bombeo agrícola ¿Qué pasa cuando el agricultor enfrenta precios más altos por los m<sup>3</sup> que extrae? Y de manera más precisa: ¿qué pasaría si se eliminara el subsidio a la tarifa 09. Como el agua es gratuita, el único pago que el campesino hace por el agua es el pago a la Comisión Federal de Electricidad (CFE) por concepto de tarifa 09 para bombeo. Desde esta perspectiva, se considera que el *precio implícito del agua* es cuánto se paga (a la CFE, por cierto) por bombear cada metro cúbico de agua.

Coincidentemente la eliminación del subsidio a la generación equivale a aumentar 100% el precio de la energía eléctrica (aumentar de 0.31 a 0.63 el precio del kwh). La hipótesis es que se reduce el volumen total extraído de agua. Para corroborar esta hipótesis y saber de qué tamaño será esta reducción debe modelarse la decisión del agricultor.

En esta sección se modela al agricultor de riego promedio y su comportamiento ante cambios en el precio del bombeo de agua. De entrada se sabe que hay muchos factores que influyen en las decisiones que toma el campesino: hay factores físicos como la temperatura, la precipitación, el tipo de suelo, la pendiente, que se consideran para tomar decisiones del tipo de cultivo, la tecnología de riego, la lámina aplicada, etc. Por otro lado, también hay factores como el acceso a mercados, acceso a crédito, tipo de tenencia de la tierra, cohesión comunitaria, costumbres, subsidios, etc., que también pueden tener una injerencia importante en las decisiones de los agricultores.

La base de datos más completa y confiable con la que contamos es una encuesta realizada en los años 2000 y 2001 por el Colegio de Posgraduados a petición de la Comisión Nacional del Agua a fin de evaluar el posible impacto del Programa de Subsidios para la Mejora de Tecnologías de Riego. Se hizo una submuestra de esta base de datos a fin de tener datos representativos de los agricultores de riego a nivel nacional (ponderado por región climática). La ventaja de contar con esta base de datos es que se conoce con precisión el volumen total extraído, el costo de cada insumo (incluye electricidad de bombeo, mano de obra, inversión en capital, combustibles, etc.), el ingreso de cada agricultor, el monto del subsidio, el impacto de la mejora tecnológica, la lámina efectiva, la lámina requerida, el tipo de cultivo, la producción anual y por temporada y cuántos usuarios hay por pozo.

**Anexo 2. Subsidio promedio que reciben algunos cultivos**

Cultivo	Subsidio a la generación (\$0.61 por kwh)		Subsidio a la generación y a la transmisión (\$1.10 por kwh)	
	Mensual	Anual	Mensual	Anual
Tomatillo	12	145	32	385
Zanahoria	18	216	48	575
Fresa	22	265	59	707
Toronja	23	281	62	749
Avena	37	441	79	943
Frijol	34	408	91	1088
Mandarina	34	410	91	1093
Uva	37	438	97	1169
Papa	37	439	99	1189
Mango	40	485	108	1293
Maíz	32	385	111	1330
Naranjas	43	521	116	1389
Papaya	10	122	116	1389
Tomate	46	551	123	1470
Cebada	47	562	125	1499
Limón	52	620	138	1654
Chile	52	625	139	1665
Jitomate	53	639	142	1705
Cebolla	56	671	149	1789
Caña	65	784	174	2090
Zarzamora	71	847	188	2260
Trigo	73	870	193	2321
Sorgo	79	952	209	2514
Alfalfa	12	1003	329	3952
Chile poblano	97	1163	258	3101
Algodón	99	1184	263	3158
Promedio	45	578	136	1634



**Cuarta sección**  
**Biodiversidad, recursos genéticos**  
**y áreas naturales protegidas**



## Biodiversidad, recursos genéticos y áreas naturales protegidas

*Eckart Boege\* y Víctor Manuel Toledo\*\**

Se estima que en todo el planeta Tierra la economía humana se está apropiando de 25% de toda la *producción primaria* neta (microorganismos, plantas y animales), generada mediante la *fotosíntesis* en la tierra y en el mar.<sup>1</sup> En la parte terrestre esta cifra llega a 40%. Sin embargo, esta capacidad de atrapar la energía solar se reduce por la pérdida masiva de la vegetación y de la biodiversidad. Asimismo, funcionarios del Banco Mundial calculan que a nivel mundial, 45% de los ecosistemas naturales está severamente impactado y ha dejado de ser funcional, por lo que sólo 55% de ellos sostiene los servicios ambientales (de soporte, regulación, de provisión y culturales) para la vida del planeta Tierra. Para el año 2025 esta cifra de 55% habrá disminuido a 30% (Ramos M., 2004). Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cambio climático podría ser el principal problema ambiental al que se enfrentará la humanidad en su conjunto en el transcurso del siglo XXI, junto a la sexta gran extinción de las especies (de 100 a 1 000 veces más veloz que todas las demás) disponibilidad de agua de calidad, la acumulación de residuos contaminantes y los procesos de desertificación.

En la actualidad se ha vinculado la sistemática alteración de la atmósfera (sobre todo por las emisiones de bióxido de carbono resultado de la quema de petróleo y derivados, o bien, de la degradación de los ecosistemas y el empobrecimiento de su capacidad de provisión y regulación de procesos vitales para la vida en el planeta tierra con el calentamiento global, mismo que se estima conservadoramente de 1 a 4°C para el final del siglo XXI.

Con el estilo de desarrollo se resolvió por el momento la producción de alimentos suficientes para toda la humanidad. Sin embargo, millones de habitantes están subalimentados y no tienen acceso al agua potable. El hambre, la pobreza y la destrucción ecológica no se resuelven con la producción industrializada. Millones de campesinos no tienen acceso a estas tecnologías por razones políticas,

---

\* Instituto Nacional de Antropología e Historia, Veracruz, [eboege@prodigy.net.mx](mailto:eboege@prodigy.net.mx).

\*\* Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM, [vtoledo@oikos.unam.mx](mailto:vtoledo@oikos.unam.mx).

<sup>1</sup> Vitousek *et al.*, 1986.

económicas, sociales y culturales. Los problemas que se adicionan a los anteriores son varios: el enfoque de uso intensivo de insumos industriales, semillas "mejoradas" (*híbridas, transgénicas*) fertilizantes y plaguicidas, maquinaria y energía fósil, abren huecos importantes en el terreno del cambio de uso del suelo, pérdida de la biodiversidad y de los suelos, de la agrobiodiversidad, y en la contaminación del subsuelo y, de manera global, pérdida de los *servicios ambientales* que proporcionan los ecosistemas naturales. Por ello, después de los avances y enormes problemas ambientales de la *revolución verde* es necesario emprender una segunda revolución con premisas totalmente distintas a las que subyacen en los estilos de desarrollo del Norte impuestos a los países subtropicales y tropicales.

La pérdida de la biodiversidad también se ubica en el terreno de la agrobiodiversidad y los sistemas productivos integrados en los ecosistemas naturales. Observamos la sustitución del germoplasma nativo por semillas producidas de parte de unas cuantas compañías en el marco de la globalización económica. Este hecho, es coadyuvante a la pérdida de semillas, saberes locales, y agroecosistemas culturales.

El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sinanp), es el instrumento más importante que se ha impulsado en México, para la conservación de la diversidad biológica. El *sistema* es de reciente creación (1996) incluye varias categorías de protección: desde parques nacionales, refugios faunísticos hasta reservas de la biosfera. Partimos del supuesto que detrás de la conservación hay un concepto de la diversidad biológica y que de él se derivan los objetivos de la conservación. Por ello, tratamos de hacer un recuento de lo que entendemos por biodiversidad. La pregunta que nos hacemos en el siguiente ensayo es si con los sistemas de conservación (las áreas naturales protegidas o ANP) podemos enfrentar los grandes retos que nos plantea la pérdida de la diversidad biológica y la degradación de los ecosistemas como componente esencial de la biodiversidad y la provisión de los servicios ambientales claves para la sobrevivencia humana y de la vida del planeta Tierra.

En las áreas naturales protegidas se conservan los acervos genéticos de la diversidad biológica. Por ello, el sistema mundial de áreas naturales protegidas procura impulsar la *representatividad* por tipos de ecosistemas. Sin embargo, en México, los recursos genéticos se conservan en el exterior de las reservas, y en el caso de los recursos fitogenéticos como el del maíz y el germoplasma de otros cultivos mesoamericanos por lo menos en las comunidades indígenas y de forma *ex situ* en laboratorios de Centro Internacional del Mejoramiento del Maíz y Trigo (CIMMYT por sus siglas) y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias (el INIFAP). La cuestión es si estas instituciones están cumpliendo con la protección de este acervo histórico y único en el mundo.

## Biodiversidad

Es una idea común que la definición de diversidad biológica se refiere a la variedad de las especies. Sin embargo, con ello sólo se describe una característica de la diversidad. Los componentes de diversidad biológica deben ser analizados en los siguientes niveles:

1. El primer nivel corresponde a un organismo viviente cuyos *genes* definen las características específicas de este organismo frente a otros.
2. El segundo nivel se refiere a las especies definidas como los organismos que pueden reproducirse entre sí, aun cuando existen variaciones dentro de una misma especie. Una especie es producto de miles o millones de años de evolución.
3. Los individuos de especies determinadas necesitan formar comunidades para que la característica *especie* se conserve, reproduzca o evolucione. Es decir una especie no se puede definir sólo describiendo al individuo o sus características específicas.
4. Las especies por sí solas no pueden sobrevivir, evolucionar o desarrollarse si no interaccionan en *coevolución* con otras especies. La compleja interacción abiótica y biótica, energética, cadenas tróficas, la ubicación, el metabolismo, recurso–desecho–recurso, forman ecosistemas, los cuales son difíciles de delimitar porque en su conjunto interaccionan. Todo ello forma un ecosistema que depende de determinados suelos, humedad, temperatura y de ciertas interacciones entre plantas y animales. Por ejemplo hay ecosistemas tropicales húmedos, secos, de bosque templado, de montaña.
5. La diversidad de especies se expresa en tres componentes: diversidad que se manifiesta a escala local y se puede medir por riqueza de especies en un área determinada (diversidad alfa); diversidad que se manifiesta dentro de distintos ecosistemas a una *mesoescala* espacialmente heterogéneos (diversidad beta), y diversidad total de especies en un paisaje determinado.<sup>2</sup> La cualidad más importante de la biodiversidad es la de conformar las trampas de energía compleja y perfecta, adaptada a cada condición y que los desechos generados por el metabolismo del sistema, se vuelvan recursos accesibles para el siguiente ciclo energético. El metabolismo de los ecosistemas en acción proporciona servicios ambientales. Dichos servicios, siguiendo la clasificación de un estudio global de las Naciones Unidas recientemente concluido, el Análisis de los Ecosistemas en el Milenio (2005) (MEA por sus siglas en inglés) se presenta en cuatro modalidades.<sup>3</sup>
  - *Servicios de soporte* (p. ej. la capacidad de los ecosistemas de capturar la energía solar y convertirla en tejido vegetal, o productividad primaria, de la cual dependemos todos los seres vivos).
  - *Servicios de regulación* (regular la composición química de la atmósfera, la temperatura global, capacidad de intervenir en el ciclo del agua (evotranspiración, infil-

---

<sup>2</sup> Esta clasificación de la diversidad biológica nos permite repensar cómo debieran plantearse las políticas de conservación de la diversidad biológica.

<sup>3</sup> MEA, [www.millenniumassessment.org/en/products.global.condition.aspx](http://www.millenniumassessment.org/en/products.global.condition.aspx).

tración, escurrimiento) el control de la erosión, control de vectores responsables de enfermedades, calidad del aire).

- *Servicios de provisión de bienes* (p. ej. agua, alimentos, medicinas y fibras).
  - *Servicios culturales* (p. ej. recreación, educación y simbólicos como lugares sagrados).
6. Parte del acervo de la diversidad biológica son los agroecosistemas con policultivos con las plantas domesticadas por las culturas indígenas.

## La megadiversidad mexicana

La mayor *biodiversidad* del planeta se concentra en las regiones tropicales y subtropicales. Pero también es de importancia la que se encuentra en los desiertos y en las zonas templadas así como en las montañas, frecuentemente porque presenta un gran número de *endemismos* (especies o variedades únicas que no se encuentran en otro lado del planeta). México es un país privilegiado por la diversidad excepcional de especies y ecosistemas que habitan en su territorio.<sup>4</sup>

El 12% de toda la diversidad biológica del mundo se ve representada en el país. De 12 países que albergan 60% de toda la diversidad mundial, México ocupa el quinto lugar.

- Califica entre los cinco países del mundo por el mayor número de plantas vasculares (Brasil 56 mil, Colombia 45 mil, China 27 100, Sudáfrica 23 420, México 22 351 registradas, de 29 000 probables).
- Primer lugar en especies marinas en el hemisferio occidental: 3 500 especies de peces que representa 20% del total en sólo 1% de su área.
- Mamíferos: Indonesia, 667 especies; Brasil, 578; México, 544.
- Reptiles: Australia, 880 especies; México, 837 (segundo lugar mundial).
- México como centro de origen de las especies y de la agrobiodiversidad, tiene que diseñar una estrategia especial para la preservación de este tesoro invaluable.

Cincuenta por ciento de las plantas cultivadas que sustentan actualmente el sistema alimentario mundial fueron domesticadas por los pueblos indígenas de México. Estas plantas han llegado a nuestras manos luego de un largo proceso de selección, innovación, mejoramiento, uso y manejo, realizado por las poblaciones indígenas y posteriormente por las poblaciones campesinas que ocupan los diferentes *ecosistemas*. En las diferentes culturas, la biodiversidad ha presentado un cambio continuo a través del tiempo. Es fruto de un largo proceso de cruzamientos, espontáneos

---

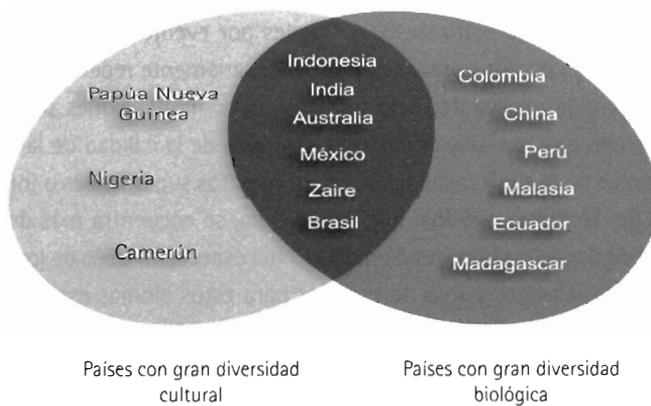
<sup>4</sup> Sarukhán J., 2006 (coord.) Síntesis *La diversidad biológica de México*, segundo estudio de país (Inédito).

o provocados por los diferentes pueblos indígenas en los cultivos básicos para la alimentación, la medicina y otros usos. Es así como se ha desarrollado una gran cantidad de nuevas especies y variedades con características particulares adaptadas a diferentes ambientes, requerimientos culturales y productivos. A este proceso y situación lo llamamos *biodiversidad culturalmente creada o agrobiodiversidad*.

Figura 1

### La diversidad biológica y la diversidad cultural

Países con gran diversidad biológica y cultural



Fuente: Morán, 1998.

De gran importancia resulta el marcado traslape que existe entre las áreas de mayor biodiversidad del planeta y las regiones densamente habitadas por población indígena del mundo, en el que coinciden las porciones de alta diversidad biológica y lingüística (Toledo, 2001; Maffi, 2001). Este patrón ha sido confirmado mediante análisis diversos. Un estudio conducido por la People Et Conservation Unit de la *wwf* en 2000, reveló que, cerca de 80% de las 136 ecorregiones terrestres recomendadas como prioritarias por el Proyecto Global 2000 Ecorregiones, se encuentra habitado por uno o más pueblos indígenas, y que la mitad de las 6 mil culturas estimadas globalmente son habitantes de esas áreas ([www.terralingua.org](http://www.terralingua.org)). Sobre una base biogeográfica, todas las regiones, exceptuando la Paleártica, mantienen 80% o más de sus territorios habitados por pueblos indígenas. De manera similar, cuando se revisa el número de lenguas habladas por las comunidades humanas, de las 34 regiones reconocidas como *hotspots* se encuentra que un total de 4 356 lenguas de las alrededor de las 6 mil registradas en el mundo ([www.ethnologue.org](http://www.ethnologue.org)) se localizan en esas áreas de importancia biológica. Estas evidencias han venido a confirmar de algún modo la conjetura hecha por Alcorn (1994) de que

buena parte de la biodiversidad del planeta se encuentra en territorios indígenas, un fenómeno que parece cumplirse con bastante precisión para el caso de México.

En efecto, los territorios en donde se asientan mayoritariamente los pueblos indígenas en México, abarcan alrededor de 24 millones de hectáreas (Boege, 2006). Estos territorios tienen una cubierta de vegetación primaria y secundaria de 18 millones de hectáreas. El resto o sea 11.3% del total del territorio son áreas de pastizales y 11.9% de uso agrícola en donde se alberga parte de la agrobiodiversidad mesoamericana.

Una parte sustancial de estos territorios se encuentra en las cabezas de cuenca. En sólo 12.4% del país que corresponde a territorio indígena se capta 21.69% de toda el agua, servicio de provisión de los ecosistemas que ahí se encuentran y que proporcionan servicios ambientales a la sociedad. Igualmente, se trata de zonas de alto riesgo y frágiles por eventos extraordinarios como son las lluvias intensas provocados por los huracanes y que necesariamente repercuten en las comunidades con deslizamientos, pérdida masiva de suelo fértil, así como inundaciones severas y afectación de las cosechas comerciales en las planicies costeras. Depende de la calidad de la conservación de los ecosistemas de cómo se da la evotranspiración, escurrimientos superficiales o infiltración.

En ese 12.4% del territorio nacional que es indígena, se encuentra más de 50% de las selvas húmedas (5 mil especies) y de los bosques de niebla (3 mil especies) y 25% de los bosques templados (7 mil especies). Esta correlación gruesa de especies para estos biomas estimada por Rzedowski J. (1993) nos permite vislumbrar la importancia para la conservación y el desarrollo de estos territorios (Boege, 2006).

México es fuente inmensa de recursos genéticos, que nace de su riqueza de la diversidad biológica y de la agrobiodiversidad domesticada por los pueblos indígenas. Por ser centro de origen tanto de las especies como de la agrobiodiversidad de 50% de los cultivos más comerciales del mundo, el país tiene que desarrollar una política pública en alianza con los actores sociales (principalmente indígenas) para una política activa de desarrollo, conservación, de defensa de la diversidad biológica y recursos genéticos. El tema tiene que ser debatido en foros internacionales y nacionales para impedir la biopiratería de las grandes corporaciones transnacionales. Dicho en positivo, los recursos genéticos que México alberga, podrían ser la base para detonar el desarrollo y mitigación de la pobreza, debiera ser objeto de una vasta bioprospección, controlada y en manos de las instituciones públicas de investigación en conjunción con las comunidades indígenas y campesinas.

### **Las políticas de conservación de la diversidad biológica y los recursos genéticos: las áreas naturales protegidas**

El problema sustancial para México con cara el futuro es qué hacer con la diversidad biológica, cuya conservación o destrucción cada vez más dependen de la intervención humana. El humano se va apropiando de los recursos de la naturaleza y la va transformando, incide de múltiples formas en

su funcionamiento y composición. Su intervención conforma paisajes biogeográficos cuya dinámica depende de si estos servicios son salvaguardados o no. Los cambios en la biodiversidad han generado beneficios económicos y sociales pero éstos han implicado costos ambientales que se manifiestan a diferentes escalas. Esto es, la capacidad de atrapar la energía solar se reduce por la pérdida masiva de la vegetación y la biodiversidad, misma que no es sustituida por los ecosistemas generados por los humanos en la era industrial por las economías de escala.

La conservación de la biodiversidad, de los ecosistemas de la "naturaleza prístina o intocada", es una tarea que corre a contracorriente de la tendencia de un mundo cada vez más globalizado, donde los fenómenos sociales y naturales que ocurren se tornan cada vez más articulados y recíprocamente condicionados en las diferentes escalas del tiempo y del espacio. La intervención humana en la naturaleza, como son las emisiones de gases invernadero, el calentamiento global, genera cambios en los ecosistemas locales con consecuencias que todavía no logramos evaluar. Ante la inminente sexta extinción masiva de las especies, los retos del siglo XXI para la sobrevivencia de los ecosistemas y sus servicios para la conservación de la vida, son enormes y por lo tanto, hay que revisar los paradigmas que hasta ahora han acompañado la conservación de la diversidad biológica.

La conservación tiene varios enfoques para responder a las preguntas ¿qué conservar? y ¿para qué? A cada enfoque se le puede asignar un procedimiento y área geográfica determinada.

### El paradigma de la aproximación genética

Esta aproximación podría conservar la información indispensable de recursos genéticos, incluyendo su posible extinción en la naturaleza. Las prioridades de conservación de la diversidad biológica dentro del enfoque genético tienen objetivos muy específicos, relativamente fáciles de definir. Se pueden definir pequeños o grandes reservorios donde ocurren estas especies a proteger. Hay zoológicos o laboratorios que se dedican a rescatar a tal o cual especie en peligro y tratan de reproducirla fuera de su contexto natural (*ex situ*). El Centro Internacional para el Mejoramiento del Maíz y del Trigo y el INIFAP, con 11 mil colectas de maíz indígena en el país pretendían originalmente enfrentar el empobrecimiento del maíz producido en la agricultura industrial.

En efecto, ante enfermedades importantes de los maíces híbridos que se producían masivamente y pondrían en riesgo la producción de alimentos en Estados Unidos de Norteamérica, una comisión especial del gobierno norteamericano sugirió la creación de bancos de germoplasma para enfrentar los riesgos que la agricultura industrializada corre al darle preferencia a unas pocas variedades altamente productivas pero muy vulnerables a ciertas enfermedades. El otro objetivo de esa institución era detener la erosión genética y la pérdida de la riqueza históricamente creada.

Sin embargo, el enfoque meramente genético (de tener a la mano germoplasma de tales o cuales características) no contiene registros de los factores climáticos, de suelo o culturales como formas de selección y propagación; ni las asociaciones con otras especies —con arvenses toleradas

o suprimidas o con plantas silvestres de la misma especie—; ni los agroecosistemas asociados y los usos culturales. Tampoco se registran en estos bancos de datos los actores sociales que están involucrados en los procesos de cultivo y en la toma de decisiones sobre ese germoplasma.

Lo más grave ha sido que se ha expropiado la autoría intelectual de los que, año con año, por siglos, han sembrado y mejorado este germoplasma colectado: los (las) indígenas y campesinos de México. Es necesario cambiar de paradigma y trabajar en la conservación y desarrollo de la riquísima agrobiodiversidad generada por los pueblos indígenas de México. Por ejemplo, en la India la Fundación Swaminathan los recursos genéticos son resguardados tanto *ex situ* en los laboratorios de esa institución, pero con el enfoque de a la vez conservar el mismo plasma genético en las comunidades campesinas en la cual se recolectó el germoplasma en un programa de conservación amplio *ex situ-in situ*. (Swaminathan, 1996) En nuestro país muy pocas instituciones intentan promover la conservación *in situ* es decir con comunidades indígenas la riqueza genética de la agrobiodiversidad o de plantas medicinales semicultivadas.

### La aproximación por especies

La unidad para analizar el espectro de la biodiversidad ha sido generalmente la especie. Comúnmente, cuando se habla de biodiversidad se refiere el número de especies por unidades de área (diversidad *alfa*). Sin embargo, el concepto de especie no deja de tener ciertas dificultades de definición ya que se suelen seleccionar las prioridades de conservación *in situ* a través de criterios como son "especies bandera", "especies en vías de extinción" o "amenazadas", por ejemplo. Esta selección puede sesgar y restringir de manera importante las políticas de conservación, ya que se realiza sin entender la dinámica ecosistémica ni los servicios ambientales de los mismos. Las prioridades para un grupo de especies no necesariamente son importantes para otro grupo taxonómico.

### La aproximación ecosistémica

Este acercamiento podríamos llamarlo el de la protección de las cajas negras. Es decir, que poco se sabe de las dinámicas de conservación de las áreas naturales de libre flujo e intercambio genético y de sus procesos evolutivos. La estrategia de conservación *in situ* a través de esta aproximación es sencilla.

Históricamente, en México se trató de proteger a través de los parques nacionales arriba de la cuota de los 3 mil metros de altitud, la captura de agua sin importar la dinámica de los bosques templados que ahí se desenvuelven. Más allá de los parques nacionales, las reservas de la biosfera presentan esta aproximación. Una vez que se clasifican los hábitats o ecosistemas y se define su tamaño, no sólo se protege a las especies amenazadas (que posiblemente requerirían un tratamiento especial como tales), sino la diversidad general de las especies en sus manifestaciones *alfa*, *beta* y *gamma*. Se protege, además, los procesos evolutivos y los servicios ambientales que estos sistemas

proporcionan. Esta aproximación no requiere necesariamente del conocimiento de los ciclos completos de las interacciones biológicas y geofísicas que les permiten sobrevivir. El factor humano poco es integrado. Por ejemplo, la Reserva de la Biosfera de Calakmul, fue decretada con razonamientos desde la biología, pero no hace falta caminar mucho en ella para darse cuenta, que es una selva de la civilización maya, en donde hay una cantidad impresionante de sitios arqueológicos de diferentes tamaños que hace suponer que esta selva fue alterada sustancialmente. Se trata de uno de los procesos civilizatorios más importantes para la humanidad en donde vastos territorios son recolonizados por una selva resiliente.

### La aproximación integrativa o biorregional

El concepto de diversidad biológica hoy en día involucra genes, especies, poblaciones, comunidades, ecosistemas y servicios ambientales. Sin embargo, el estudio de cada uno de estos aspectos ha crecido en tiempos y ritmos distintos y ha sido fragmentado o especializado en las disciplinas de la biología.

Paradójicamente, el concepto de conservación y desarrollo y sus distintas aproximaciones provienen de otras disciplinas que las biológicas. La presencia humana en todos los ecosistemas y sus partes vitales, exige una aproximación que dé cuenta de las relaciones de contorno de cada uno de los subsistemas que lo componen, es decir de sistemas complejos en interacción. Así los ecosistemas adquieren una dimensión distinta ya que su devenir está modificado por los sistemas de intervención humana.

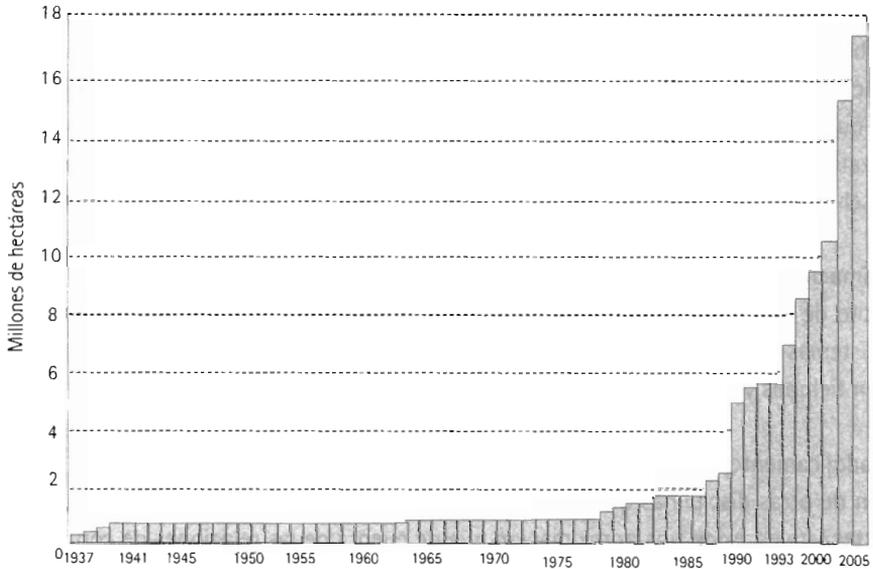
### El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Sinanp)

Las tasas de pérdida de bosques y selvas y ecosistemas es muy alta en el país. No hay hasta ahora instrumentos precisos para medir día a día la pérdida de la cubierta vegetal. Sin embargo, se habla de cifras que van de las 300 mil a un millón de hectáreas anuales. Ante la situación de pérdida masiva de los bosques y selvas alentadas por los regímenes priistas de los años 60, 70 y 80 en colusión con la banca de desarrollo, se comenzaron a vislumbrar políticas de conservación *in situ* de especies y ecosistemas representativos, procurando incorporar fragmentos de todos los biomas del país. El instrumento fue aumentar significativamente la superficie de áreas protegidas, principalmente bajo la modalidad de las reservas de la biosfera. Como se podrá observar, el crecimiento vertiginoso de la superficie decretada para la conservación aumentó de 2 millones a 18 millones de hectáreas en sólo 15 años.

Parte del instrumento fue unificar las distintas formas de protección en un solo sistema, el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (federales) bajo una institución: la Comisión Nacional de Áreas Protegidas (Conanp). Asimismo, ante los decretos de protección que creaba ANP que sólo existían en el papel se comenzaron a destinar fondos para la administración y a generar políticas operativas principalmente de las reservas de la biosfera.

Figura 2

**El crecimiento histórico de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) en México**



Fuente: Toledo, 2006.

Figura 3

**Categorías y superficie del Sinanp**

Total de ANP, diciembre 2004

Número	Categoría	Superficie en hectáreas
34	Reservas de la biosfera	10 479 534
65	Parques nacionales	1 397 163
4	Monumentos naturales	14 093
2	Áreas de protección de los recursos naturales	39 724
27	Áreas de protección de flora y fauna	5 558 714
17	Santuarios	689
149	Total	17 486 741

Las distintas categorías de conservación del Sinanp abarcan distintos objetivos para la conservación. Se supone que el Sinanp tiene como objetivo proteger ecosistemas, cabezas de cuenca (en los parques nacionales), o especies determinadas (mariposa monarca, flamenco etcétera).

Habría que examinar dos estudios sobre el funcionamiento de las ANP. Para el año 2005, la mitad de las ANP, que abarca aproximadamente 70% de la superficie protegida, principalmente las

enormes reservas de la biosfera, tenía algún presupuesto y una estructura administrativa. En éstas, además en las áreas de amortiguamiento se permiten las actividades económicas compatibles con la conservación.

La otra mitad de las ANP no tiene plan de manejo ni sistemas compatibles con operativos anuales ni personal administrativo. Esta carencia es grave sobre todo en el caso de los parques nacionales que sufren un deterioro importante por saqueo de la madera y sobrepastoreo con ganado ovino caprino e incendios forestales. El panorama de estas últimas ANP no es por lo tanto nada halagador. La Unión Mundial para la Naturaleza (UICN, por sus siglas), hace el siguiente balance de las reservas con recursos forestales en México (UICN, 1999: 26): de todas las áreas naturales protegidas 8% presentan degradación total; 15%, tienen una degradación considerable, y 30% una degradación. Paré y Cortez (2006) hacen un estudio comparativo de Montes Azules y Los Tuxtlas, dos reservas de la biosfera donde existe una fuerte presencia indígena y donde la declaración de reserva ha ocasionado conflictos sociales. En las dos reservas se muestra los intereses contradictorios entre los distintos actores, como son ejidatarios originales que fueron incitados a colonizar estas regiones por parte del estado, colonizadores predecreto y posdecreto, de las distintas dependencias gubernamentales, del movimiento autonómico zapatista, de ONG de gestión ambiental nacionales e internacionales, cada una con sus respectivas agendas. En esta complejidad de actores hay distintas percepciones sobre el gobierno de las reservas, las intenciones y agendas explícitas y acusaciones por parte de opositores a las reservas de que se trata de agendas secretas detrás de los afanes de conservación. Se acusa de privatización y de generar en los países megadiversos reservorios genéticos que controlarían las compañías transnacionales de la biotecnología, farmacéuticas y de negocios del agro. No cabe duda que existen intereses privados sobre la biodiversidad, y el agua, sin embargo, sería un cortocircuito reduccionista responsabilizar a intereses aviesos en *última instancia* a cualquier la política de conservación. El tema en realidad es cómo lograr la conservación incluyente, con la población y en especial con las comunidades de los pueblos indígenas. Hay movimientos sociales de las comunidades campesinas e indígenas que buscan la conservación frente a la devastación generada por los caciques o por organizaciones de cazadores que buscan permisos oficiales genéricos sin preguntarle a las comunidades su opinión de que se cacé en sus territorios.

En resumen, las causas de los procesos de deforestación y pérdida acelerada de la diversidad biológica y las masas forestales las ubicamos en la creación de áreas naturales protegidas sin participación social y en el gobierno de las mismas; en la política de las tierras ociosas en ejidos y comunidades o tierras nacionales; en una política agropecuaria depredadora de la vegetación natural, suelos y agua favoreciendo los grandes intereses; en una política forestal en que los dueños del recurso, los ejidatarios, comuneros y pequeños propietarios han sido relegados a simples rentistas y que vieron cómo se esfumaba su recurso en manos de caciques, empresas privadas y paraestatales.

## Las ANP con cara al futuro: son necesarias pero no suficientes

Un concepto distinto de diversidad biológica nos lleva a plantear la idea de que con el Sisnanp resolvemos el problema de la conservación de la inmensa diversidad biológica del país y los recursos genéticos que albergan. Veamos. Con cara al siglo XXI la conservación ligada al desarrollo sustentable y la diversidad biológica debe ser abordada en todo el territorio nacional, no sólo desde el punto de vista biológico, sino también como estrategia social y económica así como de los beneficios sociales que su conservación implica. Si se pierden los ecosistemas que están afuera de las ANP (suponiendo que éstas fueran un instrumento efectivo), se pierde la capacidad de proveer los servicios ambientales globales regulatorios (como el clima, agua, de enfermedades), de suministro (como agua y suelos), básicos (como agua, materias primas, alimentos), y los culturales (como estéticos y espirituales). De hecho, con las altas tasas de deforestación anual se están perdiendo los recursos estratégicos como agua, suelos, diversidad biológica y secuestro de carbono, que es la base para la regulación climática.

Ante los altos índices de deforestación y pérdida espacial de la diversidad biológica, y con ello la funcionalidad de los ecosistemas de proveer servicios ambientales, el avance de la desertificación, la cuestión central es cómo las comunidades, organizaciones indígenas y campesinas participan activamente en lo que podemos llamar una sustentabilidad espacial más allá de las ANP. Por ello, apostarle al Sisnanp aun en una versión mejorada y aumentada, para conservar la megadiversidad biológica y sus servicios ambientales de México no es suficiente.

Un creciente número de estudiosos han comenzado a cuestionar los principales planteamientos de una estrategia conservacionista basada exclusiva o centralmente en las ANP. Sus evidencias y argumentos son diversos, pero pueden concentrarse en dos asuntos cruciales: la eficacia de las ANP y su permanencia en el mediano y largo plazo.

### La eficacia de las ANP

El primer aspecto a considerar se refiere a la dificultad de garantizar una representatividad suficiente de la biodiversidad del planeta mediante el solo establecimiento de una red global de ANP. No sólo el elevado número de especies sino sus innumerables patrones de distribución hacen prácticamente imposible salvaguardar conjuntos representativos de organismos dentro de un universo cuyo desconocimiento es todavía descomunal. De los principales grupos de organismos reconocidos por los taxónomos, apenas se tiene información suficiente para contados grupos (vertebrados y quizás plantas) y, en cambio, la mayor parte del total esperado de especies permanece aún por ser clasificada y descrita (casi todos los grupos de insectos, invertebrados marinos, hongos, bacterias).

Aun cuando el sistema global de ANP ha rebasado 10% del total de la superficie terrestre recomendado hace una década (hoy se aproxima a 12% a nivel global y a 9.8% en México), existen serias dudas acerca de si esta superficie ya garantiza una mínima representatividad de la biodiversidad total del planeta. Por ejemplo un estudio reciente (Brooks, *et al.*, 2004) ha revelado que el sistema global

de ANP no alcanza a cubrir más que mínimamente los principales biomas del mundo. A nivel global, salvo el caso de los bosques templados de coníferas cuya superficie está protegida en un 25% y el de los pastizales y sabanas cubierta en un 18%, el resto apenas está protegido entre 16 y 10% (cuatro biomas) y 10% o menos (siete biomas) de sus respectivas superficies (cuadro 1).

Cuando se considera la distribución geográfica de los tres grupos de organismos con datos suficientes y confiables a escala global (mamíferos, aves y anfibios), el sistema mundial de ANP deja fuera 12% de esas especies y si sólo se consideran las que son suficientemente grandes (con 1 000 hectáreas o más) la cifra se incrementa a casi 25% (Brooks *et al.*, 2004; Rodrigues *et al.*, 2004) (cuadro 2). Esta cifra se eleva todavía más, hasta 43%, cuando se utiliza una metodología diferente (Ferrier *et al.*, 2004).

Aun cuando se requieren de más datos y del análisis de muchos otros grupos de organismos, es probable que la dificultad para lograr una representatividad provenga de un fenómeno soslayado: los tres criterios principales que se utilizan para distinguir, ubicar y establecer una ANP (número de especies, riqueza de endemismos y número de especies amenazadas) son el resultado de tres procesos diferentes, tal y como lo sugiere el análisis de Orme, *et al.* (2005) para el caso de las aves, o de regiones con biodiversidad tipo *beta*, es decir no concentrada sino distribuida en innumerables hábitats (Halffter, 2005), o en paisajes (diversidad *gamma*) en donde se conjugan, fragmentos, parches y actividades de tipo antrópico (Halffter, Soberón y Koleff, 2006).

También existen dudas sobre si la dimensión y extensión de las ANP alcanzan a proteger fenómenos de clara importancia biológica y ecosistémica, tales como tamaños de territorios de especies vegetales y animales, movimientos de especies migratorias o de polinizadores, áreas de dispersión de plantas y pulsiones de ciertas poblaciones de organismos. O sea, que las áreas naturales protegidas se enfocan principalmente a proteger la diversidad alfa.

De enorme interés son las críticas y propuestas surgidas desde la ecología del paisaje (Walldhardt, 2003) y desde la teoría de la resiliencia ecológica (Bengtsson *et al.*, 2003; Folke, 2003), que cuestionan la idea de las ANP porque éstas no logran incorporar los procesos de gran escala y de larga duración por los cuales los ecosistemas responden, dinámicamente, a los disturbios naturales o humanos. De acuerdo con el concepto de resiliencia, las ANP aparecen más como zonas estáticas, donde las dinámicas ecosistémicas se encuentran *congeladas*, no obstante que las capacidades de un ecosistema para remontar el disturbio se dan justamente en situaciones de cambio (mediante lo que se define como la "memoria ecológica").

Dado que las ANP son sistemas abiertos, afectados y afectables por las dinámicas ecosistémicas o paisajísticas de las áreas que les rodean, resulta fundamental la creación de *reservas dinámicas* formadas por conjuntos de paisajes diversos que resultan de la acción humana y que operan como zonas vitales para la permanencia en el largo plazo de las ANP (Bengtsson *et al.*, 2003).

Contrastando el papel de la diversidad biológica en los ecosistemas y sus servicios, el enfoque de la protección de la representación es insuficiente y no refleja las necesidades y estructura social del país.

### La permanencia de las ANP

Un primer aspecto en relación a la permanencia es que por muy extendido y significativo que sea una red de reservas, las ANP estarán frecuentemente amenazadas si más allá de sus límites ocurren cruentos fenómenos de irracionalidad ecológica, pues las islas de naturaleza intocada no son *campanas de cristal*, impermeables o inmunes a los procesos de deterioro que tienen lugar en los ámbitos externos, sino que son sistemas abiertos inmersos en una cierta escala del espacio planetario.

La reciente aparición de nuevos fenómenos catastróficos de escala regional o global, tales como incendios forestales, huracanes, sequías o inundaciones, aparentemente provocados por una progresiva acumulación de procesos ecológicamente irracionales (contaminación industrial, mal uso de recursos naturales, etc.), están afectando no sólo a reservas aisladas sino a conjuntos o redes de ANP. Estos fenómenos de gran escala (como el cambio climático global) han contribuido a tomar con cautela el valor de las áreas protegidas como refugios duraderos para la conservación (Hannah *et al.*, 2002; Thomas *et al.*, 2004). Similarmente la aparición de los organismos genéticamente modificados abren la posibilidad de una nueva forma de contaminación masiva e incontrolable.

Si aislamos la conservación de la diversidad biológica, en islas determinadas (por más grandes que sean sus espacios) en un mar de destrucción, su vulnerabilidad es enorme entre otros por el cambio climático global. Por lo rápido de este proceso no se permite una adaptación o espacios para el *corrimiento* de las especies hacia zonas climáticas afines. Por lo tanto existe la probabilidad a largo plazo que el instrumento de protección para la diversidad biológica conviertan a las ANP en islas de extinción.

El otro factor que se cierne como una amenaza a la durabilidad de las ANP es de carácter social e incluye a las poblaciones locales y regionales que habitan dentro o contiguamente a las reservas. Casi todas las reservas de México no consideraron en su diseño a la población local. Esto generó un *conflicto programado* entre los quehaceres de la reserva y los de la población. En general, la permanencia de las ANP depende en buena medida de que éstas sean establecidas con el consenso y la colaboración de las poblaciones locales, respetando los derechos de propiedad de los habitantes originarios y poniendo en práctica sendos programas de educación y desarrollo. Por ejemplo, los pueblos indígenas de México están presentes en 40 ANP que suman en total 5 millones de hectáreas. De estas 5 millones de hectáreas 1 millón 200 mil, corresponden a los territorios de los pueblos indígenas. Los indígenas que viven en ellas, no participan como tales en la administración, diseño y operación de la reserva. Son ellos los que tienen una relación de larga duración con los ecosistemas y diversidad biológica a proteger. Por supuesto que poco se hace para incorporar la agrobiodiversidad y los agroecosistemas a los sistemas de protección.

### Repensando la conservación: la estrategia biorregional

Estamos ante un cambio paradigmático de la conservación en el cual se consideran todos los componentes de un paisaje determinado como integrados. De tal suerte que las áreas naturales protegidas y

no protegidas forman una unidad, requiriendo para su conservación tanto la supervivencia humana como la supervivencia de los sistemas naturales y sus servicios ambientales. La conservación *in situ*, con una visión integrada, toma en cuenta no sólo las importantes prioridades que exige la conservación biológica, sino que las ubica en los términos culturales, políticos, sociales y económicos para satisfacer las necesidades humanas básicas. Esta aproximación es compleja y poco explorada, ya que en la fijación de las prioridades de conservación pueden intervenir más variables que las estrictamente biológicas. Una estrategia de este tipo daría cuenta de manera más exacta de la complejidad socioambiental que presenta la megadiversidad en México, esto es, la diversidad *beta* y *gamma* principalmente en las vastas regiones montañosas en donde viven los pueblos indígenas y comunidades campesinas en general. Esto incluiría por supuesto los servicios ambientales que emanan del concierto de los ecosistemas.

El solo reconocimiento de que "la conservación biológica no es un asunto biológico" permite develar un nuevo panorama en el que las ANP, objetivo central y casi siempre único de una visión biológica de la preservación de la biodiversidad, se reconocen como necesarias pero no suficientes. Al dejar atrás una visión exclusivamente biológica, es decir monocriterial, donde solamente los seres vivos son el objeto de la preservación, la acción conservacionista recuperaría una visión integradora donde los componentes físicos (tales como la hidrología, las rocas, los suelos, el relieve y el clima) se consideran igualmente. Esta nueva visión alcanzaría, por último, una dimensión espacial de la que se carece pues al considerar a los seres vivos (la biodiversidad) parte de ensamblajes o conjuntos reconocibles en el territorio, se remonta la limitante espacial del enfoque ecosistémico.

Se arriba así al reconocimiento del valor heurístico, metodológico y práctico del concepto de paisaje, como nuevo eje de una ciencia de la conservación de carácter transescalar, multidisciplinaria y multicriterial, tal y como fue sugerido desde distintas corrientes de la geografía (por ej., Naveh, 2005; Velázquez *et al.*, 2003; Waldhardt, 2003). Este cambio de paradigma permite a su vez conectar e integrar a la ciencia de la conservación las dimensiones sociales de las que carecía, pues el concepto de paisaje no se reduce o circunscribe a las unidades *naturales* sino que incluye por igual todas aquellas fracciones antrópicas o humanizadas de un territorio, es decir considera también las porciones de naturaleza bajo manejo humano ("usos del suelo") (Zonneveld, 1995; Naveh y Lieberman, 1993). Finalmente, el análisis y la acción conservacionistas terminan situándose en unidades espaciales de diferentes escalas teniendo como eje una unidad integradora de los territorios: el concepto de región.

Esta visión diferente de la conservación, concibe entonces a las ANP como parte de una región determinada, lo cual supone su integración con las áreas bajo uso humano, promoviendo la conservación de la biodiversidad en íntima correlación con los componentes físicos de los paisajes y con los factores económicos, culturales, demográficos y políticos del desarrollo social regional (véanse las sugerencias en el mismo sentido de Halffter, 1996 y 2005; Miller, Chang y Jonson, 2001; Rosenzweig, 2003).

En esta nueva perspectiva, la conservación de la biodiversidad no se limita a las áreas aisladas o separadas de la acción humana y de sus procesos productivos, sino que también se ocupa de su preservación en el resto de los paisajes tales como áreas agrícolas (permanentes o temporales), pecuarias, de pesca, de pastoreo, de recolección, caza y de extracción, de manejo forestal y agroforestal, y en fragmentos, franjas, corredores o islas de vegetación, o en zonas de *barbecho* con hábitats en diferentes estados de regeneración ecológica. Es en esta lógica que se debe incorporar a la agrobiodiversidad y los agroecosistemas a procedimientos de conservación *in situ*.

Se trata de una suerte de "ecología de la reconciliación" (Rosenzweig, 2003) donde el uso adecuado de los recursos naturales supone el mantenimiento y la salvaguarda de la biodiversidad en sus cuatro dimensiones (como variedad de paisajes, hábitats, especies y genes), conectando de paso la conservación con la restauración ecológica y los servicios ambientales. Lo anterior implica en consecuencia la búsqueda de sinergias entre los diversos paisajes de una determinada región que permitan alcanzar equilibrios y dinámicas territoriales, es decir que mantengan un metabolismo perdurable entre los procesos naturales y los sociales (ordenamiento del territorio).

Finalmente, toma cuerpo en el espacio concreto, una concepción cualitativamente superior de la conservación basada en la creación y mantenimiento de biorregiones donde la protección de la biodiversidad y el aseguramiento de los servicios ambientales se logra mediante la promoción y manejo de mosaicos de paisajes que incluye toda una gama de zonas de diferentes tamaños, formas y con distintos grados de intensidad de manejo y, por lo mismo, inmersos en diversas dinámicas ecosistémicas y/o paisajísticas. Las ANP se convierten sólo en un componente de esta concepción y el conjunto resulta la protección biocultural de los ecosistemas y sus servicios ambientales en su acepción ampliada, a pesar que esto todavía no sea reconocido.

Esta visión ha sido ensayada —aunque sea de manera implícita— en ciertas regiones en donde las actividades en las comunidades de los pueblos indígenas y campesinos en Oaxaca, unifican vastos paisajes dando cuenta de la diversidad *beta* y *gamma* o "archipiélagos de conservación" (Halffter, 2005). La ANP Tehuacán-Cuicatlán (que contiene la diversidad mayor en el mundo de cactáceas), se enlaza desde las comunidades mixtecas y náhuas dentro de la reserva, con los ecosistemas serranos de mayor humedad en territorios de comunidades mazatecas, cuicatecas, chinantecas, mixes y zapotecas que contienen selvas caducifolias, bosque de pino y encino, bosque de oyamel, bosque mesófilo de montaña y selva tropical perennifolia (Boege, 2006). La Sierra Norte de Oaxaca-Mixe, es una de las regiones terrestres prioritarias para la conservación de la biodiversidad (RTP) definidas por paneles de expertos en la Comisión Nacional de Biodiversidad, más ricas a nivel nacional y está en los lugares más altos en el cruzamiento de territorios de los pueblos indígenas y diversidad biológica (Boege, 2006). Anta y Pérez (2004) hacen un estudio sobre las experiencias de comunidades que manejan sustentablemente sus recursos naturales y llegan a 213 sumando 124 mil hectáreas que tienen para esas fechas algún tipo de certificación internacional por su buen manejo. La actividad forestal sustentable de la forestería social en la Sierra de Juárez, tanto de maderables como no maderables

del bosque natural, obliga a la ordenación territorial, primero de las áreas de aprovechamiento las áreas estrictamente de conservación que protegen especies, laderas, o ecosistemas. También definen las áreas de uso agrícola, de agroforestería y otras.

Asimismo, tenemos regiones importantes de café bajo sombra, de áreas forestales permanentes para la extracción del chicle, miel de la selva, etc., que permiten la permanencia de corredores biológicos en especial en las RTP. Estas experiencias deben convertirse en una política pública de alianzas entre las comunidades indígenas y campesinas con el Estado, generando una nueva política de conservación. Se trata de una vuelta de la tuerca en que las comunidades tradicionales indígenas se convierten en protagonistas para la conservación con cara al siglo XXI. Se trata de un nuevo tipo de aproximación por parte de las comunidades indígenas y campesinas, que aquí llamaremos *culturas indígenas de conservación*, a las que incluimos el componente de defensa de los maíces indígenas y en general de la agrobiodiversidad mesoamericana. Esta misma alianza debe aprovecharse para generar plantaciones de los pequeños productores —cientos de miles— como parte de la política de secuestro de carbono y contribuir así a la mitigación del cambio climático global.

Otra experiencia de la conjunción de Reservas Archipiélago y ANP nos la proporciona el proyecto del Corredor Biológico Mesoamericano Mexicano. Éste no pertenece como muchos han supuesto al Proyecto Puebla Panamá (PPP) sino que es anterior en su concepción. Varias de estas expresiones de conservación de una nueva cultura indígena y campesina de conservación las ha recogido el Corredor Biológico Mesoamericano Mexicano.<sup>5</sup> Éste es tal vez el primer intento de vincular las reservas con proyectos de desarrollo sustentable en lo que aproximadamente marcan las RTP. En los corredores de este proyecto tenemos una población indígena de 39%, y la principal tenencia de la tierra son en orden de importancia ejidal, comunal y muy pequeña propiedad.

El Corredor es una propuesta *desde arriba*<sup>6</sup> para conservar la diversidad biológica en amplias regiones que vinculan en una visión macrorregional varias reservas de la biosfera (en por lo menos cuatro corredores). El Corredor retoma experiencias ensayadas, como son el ordenamiento territorial impulsado por manejo forestal con sus *áreas forestales permanentes*, las organizaciones comunitarias o cooperativas alrededor del chicle y de la miel y café bajo sombra y orgánico. La creación de nuevas organizaciones de segundo nivel (en el caso del manejo forestal, que alberga el servicio forestal regional, frentes de comercialización, plataforma

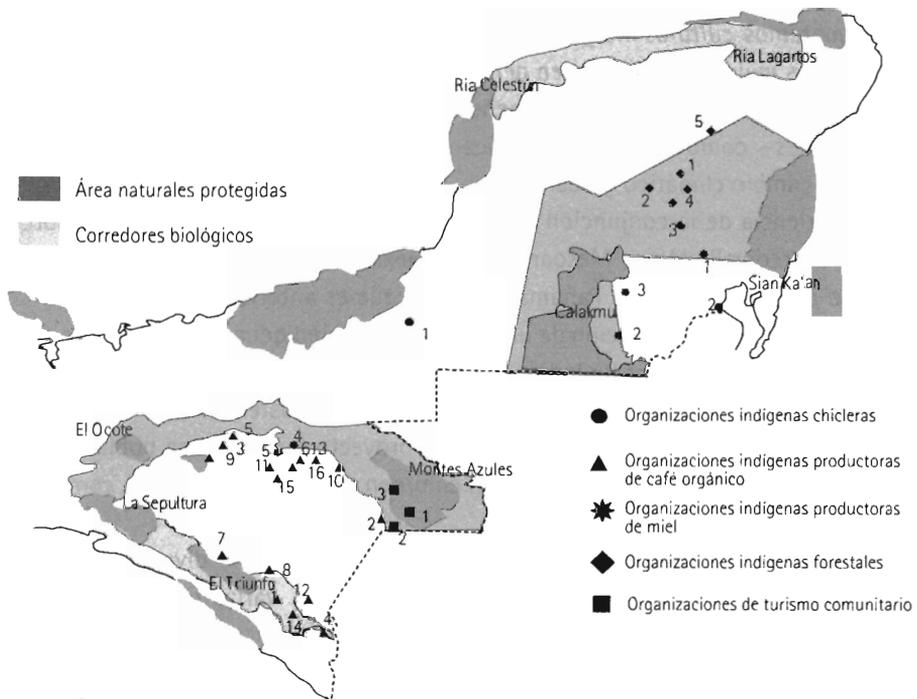
<sup>5</sup> El origen de la idea de los corredores no tiene que ver con el Proyecto Puebla Panamá. Proviene más bien de un programa piloto del Global Environmental Facility, como producto del financiamiento al desarrollo sustentable y a la conservación negociados multilateralmente en el Convenio de Diversidad Biológica.

<sup>6</sup> Su principal problema es que a pesar de que es un Programa GEF (Global Environmental Facility) su administrador, el Banco Mundial, genera estructuras extremadamente pesadas para operar cualquier programa por buena intención que tenga. Estamos ya más allá de la mitad del camino de este programa y pocos resultados se observan en el campo.

para ingresar proyectos productivos; en el caso de miel y chicle se trata igual de frentes de negociación, comercialización y mejoramiento técnico).

El Corredor, propone como eje central de acción el fortalecimiento de las capacidades locales de las comunidades para el manejo sustentable de sus recursos naturales. Contempla para ello un diseño ambiental regional-local: 1) desarrollo Ordenamiento Ecológico Territorial del Corredor; 2) apoyo a las actividades regionales de un conjunto de comunidades que

Figura 5  
El Corredor Biológico Mesoamericano Mexicano



Nota: El Corredor Biológico Mesoamericano contempla la creación de cuatro tipos de áreas (Miller *et al.*, 2001): 1) las *áreas núcleo*, excluidas de todo uso humano establecidas para preservar especies, procesos ecológicos y servicios ambientales y que en esencia coinciden con el concepto de ANP; 2) las *áreas de amortiguamiento*, que son franjas de transición entre las anteriores y los espacios utilizados; 3) los *corredores*, que son áreas terrestres o acuáticas que facilitan el movimiento, dispersión y migración de las especies entre las áreas núcleo, y 4) las *áreas de uso múltiple*, que incluyen zonas dedicadas a toda una gama de actividades y de pequeña escala, y que contienen espacios bajo diferentes grados de intensidad de uso. Estas áreas coinciden con los principios de lo que se denomina el "manejo sustentable de los recursos naturales", dirigido a generar a una nueva generación de productos y de servicios "ecológicos", "orgánicos" o "sustentables". En las últimas dos décadas, buena parte de las comunidades indígenas de México que coinciden con el Corredor han venido experimentando innovadores proyectos productivos de inspiración ecológica (Toledo, 2001b). Éste es el caso de las cooperativas y comunidades productoras de café orgánico de Chiapas, de miel, chicle y madera en Campeche y Quintana Roo, y de turismo comunitario y ecológico en Yucatán y Chiapas (más información en: Moguel y Toledo, 1999; Toledo *et al.*, 2003).

conlleven a la sustentabilidad espacial (por ejemplo, café orgánico bajo sombra, miel de la selva, forestería social); 3) ordenamiento del uso del suelo al nivel comunitario, planificación ecológico-territorial participativa, con miras a generar unidades locales de gestión.

El programa es muy ambicioso y tiene una temporalidad definida. Hay que esperar los resultados para hacer un balance de la aplicación del concepto.

Un aspecto soslayado en todos estos planteamientos de conservación y desarrollo son los agroecosistemas que contienen la agrobiodiversidad mesoamericana. La conservación *in situ* del germoplasma mesoamericano, debe ser incluida dentro de las estrategias de conservación. Eso implica nuevas alianzas Estado-comunidades campesinas para la conservación y aprovechamiento de la biodiversidad, en una nueva perspectiva que reconoce la propiedad intelectual *sui géneris*, marcas de origen, denominaciones de origen y sobre todo los territorios de los pueblos indígenas. Para ello también es necesario de replantear las políticas institucionales de la Conabio que en realidad debiera contener un instituto de investigación en que se apoya activamente la defensa y desarrollo del uso de la diversidad biológica de México.

## Corolario

La aceptación de este nuevo paradigma de la conservación requiere de nuevos esfuerzos y compromisos en términos del conocimiento, la acción y las políticas, que sin duda conllevan una reconfiguración filosófica y la adopción de nuevos principios o axiomas.

## Tres axiomas de la conservación biorregional

1. El *axioma bio-social* supone una concepción de la conservación en íntima reciprocidad con el desarrollo social a diferentes escalas (local, regional, nacional, internacional, global). Nutrida por los avances logrados en la teoría del manejo de los paisajes y en la nueva filosofía del desarrollo sustentable, esta concepción visualiza los esfuerzos protectores como parte de un conjunto de actos tendientes a lograr una interacción adecuada entre la sociedad y la naturaleza. La conservación de la biodiversidad y de los recursos naturales en general, después, es entonces concebida como parte de una búsqueda mayor e incluso suprema: armonizar el metabolismo entre los procesos sociales y naturales, incluyendo los servicios ambientales en su acepción ampliada.
2. El *axioma bio-cultural* por su parte, pregona la imposibilidad de preservar la biodiversidad sin proteger la diversidad cultural y viceversa (Maffi, 2001; Toledo, 2001). Esta propuesta surge de la investigación acumulada en las últimas tres décadas por investigadores pertenecientes a los campos de la biología de la conservación, la lingüística y la antropología de las culturas contemporáneas, así como de la etnobiología y la etnoecología. Este pos-

tulado se ha nutrido de cuatro principales conjuntos de evidencias (véase Toledo, 2001): 1) el traslape geográfico entre la riqueza biológica y la diversidad lingüística y 2) entre los territorios indígenas y las regiones de alto valor biológico (actuales y proyectadas), 3) la reconocida importancia de los pueblos indígenas como principales pobladores y manejadores de hábitats bien conservados y 4) la certificación de un comportamiento orientado al conservacionismo entre los pueblos indígenas, derivado de su complejo de creencias-conocimientos-prácticas, de carácter premoderno.

3. El *axioma bio-productivo*, impulsa acciones que buscan combinar la creación de un sistema de regiones que combinen áreas naturales protegidas con áreas bajo manejo de la biodiversidad y otros recursos y servicios de los ecosistemas, bajo el principio general de *producir conservando y conservar produciendo*. Por ello, los avances en la investigación tales como el manejo adaptativo o autorregulable de los recursos naturales, el manejo participativo, o el manejo sustentable de los recursos naturales, sirven de base a una visión más amplia y eficaz del conservacionismo.

El campo de la investigación al respecto supone el planteamiento de nuevas preguntas, nuevos enfoques y nuevas soluciones que requieren del concurso de investigadores provenientes de diferentes disciplinas y de la creación de equipos o colectivos multidisciplinarios. Por ejemplo, bajo esta nueva visión se requiere diseñar investigaciones dirigidas a evaluar el papel jugado por los diferentes tipos de paisajes en el mantenimiento de la biodiversidad, y los servicios ambientales lo que a su vez implica descubrir patrones entre diferentes grupos de organismos bajo diferentes modalidades de uso y manejo (véase un ejemplo en la figura 3), tal y como algunos estudios sobre fragmentos forestales (véase el caso de Los Tuxtlas, Veracruz en Guevara *et al.*, 2004, Estrada *et al.*, 1997) o áreas bajo uso humano (Daily *et al.*, 2003).

## Bibliografía

- Alcorn, J. B., 1994, "Noble Savage or Noble State?: Northern Myths and Southern Realities in Biodiversity Conservation", *Etnológica*, núm. 3, pp. 7-19.
- Anta, S., P. Pérez, 2004, *Atlas de experiencias comunitarias en manejo sostenible de los recursos naturales en Oaxaca*, Semarnat-Unidad Coordinadora de Participación Social y Transparencia, México.
- Bengtsson, J., P. *et al.*, 2003, "Reserves, Resilience and Dynamic Landscapes", *Ambio*, vol. 32, núm. 6, pp. 389-396.
- Berman, M., 1992, *El reencantamiento del mundo*, Chile, Cuatro Vientos.
- Boege, E., 2006, *La diversidad biocultural de los pueblos indígenas de México*, México (en prensa).

- Brandon, K., 1996, Traditional Peoples, Nontraditional Times: Social Change and the Implications for Biodiversity Conservation, en: K. H. Redford (ed.), *Traditional Peoples and Biodiversity Conservation in Large Tropical Landscapes. The Nature Conservancy*, pp. 219-265.
- \_\_\_\_\_, K. H. Redford y S. E. Sanderson (eds.), 1998, *Parks in Peril: People, Politics and Protected Areas*, Island Press.
- Brooks, T. M. *et al.*, 2004, "Coverage Provided by the Global Protected-area System: is it Enough?", *BioScience*, vol. 54, núm. 12, pp. 1081-1091.
- \_\_\_\_\_, *et al.*, 2001, "Habitat Loss and Extinction in the Hotspots of Biodiversity", *Conservation Biology*, vol. 16, núm. 4, pp. 909-923.
- Bruner, A. G. *et al.*, 2001, Effectiveness of Parks in Protecting Tropical Biodiversity, *Science*, vol. 291, núm. 5, pp. 125-128.
- Carabias, J. y F. Tudela, 1999, "El cambio climático. El problema ambiental del próximo siglo", en *Desarrollo sustentable*, año 1, núm. 9, México, Semarnap.
- Chapin, M., 2004, "A Challenge to Conservationists", *Worldwatch Magazine*, noviembre-diciembre.
- Daily, G., C., *et al.*, 2003, Countryside Biogeography of Neotropical Mammals: Conservation Opportunities in Agricultural Landscapes of Costa Rica, *Conservation Biology*, vol. 17, núm. 6, pp. 1814-1826.
- Estrada, A., R. Coates-Estrada y D. A. Meritt, 1997, "Anthropogenic Landscape Changes and Avian Diversity at Los Tuxtlas, Veracruz, México", *Biodiversity and Conservation*, núm. 6, pp. 19-43.
- Folke, C., 2003, "Reserves and Resilience: from Single Equilibrium to Complex Systems", *Ambio*, vol. 32, núm. 6, p. 379.
- Halffter, G., 1996, "Biodiversity Conservation and Protected Areas in Tropical Countries", en F. Di Castri, F. y T. Younès (eds.), *Biodiversity, Science and Development International*, Union of Biological Sciences and CAB International, pp. 212-222.
- \_\_\_\_\_, 2005, Towards a Culture of Biodiversity Conservation", *Acta Zoológica Mexicana*, vol. 21, núm. 2, pp.133-153.
- \_\_\_\_\_, J. Soberón y Patricia Koleff (eds.), 2006, *Sobre diversidad biológica. El significado de las diversidades alfa, beta y gamma*, México, Conabio.
- Hannah, L., *et al.*, 2002, Conservation of Biodiversity in a Changing Climate", *Conservation Biology*, núm. 16, pp. 11-15.
- Janzen, D., 1986; "The Future of Tropical Ecology", *Annual Review of Ecology and Systematics*, núm. 17, pp. 305-306.
- Jordan, C.F., 1997, *Conservation: Replacing Quantity with Quality as a Goal for Global Management*, John Wiley and Sons.
- Maffi, L. (ed), 2001, *On Biocultural Diversity: Linking Language, Knowledge and the Environment*, Smithsonian Institution Press, p. 578.
- Mascia, M. B. P. *et al.*, 2003, "Conservation and the Social Sciences", *Conservation Biology*, núm. 17, p. 649.
- Miller, K., E. Chang y N. Johnson, 2001, *Defining Common Ground for the Mesoamerican Biological Corridor*, World Resources Institute, p. 45.

- Mittermeier, R. et al., 2002, "Áreas silvestres: las últimas regiones vírgenes del mundo", *Conservation International y Agrupación Sierra Madre*, México, Cemex, p. 576.
- \_\_\_\_\_, et al., 1999, *Hotspots: las ecorregiones biológicamente más ricas y más amenazadas del mundo*, México, Cemex.
- \_\_\_\_\_, P. Robles-Gil y C. Goetsch-Mittermeier, 1997, *Megadiversidad: los países biológicamente más ricos del mundo*, México, Cemex y Agrupación Sierra Madre.
- Moguel, P. y V. M. Toledo, 1999, "Biodiversity conservation in traditional coffee systems in Mexico", *Conservation Biology*, núm. 13, pp. 1-11.
- Morán K., 1998, *La diversidad biológica de México. Estudio de País*, Conabio, México, p. 109.
- Morin, E., 2001, *Introducción al pensamiento complejo*, Gedisa.
- Myers, N., 1988, "Threatened Biotas: Hotspots" in Tropical Forests, *Environmentalist*, núm. 8, pp. 187-208.
- \_\_\_\_\_, et al., 2000, "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities", *Nature*, núm. 403, pp. 853-858.
- Naveh, Z., 2005, "Epilogue: Toward a Transdisciplinary Science of Ecological and Cultural Landscape Restoration", *Restoration Ecology*, vol. 13, núm. 1, pp. 228-234.
- \_\_\_\_\_, y A. S. Lieberman, 1993, *Landscape Ecology: Theory and Application*, Nueva York, Springer Verlag.
- Orme, C. D., et al., 2005, "Global Hotspots of Species Richness Are Not Congruent with Endemism or Threat", *Nature*, vol. 436, núm. 18, pp. 1016-1019.
- Owen, J., 2004, "Siberian Bogs Big Player in Greenhouse Gas", *National Geographic News*, 15 de enero.
- Paré, L. y C. Cortez, 2006, "Conflicting Rights and Agendas in Protected Natural Areas in México: a Case for Accountability", en P. Newell, J. Wheeler (coord.), *Rights and Accountability*, Zed Books, Londres (en prensa).
- Pretty, J. N. y M. P. Pimbert, 1995, "Beyond Conservation ideology and the Wilderness Myth", *Natural Resources Forum*, vol. 19, núm. 1, pp. 5-14.
- Primack, R. et al. (eds.), 2001, *Fundamentos de conservación biológica: perspectivas latinoamericanas*, México, FCE.
- Ramírez, G., 2003, "El corredor biológico mesoamericano en México", *Biodiversitas*, núm. 47, pp. 4-7.
- Ramos, M., 2004, "Negociación internacional y desarrollo sostenible", en *Desarrollo sostenible*, conferencia organizada por la FILU, Universidad de Veracruz, Xalapa, 10 de septiembre.
- Redford, K. H., 1990, "The Ecological Noble Savage", *Cultural Survival Quarterly*, núm. 15, pp. 46-48.
- \_\_\_\_\_, y S. E. Sanderson, 2000, "Extracting Humans from Nature", *Conservation Biology*, vol. 14, núm. 5, pp. 1362-1364.
- Rodrigues, A. S. L., et al., 2004, "Global gap analysis: priority regions for expanding the global protected-area network", *BioScience*, vol. 54, núm. 12, pp. 1092-1100.
- Rosenzweig, M. L., 2003, "Reconciliation Ecology and the Future of Species Diversity", *Oryx*, núm. 37, pp. 194-205.
- Terborgh, J., 1999, *Requiem for Nature*, Island Press/Shearwater Books.
- Thomas, Ch., et al., 2004, "Extinction Risk from Climate Change", *Nature*, núm. 427, pp. 145-148.
- Toledo, V. M., 2001, "Biodiversity and Indigenous Peoples", en: S. Levin et al. (eds.) *Encyclopedia of Biodiversity*, Academic Press, pp. 1181-1197.

- \_\_\_\_\_, 2001b, "El otro zapatismo: luchas indígenas de inspiración ecológica en México", *Ecología Política*, núm. 18, Barcelona, pp. 11-22.
- \_\_\_\_\_, 2003, "Los pueblos indígenas, actores estratégicos para el corredor biológico mesoamericano", *Biodiversitas*, núm. 47, pp. 8-14.
- \_\_\_\_\_, *et al.*, 2003, "The Múltiple Use of Tropical Forests by Indigenous Peoples in México: a Case of Adaptive Management", *Conservation Ecology*, vol. 7, núm. 3, p. 9 [online] <http://www.consecol.org/vol7/iss3/art9>.
- Tricart, J. y J. Kilian, 1982, *La eco-geografía y la ordenación del medio natural*, Anagrama, Barcelona.
- Velázquez, A. *et al.*, 2003, "A Landscape Perspective on Biodiversity Conservation: The Case of Central Mexico", *Mountain Research and Development*, vol. 23 núm. 3, pp. 240-246.
- Vitousek *et al.*, 1986, "Human Appropriation of the Products of Photosynthesis", *Bioscience*, vol. 34, núm. 6.
- Waldhardt, R., 2003, "Biodiversity and Landscape: Summary, Conclusions and Perspectives. Agriculture", *Ecosystems and Environment*, núm. 98, pp. 305-309.
- Wilshusen, P. R. *et al.*, 2002, Reinventing a Square Wheel: Critique of a Resurgent "Protection Paradigm", *International Biodiversity Conservation. Society and Natural Resources*, núm. 15, pp. 17-40.
- IUCN, 1999, "Threats to Forest Protected Areas A Survey of 10 Countries Carried out in Association With the World Comission on Protected Areas". *A Research Report from IUCN The World Conservation Union for the World Bank/WWF Alliance for Forest Conservation and Sustainable Use*.
- Zonneveld, I. S., 1995, *Land Ecology: an Introduction to Landscape Ecology as Bases for Land Management and Conservation*, SPB, Amsterdam, Academic Publishing.



**Quinta sección**  
**Cambio climático y emisores**  
**de gases de invernadero**



## Mitigación de gases-invernadero e innovación en el sector industrial en México

*Francisco Aguayo\**

El problema del cambio climático obliga indiscutiblemente a replantear la estrategia de desarrollo. En primer lugar, los efectos del cambio climático global, al igual que los del deterioro del medio ambiente en general, ponen en riesgo la capacidad misma de reproducción económica y social en magnitud y forma tales que la reducción del impacto ambiental es una condición del crecimiento económico de largo plazo. En segundo lugar, las acciones que sirven para reducir la carga de emisiones de gases de efecto invernadero muchas veces se entremezclan con requisitos de eficiencia energética, material y técnica claramente ineludibles si se pretende detener el deterioro de la posición económica del país en el régimen competitivo mundial. Finalmente, aunque México no está obligado a cumplir compromisos cuantitativos de mitigación emanados del Protocolo de Kioto, esos compromisos tendrán que enfrentarse más temprano que tarde. La mayor parte de las emisiones en los próximos 20 años se generará en los países en desarrollo, lo que seguramente aumentará la presión internacional para ampliar el régimen de compromisos a los países en desarrollo más grandes.

De alcanzarse en México un crecimiento económico elevado durante los próximos 15 años, se producirá un aumento en el consumo de energía y de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) incompatibles con una estrategia de desarrollo sustentable. Masera y Sheinbaum (2004) estiman que de permanecer las condiciones actuales de uso de energía, una expansión económica de 6% anual duplicaría el nivel de emisiones en una década. Esperar simplemente que frente al aumento de los precios el sistema económico se generarán los incentivos para aumentar la eficiencia energética y reducir emisiones es una estrategia condenada al fracaso. Por un lado, los aumentos de precios de los energéticos tendrían que ser enormes.<sup>1</sup> Existen también serias dudas acerca de la

---

\* Programa de Ciencia, Tecnología y Desarrollo, El Colegio de México.

<sup>1</sup> Galindo (2004), estima mediante un modelo macroeconómico que para estabilizar las emisiones de CO<sub>2</sub> en México a un ritmo de crecimiento del PIB de 5% anual y manteniendo constantes la intensidad energética y la relación emisiones-consumo de energía, sería necesario duplicar el precio de la energía cada 10 años.

efectividad de los mecanismos de desarrollo limpio y el mercado de permisos de emisión.<sup>2</sup> Más aún, la escasez de combustibles fósiles a nivel global no representa un factor importante en la mitigación del cambio climático.<sup>3</sup> Sólo mediante una transformación de la base técnica de las actividades económicas es posible cambiar de manera sustentable la relación entre crecimiento y emisiones. El problema que aquí queremos subrayar es el de cómo (a qué costos y con qué consecuencias de mediano y largo plazo) puede una economía abandonar un patrón de crecimiento intensivo en emisiones de gases-invernadero.

Una política de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debe por tanto incluir un componente de innovación tecnológica de carácter multisectorial. En este artículo exponemos algunos rasgos de la naturaleza del cambio técnico que aportan contenidos fundamentales a la política de mitigación en el sector industrial, en particular al considerar la secuencia temporal y la naturaleza de los incentivos necesarios para un proceso de cambio técnico radical y distribuido en una gran variedad de sectores. En la primera sección analizamos la distribución de emisiones en el sector industrial, su importancia y tendencias de corto plazo. En la segunda sección examinamos algunas tendencias de mediano y largo plazo en el uso industrial de la energía. En la tercera sección enfocamos el problema de mitigación desde el punto de vista de las transiciones tecnológicas y señalamos las consecuencias de este enfoque a considerar en una política de mitigación de GEI. Ahí exponemos por qué el análisis sobre las oportunidades de mitigación debe ampliarse de un enfoque restringido a los equipos y plantas industriales a uno que contemple la dinámica general de cambio y adaptación tecnológica en el sistema económico.

## Las emisiones de GEI en el sector industrial

Aunque entre los países en desarrollo México tiene una intensidad de emisiones relativamente alta, su posición es cercana al promedio mundial. Las emisiones de  $\text{CO}_2$  derivadas del consumo de energía en nuestro país alcanzaron las 3.64 toneladas por habitante en 2002, apenas por debajo del promedio mundial de 3.89 (IEA, 2004). Estos coeficientes de emisión por persona son de 10.96 en los países de la OCDE, 19.66 en Estados Unidos y 1.98 en América Latina. Según esa misma fuente, la economía mexicana generó en ese año 0.45 kg de  $\text{CO}_2$  por cada dólar de valor agregado, mientras que el promedio mundial fue de 0.56, en la OCDE 0.49, 0.61 en Estados Unidos y 0.33 en América Latina.<sup>4</sup>

<sup>2</sup> En particular, no se ha demostrado que el mercado de permisos de emisión pueda generar el monto de inversiones ni los incentivos necesarios para cubrir el esfuerzo de mitigación.

<sup>3</sup> El Tercer Informe de Evaluación del Panel Inter-gubernamental de Cambio Climático señala que si bien entre 1860 y 1998 se habían liberado a la atmósfera alrededor de 296 gigatoneladas de carbono (gtc), las reservas conocidas alcanzan los 1 549 GtC. Las reservas actuales de hidrocarburos (petróleo, gas y carbón) son al menos cinco veces más grandes que todo el carbono liberado a la atmósfera durante la fase más intensa de industrialización del planeta (ipcc, 2001: 27).

<sup>4</sup> Dólares de eu de 1995, en términos de paridad de poder de compra.

El sector industrial produce alrededor de la mitad de las emisiones de GEI (en unidades equivalentes de  $\text{CO}_2$ ). Esta proporción se reduce a 40% si consideramos las emisiones procedentes del cambio de uso de suelo y la explotación forestal (véase el cuadro 1). Aunque es pertinente distinguir jerárquicamente entre fuentes individuales, la mitigación de emisiones de GEI implica considerar a las actividades económicas en su conjunto, no sólo identificando sus diferencias y particularidades, sino también la interrelación entre ellas.

Las fuentes de emisión de gases invernadero están distribuidas a lo largo y ancho del sector industrial en una enorme variedad de tecnologías y prácticas. El bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) es el principal gas de efecto invernadero producido por la industria. Son cuatro las principales fuentes de emisión de GEI en el sector industrial: a) el uso directo de combustibles fósiles como fuente de calor o movimiento, o su uso indirecto mediante el consumo de electricidad; b) la utilización no energética de combustibles fósiles en procesos químicos y la fundición metalúrgica; c) las emisiones no fósiles en los procesos de producción manufactureros,<sup>5</sup> y d) las emisiones "fugitivas" de metano en los procesos de producción, distribución y almacenamiento de petróleo y gas.

Cuadro 1

**México, emisiones de GEI por sector de actividad**

(Dióxido de carbono, metano y óxido nítrico)

	1996	1998	1996	1998
	(miles de toneladas de $\text{CO}_2$ equivalente)		(%)	
Total	691 323.97	578 709.31	100	100
Consumo energético	319 590.77	355 578.36	46.2	61.4
1. Transporte	100 159.36	107 850.38	14.5	18.6
2. Manufacturas	62 327.10	62 672.02	9	10.8
3. Industrias de energía	39 029.13	47 363.81	5.6	8.2
4. Generación de electricidad	83 046.95	101 549.63	12	17.5
5. Residencial	23 765.58	23 971.33	3.4	4.1
6. Comercial	5 831.96	6 422.82	0.8	1.1
7. Agricultura	5 430.69	5 748.37	0.8	1
8. Emisiones fugitivas (petróleo y gas natural)	49 799.40	53 607.98	7.2	9.3
9. Procesos industriales	43 121.36	44 441.04	6.2	7.7
10. Agricultura	55 680.22	54 463.39	8.1	9.4
11. Cambio de uso de suelo y explotación forestal	161 422.17	n. d.	23.3	n. d.
12. Residuos municipales	61 710.05	70 618.55	8.9	12.2
Total sin rubro 11	529 901.81	578 709.31		
Emisiones industriales (2+3+4+8+9)	277 323.93	309 634.47	40.1	53.5

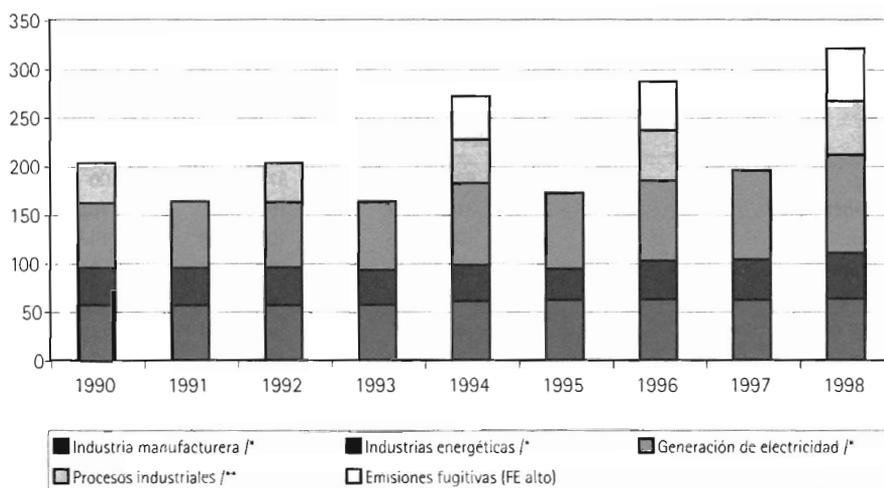
Fuente: Resumen del Informe Nacional de Emisiones de México, "Inventario Nacional de Emisión de Gases de Efecto Invernadero 1996-1998", Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, 2000.

<sup>5</sup> Metano ( $\text{CH}_4$ ), nitratos ( $\text{NO}_x$ ), hidrofluorocarbonos (HFC), polifluorocarbonos (PFC) y sulfuro de azufre ( $\text{SF}_6$ ).

Los datos de la gráfica 1 muestran los montos de emisiones asociadas al consumo de energía en fuentes fijas y de área, las emisiones generadas en procesos industriales y las emisiones fugitivas de metano que resultan del transporte, procesamiento y almacenamiento de petróleo y gas natural.<sup>6</sup> Según estas cifras, en 1998 el sector industrial generó un total de 320 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, de los cuales 36.8% provienen del sector manufacturero (consumo energético y procesos industriales), 31.7% de la generación de electricidad y 31.5% de las industrias energéticas (consumo de energía y emisiones fugitivas). Aun cuando las series para cada uno de esos rubros carecen de continuidad, es posible apreciar una tendencia ascendente en las emisiones de GEI industriales en términos absolutos.

La intensidad de emisiones de la producción industrial entre 1994 y 1998 exhibe una tendencia estable, que sólo se modifica ligeramente por efectos del ciclo económico. En términos generales cada peso de valor añadido en la industria genera alrededor de 200 gramos de CO<sub>2</sub> equivalente. La variación, de apenas 4% entre cada periodo, se explica por la pérdida relativa de dinamismo en el año 1996. Estos

Gráfica 1

**Emisiones totales de GEI en el sector industrial por tipo de fuente**(Millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente)

Notas: Los factores de equivalencia calculados son:  $1\text{CO}_2 = 21\text{CH}_4 = 310\text{N}_2\text{O} = 6\,500\text{CF}_4$ .

\* Emisiones asociadas al consumo de energía en fuentes fijas y de área; incluye dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

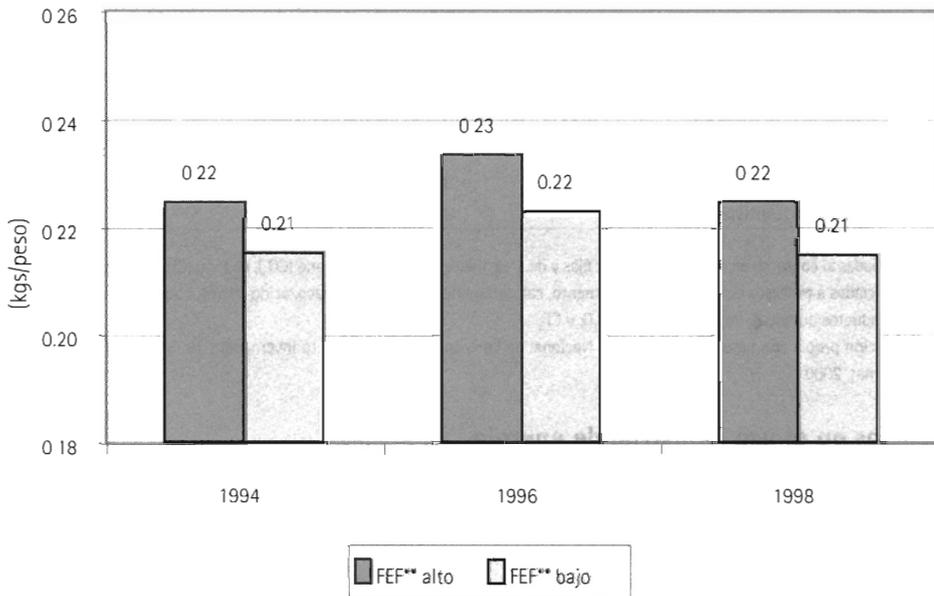
\*\* Emisiones asociadas a procesos de producción de cemento, cal, carbonato de sodio, amoníaco, ácido nítrico, coque, hierro y acero, aluminio y un grupo de productos químicos. Incluyen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, y CF<sub>4</sub>.

Fuente: Elaboración propia con base en "Inventario Nacional de Emisión de Gases de Efecto Invernadero 1996-1998", Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, 2000.

<sup>6</sup> En los cálculos que siguen, se utilizó el factor más alto de emisiones fugitivas de metano. Se excluye la utilización no energética de combustibles fósiles en la industria química y petroquímica.

datos no permiten obtener ninguna conclusión sobre los cambios internos en el factor de emisiones de la actividad económica, pero sí sobre la dimensión del problema de las emisiones. Mientras que la economía mexicana en su conjunto genera cerca de 450 gramos de  $\text{CO}_2$  equivalente por cada dólar, en el sector industrial la relación es de 2.25 kg por cada dólar de valor agregado en el sector (véase la gráfica 2).

Gráfica 2

**Intensidad de emisiones de GEI en el sector industrial\***

\* $\text{CO}_2$  equivalente por unidad de PIB a precios constantes de 2002. El valor agregado corresponde al generado en minería, manufacturas, construcción y electricidad. Se incluyen las emisiones: a) asociadas al consumo de energía por fuentes fijas y de área; b) generadas en procesos industriales, y c) de metano fugitivo en el sistema de petróleo y gas natural. En el caso de las emisiones asociadas al consumo de energía incluye dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Los datos para emisiones por procesos industriales incluyen, además de esos gases,  $\text{CF}_4$ .

\*\*FEF: factor de emisiones de metano fugitivo.

Fuentes: 'Inventario Nacional de Emisión de Gases de Efecto Invernadero 1996-1998', Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, 2000; Sistema de Cuentas Nacionales, INEGI.

Para el periodo 1994-1998 desglosamos la contribución de cada sector al aumento de emisiones del sector industrial. El uso de energía explica el 62% del aumento de las emisiones, mientras que las emisiones directas de procesos manufactureros y de metano fugitivas explican poco menos de 20% cada una. Si bien las emisiones derivadas del consumo de energía representan la mayor parte de las emisiones en el sector manufacturero, cabe destacar que son las emisiones de proceso las

que explican la mayor parte del aumento. En el apartado siguiente explicamos las causas principales de la reducción del consumo de energía en este sector y la tendencia general de consumo energético industrial.

Cuadro 2

### Emisiones de GEI en el sector industrial

	Cambio 1994-1998 (millones de toneladas)	Contribución (%)
Total	48.6	100
Fuentes fijas	30	61.7
Industria manufacturera*	2.5	5.2
Industrias energéticas*	10.3	21.1
Generación de electricidad*	17.2	35.4
Procesos industriales**	9.6	19.8
Emisiones fugitivas	9	18.5

\*Emisiones asociadas al consumo de energía en fuentes fijas y de área; incluye dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

\*\*Emisiones asociadas a procesos de producción de cemento, cal, carbonato de sodio, amoníaco, ácido nítrico, coque, hierro y acero, aluminio y un grupo de productos químicos. Incluyen CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, y CF<sub>4</sub>.

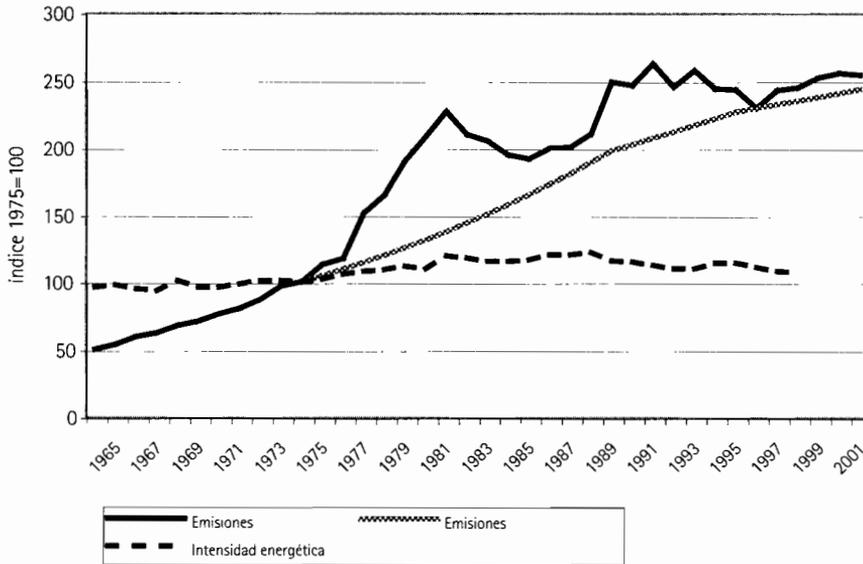
Fuente: Elaboración propia con base en el "Inventario Nacional de Emisión de Gases de Efecto Invernadero 1996-1998", Instituto Nacional de Ecología, Semarnat, 2000.

### Tendencias en el uso industrial de energía

El marco general de incentivos para modificar la alta intensidad de emisiones de la industria mexicana tiene que considerar, en primer lugar, el efecto que sobre la utilización de energía tiene la relativa abundancia de hidrocarburos en nuestro país. A pesar de su menor importancia con respecto al periodo previo a los años ochenta en términos del valor agregado nacional y de las exportaciones, la exportación de crudo sigue siendo la columna vertebral de las finanzas públicas y un importante amortiguador del déficit externo. En ese contexto resulta importante examinar las tendencias del uso industrial de energía, en particular de aquellas que representan una diversificación del sistema energético en su conjunto.

1) La intensidad energética de la economía mexicana alcanzó un punto máximo en 1989 a partir del cual comenzó a descender ligeramente. A partir de la década de los ochenta, cuando se modifican los ejes vertebrales del modelo económico, se observa también un cambio importante en la dinámica del régimen energético basado en los combustibles fósiles. El proceso de consolidación de ese régimen generó, por un lado, el aumento en la intensidad energética de la economía en su conjunto y el aumento, más que proporcional, en las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del uso de combustibles fósiles (véase gráfica 3). Al mismo tiempo, sin embargo, el régimen energético mantuvo un aumento gradual de la eficiencia energética del sector productor de energía. Mientras la intensidad

Gráfica 3

**Emisiones e intensidad energética**

Fuentes: Marland, Boden y Andres (2003); Sheinbaum, Rodríguez y Robles (1999); Aguayo y Gallagher (2005).

energética en términos de PIB para toda la economía aumentó en 25% en el periodo 1965-1988, en el sector energético se redujo 37% en ese mismo periodo. El desarrollo técnico y la expansión del sector energético sobre una base de recursos abundantes apoyó y compensó la tendencia creciente en la intensidad energética de los demás sectores, particularmente el manufacturero y de transporte (Aguayo y Gallagher, 2005). Tenemos entonces un sistema de producción de energía que se expande capturando economías de escala y absorbiendo nuevas tecnologías a lo largo de una trayectoria de desarrollo creciente. Su posición "aguas arriba" en el proceso económico permite la expansión de los sectores consumidores, aunque generando costos ambientales crecientes. A partir de 1989 esta relación dinámica se invierte. Entre ese año y 1998 la intensidad de la economía total se redujo un 10% con respecto al punto máximo de 1989, mientras que en el sector energético permaneció constante. Las posibilidades de aumentar la eficiencia del sector energético de la manera que se realizó en el pasado (fundamentalmente a partir de la expansión y estabilización de los sistemas petrolero y eléctrico) parecen haber llegado a un nivel de agotamiento, en el que reducciones subsecuentes se vuelven más difíciles y sobre todo, sólo parecen posibles a partir de un esfuerzo tecnológico de distinto orden. La velocidad creciente de las emisiones derivadas del uso de energía, de forma paralela, se interrumpe de manera abrupta en los años ochenta y se mantiene estable durante la década siguiente, por la combinación de lento crecimiento y reducción de la intensidad

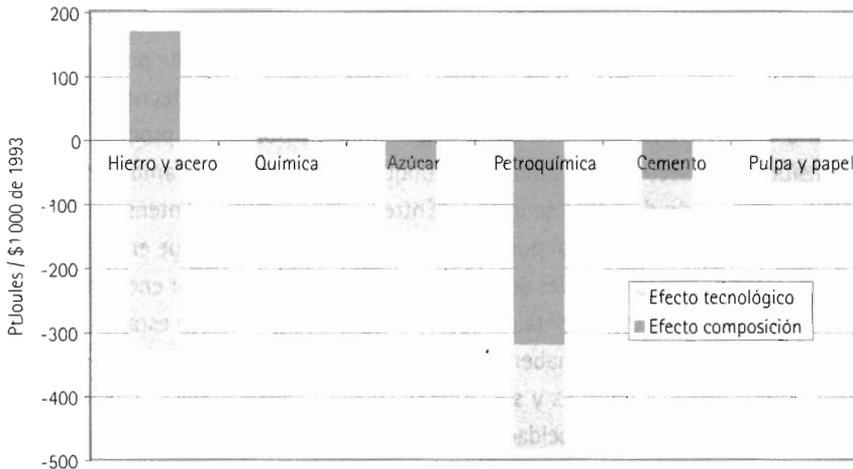
energética. El sistema energético parece entonces haber llegado a un punto en el que se conjugan la consolidación de las fuentes fósiles, una creciente dificultad para aumentar la eficiencia en el sector productor de energía, una aparentemente mayor flexibilidad en el uso de energía en otros sectores, sin vislumbrarse todavía el punto máximo de emisiones de GEI.

2) La reducción de 10% en la intensidad energética nacional por unidad de producto que se registra entre 1988-1998 se explica principalmente por lo ocurrido en el sector manufacturero. En Aguayo y Gallagher (2005) estimamos qué parte de ese aumento en eficiencia se debe al cambio técnico a nivel de rama y cuál a cambios en la estructura del valor agregado. Sólo en dos de las seis industrias más intensivas en energía (hierro y acero y pulpa y papel) el aumento en la eficiencia energética es resultado activo del cambio técnico en el uso de energía a nivel de rama; otras tres industrias (química, azúcar y petroquímica) contribuyen de forma más bien pasiva al aumento en eficiencia energética del sector, reduciendo su nivel relativo de actividad. En el caso del cemento, ambos factores tienen la misma magnitud (véase gráfica 4). La distinción es importante porque si bien no es posible detectar en ese nivel de agregación si el mejor uso de energía proviene o no de innovaciones técnicas radicales, sabemos que éste ha sido crucial en el caso del acero, cemento y en menor medida en papel, sobre todo en la forma de reposición de maquinaria y equipo, y en el caso del acero de la sucesión acelerada de técnicas de fundición más eficientes. Finalmente, existe un aumento en las importaciones intensivas en energía (particularmente en acero, papel y petroquímica) que ayudan a explicar la reducción en el uso de energía por unidad de PIB en el

Gráfica 4

### Cambio en la intensidad energética de la industria en México

1988-1998



Fuente: Aguayo y Gallagher (2005: cuadro 3).

sector industrial. Este aumento de eficiencia energética corresponde con el lento crecimiento de las emisiones manufactureras derivadas del uso entre 1994 y 1998, como se observa en el cuadro 2. Sin embargo, aunque el aumento en emisiones se reduce, no lo hacen las emisiones totales. Tanto el aumento en las emisiones de proceso como la mejora "pasiva" de la eficiencia energética (vía reducciones en la producción e importaciones de productos de esas industrias) indican que la tendencia sectorial tiene también una fuerte inercia al aumento de emisiones de GEI que, más probablemente que no, se reactivará en caso de recuperarse una senda de crecimiento rápido.

3) El sector eléctrico ha experimentado cambios importantes en la mezcla de combustibles que si bien son favorables a la mitigación de mediano plazo de GEI, revelan al mismo tiempo la rigidez del sistema eléctrico para generar y expandir nichos de tecnologías basadas en fuentes renovables. Mientras que en 1989 el gas natural y el combustóleo representaban respectivamente 13 y 76% de los combustibles utilizados para la generación de energía, en el año 2002 esa proporción había cambiado a 31% y 46% (con un aumento del carbón de 9 a 16%).<sup>7</sup> Según las inversiones asignadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para el año 2013 la generación eléctrica usará un 50% de gas natural, reduciendo en términos relativos y absolutos el uso del combustóleo (de 73 mil a 60 mil gwh de generación bruta) y aumentando la producción hidroeléctrica (aunque ésta disminuye en términos relativos; véase el cuadro 3). Estos datos indican que el sector eléctrico seguirá dominado en el mediano plazo por los combustibles fósiles, realizando parcialmente una transición energética al gas natural a través de un rápido proceso de adopción de plantas de ciclo combinado. Esta transición conllevará seguramente una reducción en la intensidad de emisiones del sector eléctrico, pues la generación por gas reduce alrededor de 40% las emisiones con respecto a uso de combustibles fósiles pesados (WEC, 2004). Aunque persista un amplio rango de tecnologías renovables en uso, su participación relativa, de por sí limitada, cederá frente al uso de combustibles fósiles colocándose muy por debajo del potencial de generación renovable. México utiliza únicamente alrededor de 10 000 mw de capacidad hidroeléctrica, mientras que el potencial alcanza entre 50 000 mw y 53 000.<sup>8</sup> El Instituto de Investigaciones Eléctricas estima que otras energías renovables en México poseen actualmente una capacidad de generación eléctrica, económicamente viable, de 52 000 mw (superior en 10% a la capacidad instalada de generación eléctrica en 2005) y que el potencial es mucho mayor.<sup>9</sup>

<sup>7</sup> SENER, 2004, Balance Nacional de Energía.

<sup>8</sup> Ver SENER (2004) y Sistema de Información Económica Energética 2004, Organización Latinoamericana de Energía.

<sup>9</sup> Eólico: 5 000 mw comercialmente viable (potencial de 40 000 mw); geotérmica mayor a 250° c: 2 000 mw; menor de 250°: 40 000 mw térmicos; basura urbana: 1 000 mw; bagazo, 500 mw; microhidráulica, al menos 3 500 mw. Además, el territorio nacional tiene una exposición solar equivalente a 5 kw/m<sup>2</sup> al día y 11 000 km de litoral con un potencial indeterminado de energía cinética.

Cuadro 3

**Evolución de la generación bruta de energía eléctrica**

	2003	2006	2009	2013
			(%)	
Por tecnología				
Hidráulica	9.7	13.2	11.1	8.6
Ciclo combinado	27.0	32.8	41.7	45.2
Turbogas	3.4	1.4	0.7	0.6
Combustión interna	0.4	0.5	0.5	0.4
Dual	6.8	6.6	6.8	6.0
Eólica	0.0	0.1	0.1	0.4
Libre	0.0	0.0	0.0	10.8
Carbón	8.2	8.0	7.0	5.6
Combustóleo	36.2	30.5	25.9	17.5
Geotermia	3.1	2.7	2.4	1.9
Nuclear	5.2	4.2	3.6	2.9
Por fuente				
Gas	38	41	50	52
Combustóleo	36	31	26	18
Carbón	8	8	7	6
Nuclear	5	4	4	3
Renovables	13	16	14	11
Libre	0	0	0	11

Fuente: SENER (2004).

Estas tres tendencias, apenas esbozadas, sugieren que tanto el aumento en la eficiencia energética como la diversificación hacia fuentes de energía renovables en el sector industrial enfrentan una gran rigidez, en el corto y mediano plazos. Es importante, en consecuencia, examinar los factores que pueden propiciar y frenar el proceso de innovación sistémica necesario para reducir la carga de emisiones de GEI industriales.

**Transiciones tecnológicas y mitigación: barreras y condicionantes**

¿Cuáles son las acciones necesarias para reducir las emisiones de GEI en el sector industrial? Existen tres componentes claramente definidos para acceder a una trayectoria de crecimiento progresivamente menos intensiva en emisiones:

- a. una transición energética hacia combustibles con menores coeficientes de emisión;
- b. aumentar la eficiencia energética y en el uso de materiales de las actividades industriales;
- c. establecer tecnologías de captura de GEI.

Todas estas soluciones requieren no sólo la introducción de nuevas tecnologías de proceso y mejorar el estado de las existentes, e innovar en las características de los productos y en las tecnologías periféricas de medición y control. Es necesario además transformar las prácticas de las organizaciones productivas y crear organizaciones e instituciones con nuevas funciones. La solución de mediano y largo plazo no es sustentable únicamente mediante innovaciones (dirigidas a la corrección o captura de GEI), sino que se requieren innovaciones radicales que transformen de fondo las dimensiones y naturaleza del flujo de intercambios de materia y energía asociados con la producción industrial. Esas innovaciones sólo tendrán efecto de forma acumulada, en la medida en que las decisiones tecnológicas individuales vayan transformando poco a poco el perfil de emisiones del conjunto. Actualmente, el costo de fuentes intensivas en emisiones y sus tecnologías relacionadas es menor que el de fuentes no intensivas. De permanecer este estado de cosas, los costos y las dificultades para una política de transición dirigida a alcanzar trayectorias de estabilización crecerán conforme aumentan la escala de producción.

### **Costos hundidos e intensidad de capital**

El sector eléctrico y las industrias intensivas en energía son intensivas en capital, por lo que su perfil tecnológico tiene un alto factor de *crystalización*. La vida productiva de plantas y equipo es una barrera a la introducción de nuevas tecnologías, con una muy baja "elasticidad" al movimiento en precios relativos y a la eficiencia relativa de las tecnologías en uso.<sup>10</sup> La sustitución de equipo y cierre de plantas puede extenderse hasta el momento en el que los costos variables de la tecnología anterior superen los costos totales unitarios de la tecnología nueva o el precio unitario del producto. El peso de los costos hundidos es mayor conforme aumentan la unidad de capital y la indivisibilidad de las inversiones. Cuando las unidades de capital son muy grandes, es más fácil introducir soluciones periféricas que reemplazar la unidad completa, aunque los beneficios sean significativamente menores. Es por esta razón que las inversiones en sectores intensivos en capital representan un compromiso de largo plazo con las tecnologías existentes, y las tasas de difusión de tecnologías nuevas dependen de la tasa de renovación del capital.

---

<sup>10</sup> La vida promedio del capital fijo en industrias intensivas en energía se mide en décadas: en Alimentos, 59 años; Papel, 43 años; Vidrio, 77; Cemento, 50. Un horno de oxígeno para la fundición de acero dura alrededor de 100 años y uno de coque, 67 (Worrell y Biermans, 2005).

En el caso de las industrias energéticas y las manufacturas intensivas en energía, los costos hundidos son una enorme barrera a la adopción de tecnologías de mitigación. Sin embargo, los costos hundidos no son fijos, sino que responden al ambiente macroeconómico general. En condiciones de lento crecimiento de la demanda y una elevada capacidad excedente, la reposición de capital sólo puede tener lugar a través de una combinación de regulación e instrumentos financieros dirigidos específicamente a acelerar la reposición de capital (ref. Eyre, 2001). Esto genera una paradoja para la política de mitigación en tanto que una regulación rígida dirigida a alcanzar objetivos de mitigación en el corto plazo es un incentivo para adoptar soluciones periféricas que pueden, de forma agregada, elevar los costos de mitigación y al mismo tiempo alargar la vida de un patrón de emisiones más intensivo. Por otro lado, facilitar la reposición por equipos con la mayor eficiencia presente significa un compromiso de largo plazo con esa opción, que puede en los próximos años ser rápidamente superada. Ante condiciones de incertidumbre tecnológica la evaluación de costos y beneficios sociales y ambientales en el mediano plazo se dificulta. Una política de mitigación de largo plazo enfrenta el reto de mantener un equilibrio entre certidumbre y adaptabilidad de los objetivos e instrumentos dirigidos a estimular las acciones de mitigación.

### **Distinción entre tecnologías periféricas y radicales**

Naturalmente, no todas las tecnologías relevantes para la mitigación de emisiones de GEI en el sector industrial enfrentan el mismo grado de inercia. Un rango amplio de equipo y componentes que aumentan la eficiencia energética y en el uso de materiales puede ser absorbido mediante la inversión de rutina y servicios de mantenimiento y reemplazo de equipo obsoleto, readaptando las plantas existentes con grandes ahorros indirectos de emisiones y beneficios netos en el mediano plazo. Más aún, la flexibilidad de muchos componentes y equipo eléctrico (como motores, calderas, sistemas de control) tiene un gran potencial de generar economías de aprendizaje y escala conforme aumenta su rango de aplicación.

Por el contrario, el desarrollo de tecnologías de mitigación más radicales y específicas, como es el caso de los procesos medulares en la siderurgia, la captura de emisiones en la producción de cemento y las energías renovables para la generación de energía, está condicionado en el mediano plazo a barreras técnicas y económicas mucho más poderosas. Es de esperarse, por tanto, que la configuración de estas tecnologías medulares persista por más tiempo, tanto por la fuerza de inercia de sus respectivos regímenes tecnológicos como por el largo ciclo de vida de plantas e instalaciones. Los costos hundidos y las tasas de renovación del capital instalado afectarán de forma diferenciada las tasas de adopción en esos sectores y será de esperar que resulten considerablemente más lentas en sectores con capacidad ociosa crónica (acero) que en otros cuya demanda es constante (generación de electricidad).

## Inercia tecnológica

A la durabilidad de las tecnologías intensivas en capital hay que añadir la tendencia de los sistemas técnicos complejos a restringir la generación de configuraciones alternativas. La inercia en un sistema tecnológico proviene de la interacción entre sus componentes. Su configuración persistente proviene no sólo de que las alternativas existentes sean menos eficientes (pueden, de hecho, no serlo), sino de que en su largo proceso de desarrollo un sistema radical genera una serie de ventajas que aumentan los costos de modificar el *statu quo*.

Existe una gran variedad de fuentes de esta inercia. En el nivel de los componentes es fácil reconocer que la interrelación tecnológica, los estándares, los criterios de desempeño y eficiencia, así como las economías de aprendizaje y la especificidad de plantas y equipos, tienden a concentrar las decisiones tecnológicas en regiones limitadas del paisaje tecnológico. En un nivel más alto de agregación, se da además una retroalimentación entre las tecnologías existentes y la manera en la que las organizaciones productivas que las usan coordinan sus actividades y desarrollan mejores técnicas. Existen además especificaciones entre oferta y demanda, economías de escala y diversificación, reglamentos e intereses creados, cuya acción acumulada dirige el cambio técnico por los caminos más conocidos. Debido a estas interacciones, las tecnologías en uso tienden a formar sus ambientes de aplicación "a su imagen y semejanza". En otras palabras, la base técnica existente es al mismo tiempo soporte y obstáculo del desarrollo tecnológico.

Esto no significa que un sistema con inercia tecnológica no se transforme, sino que lo hace siguiendo una trayectoria creciente de la cual es difícil salir. Los procesos de reemplazo de esas estructuras comienzan con la aplicación aislada de tecnologías alternativas, que deben pasar un proceso de maduración para adquirir propiedades industriales y económicas, hasta que pueden expandir sus ambientes de aplicación y generar sus propias ventajas frente a las tecnologías dominantes. Es importante señalar que las alternativas pueden en un momento dado generar sus propias fuentes de retroalimentación y convertirse rápidamente en la configuración dominante y generar a su vez rigideces para el cambio ulterior.

Estas consideraciones sugieren que una política de mitigación que cumpla expectativas de desarrollo sustentable, no puede limitarse a la difusión de tecnologías limpias mediante mecanismos de comunicación e incentivos horizontales. Desde una perspectiva de transiciones tecnológicas, una política de mitigación de GEI industrial debe considerar no sólo los objetivos de mitigación, sino las fases necesarias para alcanzarlos, las barreras que caracterizan cada fase y las fuerzas internas y externas de selección que dan forma al proceso. En particular, incidir de forma institucional sobre un proceso de transición implica reconocer un alto grado de incertidumbre y la heterogeneidad de los agentes involucrados en el proceso. Pero sobre todo, los objetivos de mitigación deben estar asociados con los recursos y activos necesarios para el desarrollo tecnológico.

## Bienes de capital y capacidades tecnológicas locales

La transición en sistemas tecnológicos radicales ocurre mediante cambios de corto plazo en los flujos de inversión, que en el largo plazo reconfiguran el *stock* de inversiones fijas. Cuando existe un alto grado de complementariedad entre inversiones, un cambio de dirección en las decisiones individuales depende de un proceso coordinado de las decisiones de inversión. Como mencionamos, las innovaciones tecnológicas adquieren propiedades industriales en "nichos" de aplicación, para lo que resulta indispensable establecer mecanismos de coordinación institucional (véase el caso de la industria del hierro en Foray y Grübler, 1991). El desarrollo y aceptación de innovaciones poco familiares con respecto a los regímenes tecnológicos existentes tiene un alto grado de especificidad. Pero al mismo tiempo, una gran cantidad de tecnologías de mitigación tienen aplicaciones a lo largo de todo el sector industrial. Las estrategias de mitigación, por tanto, dependerán tanto de la interacción entre el desarrollo de nichos específicos en cada industria como del despliegue de incentivos para la producción y absorción de esas tecnologías genéricas.

Las tecnologías industriales no se reducen a componentes y aplicaciones para la producción, apropiables de forma privada, sino que comprenden también una base tecnológica genérica y un conjunto de infraestructuras tecnológicas. Las tres dimensiones son críticas para la formulación de políticas dirigidas al cambio técnico con objetivos ambientales en la industria. Primero, porque el proceso de adopción de tecnologías nuevas es un proceso social que reclama distintos niveles de coordinación y participación entre los productores de tecnología, los usuarios y los intereses de la población afectada. En segundo lugar, porque la adopción económicamente sustentable de tecnologías de mitigación pasa necesariamente por la reactivación de la industria nacional que produce tecnologías incorporadas y desincorporadas. En la medida en que la adopción de nuevas soluciones técnicas se realice mediante la participación creciente de entidades locales, el desarrollo subsecuente se facilita y la configuración de las tecnologías será (al menos en principio) más apropiada a los ambientes locales de aplicación, reduciendo costos de adaptación y generando motores propios de difusión y desarrollo.

En este sentido, el proceso de transición en el sector eléctrico hacia el gas, aunque tiene un impacto positivo sobre las emisiones, exhibe por lo menos dos rasgos que deben revisarse cuidadosamente. El primero es que las reducciones de mitigación en el mediano plazo se llevarán a cabo desplazando relativamente el uso de fuentes de energía renovable, aun cuando éstas tengan rangos de explotación económica y técnicamente factibles (Huacuz, 2005). Si bien es inevitable la utilización de gas natural como combustible de transición, dados los diferenciales de costos de capital con respecto a las tecnologías basadas en fuentes renovables (Islas, Manzini y Martínez, 2003), su predominio a costa de las energías renovables sólo retrasa los objetivos de mitigación sustentable en el largo plazo. Más aún, tampoco es sustentable desde el punto de vista del desarrollo nacional la fórmula que parece regir la expansión del sistema eléctrico, una fórmula compuesta por la adquisi-

ción de tecnología externa con el mínimo de participación nacional y la nula corresponsabilidad con las comunidades locales (Viqueira, 2003).

### **Ambientes de selección adversos**

Una serie de factores institucionales y macroeconómicos refuerzan la inercia tecnológica y la trayectoria intensiva en emisiones, actuando sobre los ambientes de selección y aumentando los costos de transitar hacia opciones de mitigación. Primero, es imposible impulsar una política de mitigación de GEI sin reducir primero la intensidad de emisiones *indirecta* del sector público, cuyos síntomas son la dependencia petrolera de las finanzas públicas y la asfixia tecnológica de las entidades productoras de energía. Segundo, un crecimiento lento de la demanda y la inversión extiende directamente la vida económica del capital instalado, retrasando las decisiones de reemplazo y cierre de plantas al aumentar la gravitación de los costos hundidos en el costo relativo de reposición del capital (véase Lempert *et al.*, 2002). Bajos niveles de inversión alargan también las decisiones de reponer equipo e instalaciones periféricas o favorecer las opciones más ineficientes en el mercado (como el amplio mercado de equipo obsoleto que desecha el mercado norteamericano). Una economía como la mexicana que asfixia la inversión de largo plazo, tiene por definición una muy baja capacidad de absorción de tecnologías de mitigación directa e indirecta. Tercero, al reducir la inversión y uso de alternativas, se retrasa el proceso de aprendizaje práctico y el desarrollo amplio de procedimientos de adaptación, fortaleciendo la incertidumbre sobre sus ventajas específicas y la concentración económica y técnica. Los costos fijos y las inversiones complementarias, asociadas con tecnologías nuevas, pueden fácilmente aumentar en condiciones de lento crecimiento del mercado y de incertidumbre sobre las posibilidades de éxito del proceso de adaptación de tecnologías poco familiares. Finalmente, en ausencia de sistemas locales de innovación desarrollados, el proceso de identificación y coordinación de inversiones complementarias, necesarios para "desatorar" la adopción de tecnologías alternativas, es mucho más accidentado y oneroso.

### **Conclusiones**

El predominio de actividades industriales intensivas en emisiones se basa en un marco de incentivos propicio a su reproducción. De permanecer ese marco de incentivos, los costos de una política de transición dirigida a alcanzar trayectorias de estabilización de emisiones crecerán conforme aumenta la escala de producción. Esa transición exige un proceso profundo y sostenido de coordinación pública dirigida a la sustitución de combustibles, la eficiencia energética y el control de emisiones de gases de efecto invernadero, es decir, un proceso de innovación tecnológica amplio, profundo y sostenido. En consecuencia, los objetivos de mitigación son inseparables del desarrollo de capacidades financieras, tecnológicas y científicas locales que faciliten la adopción de nuevas tecnologías y las adapten de forma activa a las necesidades, recursos y condiciones nacionales.

Una política de mitigación debe considerar que los distintos regímenes tecnológicos relacionados con las emisiones industriales son resistentes al cambio debido no sólo a la relativa ineficiencia de las tecnologías alternativas, sino sobre todo a la larga vida de los equipos y plantas, a la gravitación de los costos hundidos y a las rigideces de coordinación y organización institucional que influyen cada día en las decisiones tecnológicas. Esas barreras a la innovación del sistema energético e industrial se amplifican por factores macroeconómicos y de la organización industrial que ejercen una presión en contra de la difusión de alternativas que ahorran energía y reducen emisiones. Un ambiente económico que castiga la inversión de largo plazo en equipo especializado y en capacidades técnicas propias, necesariamente fortalecerá la base tecnológica del actual sendero intensivo en emisiones, aumentando los costos de mitigación en el futuro.

Desarrollar una base económica e institucional que aumente el contenido nacional del proceso de adaptación, es una condición estratégica para reducir los costos de adaptación y transferencia de tecnologías de mitigación y aumentar la eficiencia energética, ampliar sus rangos de aplicación y la profundidad de sus beneficios ambientales y económicos. Ese componente estratégico sólo puede alcanzarse mediante la coordinación de las políticas energética, industrial, ambiental y de desarrollo científico y tecnológico, orientada a modificar los flujos de inversión en el corto plazo siguiendo objetivos de reestructuración de los usos de energía y emisión de GEI en el largo plazo.

Está en el interés nacional y estratégico evitar que la transición hacia formas industriales con menores niveles de emisión se realice sin comprometer los objetivos de desarrollo económico y social nacional, pero sobre todo, que el cambio técnico asociado con la reducción de GEI se lleve a cabo mediante fórmulas de alto impacto ambiental (afectando por ejemplo la biodiversidad y la sobreexplotación de recursos hídricos, o aumentando volumen y toxicidad de otras emisiones industriales), en un ambiente de confrontación social por los recursos geográficamente específicos y con un componente dominante de capital extranjero e insumos tecnológicos importados.

México debe exigir de forma mucho más activa en los foros internacionales la aplicación del principio de responsabilidad compartida pero diferenciada, así como el reconocimiento de la distribución desigual de los riesgos y costos de adaptación. Sin embargo, es imposible acceder a una trayectoria estable de desarrollo local sin establecer una política nacional orientada a mitigar, al mismo tiempo y de forma radical, el impacto ambiental. Una política ambiental y de cambio climático energética y sostenida al interior fortalecería a todas luces la capacidad negociadora en el exterior.

## Bibliografía

Aguayo, F. y K. Gallagher, 2005, "Economic Reform, Energy and Development: the Case of Mexican Manufacturing", *Energy Policy*, núm. 33, Rotterdam, Elsevier, pp. 829-837.

- Foray, D. y A. Grübler, 1991, "Morphological Analysis, Diffusion, and Patterns of Technical Evolution: Ferrous Casting in France and the FRG", en N. Nakicenovic y A. Grübler (eds.), *Diffusion of Technologies and Social Behavior*, Berlín, IIASA-Physica Verlag.
- Galindo, L. M., 2004, "El cambio climático global y la economía mexicana", en J. Martínez y A. Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE.
- Grübler, A. N. Nakicenovic y W. D. Nordhaus (eds.), 2002, *Technological Change and the Environment*, Washington, D.C., IIASA and Resources for the Future.
- Huacuz, J., 2005, "The Road to Green Power in Mexico—Reflections on the Prospects for the Large-scale and Sustainable Implementation of Renewable Energy", en *Energy Policy*, núm. 32, Rotterdam, Elsevier.
- IEA, International Energy Agency, 2004, "Key World Energy Statistics", París, IEA.
- IPCC, 2001, *Technical Summary, Climate Change 2001: Mitigation, A Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Islas, J., F. Manzini y M. Martínez, 2003, "Cost-benefit Analysis of Energy Scenarios for the Mexican Power Sector", *Energy Policy*, núm. 28, Rotterdam, Elsevier, pp. 979-992.
- Marland G., T. A. Boden, y R. J. Andres, 2003, "Global, Regional and National CO<sub>2</sub> Emissions", Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, US Department of Energy, <http://cdiac.esd.ornl.gov>
- Masera, O. y C. Sheinbaum, 2004, "Mitigación de emisiones de carbono y prioridades de desarrollo nacional", en J. Martínez y A. Fernández (comps.), *Cambio climático: una visión desde México*, México, Semarnat-INE.
- SENER, Secretaría de Energía, 2004, *Prospectiva del sector eléctrico 2004-2013*, Subdirección de Planeación Energética, México, SENER.
- Sheinbaum, C., V. Rodríguez y G. Robles, 1999, *Reporte final para la Secretaría de Energía-Escenarios energéticos y de emisiones*, Instituto de Ingeniería, Reporte 9137, México, UNAM.
- Viqueira, J., 2003, "¿Reorganización o desorganización de la industria eléctrica mexicana?", documento presentado en el *Seminario Energía, Reformas Institucionales y Desarrollo en América Latina*, México, Facultad de Economía, UNAM.
- WEC, World Energy Council, 2004, "Comparison of Energy Systems Using Life Cycle Assessment-special Report", Londres, World Energy Council.
- Worrel E. y G. Biermans, 2005, "Move Over! Stock Turnover, Retrofit and Industrial Energy Efficiency", *Energy Policy*, núm. 33, pp. 949-962.



## Opciones de captura de carbono en los sectores forestal y agrícola de México

Omar Maserá, René D. Martínez B.,\* Bernardus H. J. de Jong,\*\*  
Jorge Etchevers y Claudio Balbontin\*\*\*

### Importancia de los bosques de México en la captura de carbono<sup>1</sup>

Varias investigaciones han demostrado que la deforestación y la degradación forestal son factores importantes para el cambio climático global, porque traen como resultado emisiones de dióxido de carbono. Además crean grandes problemas locales y regionales, como el incremento de la erosión y el abatimiento de los mantos acuíferos, entre otros. Sin embargo, se ha estimado que, combinando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación, los bosques podrían ser un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50% las emisiones netas de dióxido de carbono a la atmósfera (IPCC, 1995).

En las últimas décadas ha surgido un interés considerable para incrementar el contenido de carbono en la vegetación terrestre a través de la conservación forestal, la reforestación, la agroforestería y otros métodos de manejo del suelo. Un gran número de estudios ha reportado el gran potencial que poseen los bosques y los ecosistemas agrícolas para almacenar carbono (Dixon *et al.*, 1994; Dixon *et al.*, 1996; Maserá *et al.*, 1995; De Jong *et al.*, 1995).

Los bosques y en general toda la vegetación, mantienen un papel fundamental en el ciclo natural del carbono porque fijan el  $\text{CO}_2$  a través de la fotosíntesis, lo que se traduce *grosso modo* en ganancia de biomasa y captura de carbono, al tomar al  $\text{CO}_2$  de la atmósfera y fijarlo en sus estructuras. La captura es más valiosa cuando la biomasa es mantenida a lo largo del tiempo en diferentes

---

\* Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM.

\*\* El Colegio de la Frontera Sur.

\*\*\* Colegio de Postgraduados.

<sup>1</sup> La mayor parte de la información de este documento se basa en los trabajos de De Jong *et al.*, 2003 y Etchevers, *et al.*, 2004, los cuales fueron publicados por los autores de este informe y otros han, a la vez que han sido actualizados en la medida de lo posible de acuerdo a la información reciente.

formas y estratos en el bosque. Durante el tiempo en que el carbono se encuentra constituyendo alguna estructura de la planta o el suelo –y hasta que es enviado nuevamente a la atmósfera– se considera "capturado". En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa) fluye como CO<sub>2</sub> para regresar al ciclo de carbono (Schimel, 1995). La fijación de carbono por bacterias y animales contribuye también a disminuir la cantidad de dióxido de carbono atmosférico, aunque cuantitativamente es menos importante que la fijación de carbono en las plantas.

La dinámica actual de uso de suelo en México presenta condiciones naturales muy propicias para las acciones de mitigación de carbono en el área de recursos naturales. Para 1990, aproximadamente un 25% de la superficie del país (50 Mha [millones de hectáreas]) estaba cubierta por bosques y selvas. De este total, prácticamente la mitad eran bosques (25.5 Mha) y la mitad selvas (24.1 Mha). Adicionalmente existen alrededor de 62 millones de hectáreas forestales con vegetación semiárida, como matorrales y otros tipos de vegetación (cuadro 1).

Cuadro 1

**Patrón de uso del suelo a nivel nacional y sus reservorios de c en 2002**

Cobertura vegetal		Superficie (miles ha)	Reservorio de c (Gton c)
<i>Bosques naturales</i>	Bosques de coníferas	5 923	2.5
	Bosques latifoliados templados	12 797	1.9
	Selvas perennifolia	9 706	1.7
	Selvas caducifolias	11 095	2.3
	Matorral	47 441	5.0
<i>Plantaciones</i>	Bosques degradados	29 001	2.6
	Comerciales	29	0.5
	Plantaciones de restauración	1 546	0.26
<i>Bosques manejados</i>	Coníferas	5 356	1.5
	Selvas	2 425	0.28
<i>Áreas protegidas</i>	Templado	672	0.16
	Tropical siempre verde	1 765	0.54
	Tropical caducifolio	106	0.02
	Áreas pantanosas	303	0.09
<i>Otros usos</i>	Bosques semiáridos	3 170	0.3
	Pastizales	20 651	2.4
	Agroforestería	900	0.1

Nota: 1 Gton c = 10<sup>9</sup> ton c

Fuente: INEGI, 2002; Masera et al., 1997, Masera et al. 2001.

El manejo "minero" de los bosques y las políticas dominantes de desarrollo rural han provocado una deforestación acelerada por lo que estos bosques hoy en día son una fuente neta de emisiones (Maser *et al.*, 1997). Sin embargo, tienen el potencial de convertirse en un sumidero importante, siempre y cuando se apliquen por lo menos algunas de las opciones que se discuten en la siguiente sección.

## Estrategias de mitigación de emisiones de carbono en zonas forestales

Existen tres opciones básicas de mitigación de carbono en el sector forestal (Maser, 1995):

- a. *La conservación.* Esta opción consiste en evitar las emisiones de carbono preservando las áreas naturales protegidas, fomentando el manejo sostenible de bosques naturales y el uso renovable de la leña, y/o reduciendo la ocurrencia de incendios.
- b. *La reforestación y forestación.* Esta opción consiste en recuperar áreas degradadas mediante acciones como la protección de cuencas, la reforestación urbana, la restauración para fines de subsistencia, el desarrollo de plantaciones comerciales para madera, pulpa para papel, hule, etc., así como de plantaciones energéticas (producción de leña y generación de electricidad) y de sistemas agroforestales.
- c. *La sustitución.* Esta opción consiste en sustituir los productos industriales por aquellos hechos de madera, es decir ahorrar energía para producir estos productos industriales (por ejemplo cemento) y por la sustitución de combustibles fósiles por combustibles renovables, como leña, carbón vegetal y biogás.

Dentro del rubro de *conservación* se contemplan cinco modalidades de mitigación:

- a. Detener o disminuir el proceso de deforestación.
- b. Conservar adecuadamente las áreas naturales protegidas existentes y crear nuevas.
- c. Aplicar prácticas de manejo sustentable de bosques y selvas naturales.
- d. Introducir estufas eficientes de uso de leña.
- e. Aplicar medidas de protección de los bosques, para evitar incendios forestales (Maser *et al.*, 2000).

La *reforestación* consiste en plantar árboles en superficies desprovistas de vegetación arbórea o con vegetación arbórea muy degradada. Es una de las opciones que aumenta la biomasa por unidad superficial y permite a la vez proteger cuencas, recuperar áreas degradadas y evitar la erosión de suelos. En esta opción se considera también la restauración forestal para fines de subsistencia, como es el caso de las plantaciones para leña en comunidades rurales y la agroforestería. Con esta opción lo que

se logra es incrementar la cantidad de carbono (c) almacenado en la vegetación, en el suelo y en los productos de madera (Montoya *et al.*, 1995).

Las metas de la opción de *sustitución* pueden ser alcanzadas básicamente por:

1. La sustitución de productos industriales en procesos que requieren de combustibles fósiles, por productos hechos de madera.
2. La quema de biomasa cosechada de forma sustentable, en lugar del uso de combustibles fósiles para energía (por ejemplo, utilizando plantaciones energéticas en las áreas no forestales). En el cuadro 2 se presentan los incrementos en las densidades de carbono que pueden alcanzarse con la implementación de cada una de las opciones forestales.

Cuadro 2

### Densidad de carbono y potencial de captura de carbono según diferentes opciones de mitigación en México

Opciones		Carbono total Unitario (tonc/ha)	Captura neta de c (tonc/ha)
a. Conservación			
Áreas naturales protegidas	Bosques de pino	169 - 180	50 - 86
	Bosques de pino-encino	72 - 162	33 - 69
	Selva alta	230 - 279	113 - 173
	Selva baja	104 - 174	57 - 87
Manejo de bosques naturales	Bosques	222 - 233	98 - 134
	Selvas	239 - 279	148 - 182
	Uso de estufas mejoradas		1.0 - 4.2
b. Reforestación			
Plantaciones de reforestación	Bosques de pino	119 - 126	75 - 79
	Bosques de pino-encino	50 - 113	35 - 66
	Selva alta	161 - 195	128 - 150
	Selva baja	73 - 122	52 - 82
Plantaciones industriales	Plantaciones de pino	140 - 148	97 - 101
	Plantaciones de eucalipto	110 - 118	67 - 71
	Plantaciones energéticas	124 - 131	215
Agroforestería	Agroforestería	86 - 135	43 - 68
	Sistemas bajo sombra	92 - 141	49 - 74

Nota: El cuadro presenta valores estimados promedios para el país de la densidad de carbono y la captura neta de carbono. La densidad de carbono es el carbono total por unidad de área asociado a una opción de mitigación, incluyendo vegetación, suelos y productos forestales. La captura neta se presenta aquí con fines solamente ilustrativos y considera la diferencia entre el carbono almacenado en la opción de mitigación y el carbono total del uso alternativo del suelo. Por simplicidad, en este caso se supone que el uso del suelo alternativo es en todos los casos el uso agrícola.

Fuente: Masera *et al.*, 2000.

## Potencial de captura de carbono en el sector forestal: desarrollo del escenario de base y el escenario de mitigación

Dentro del sector científico se han realizado varios estudios sobre el potencial de captura de carbono en México (Masera, 1995; Masera *et al.*, 1997; Masera *et al.*, 2001). En el análisis más reciente Masera *et al.*, (2001) utilizaron un modelo para estimar la captura de carbono del año 2000 al 2030 en el que se dividió el uso del suelo en el país en 21 clases, incluyendo bosques, selvas, zonas áridas y usos no forestales (las principales categorías del análisis se indican en el cuadro 1). Con este modelo se construyeron dos escenarios: un escenario de referencia y un escenario de "políticas".

El escenario de referencia considera un futuro en el que se mantienen las tasas de deforestación actuales por tipo de bosque como porcentaje del área forestal remanente; asimismo, los esfuerzos en conservación y restauración continúan pero a ritmo limitado. El escenario de políticas está basado en considerar que la captura de carbono en el sector forestal de México debe ser un subproducto de las prioridades de desarrollo sustentable del país. En otras palabras, las opciones de mitigación de carbono consideradas, parten siempre de la satisfacción de necesidades locales: demanda estimada de madera industrial y para leña, sistemas agroforestales, área susceptible a ponerse en conservación por tipo de bosque, entre otras.<sup>2</sup> Se supone un futuro en el que se satisface plenamente la demanda interna de madera industrial, de pulpa y papel y de leña; decrecen las tasas de deforestación y se hace un esfuerzo mayor en restauración y conservación de nuestros bosques. La mitigación –o captura de carbono a nivel nacional– resulta de la diferencia entre ambos escenarios.

El escenario de la superficie a la que se dedicaría cada clase de uso de suelo entre el año 2000 y 2030 se puede observar en el cuadro 3. Se aprecia que para el 2030, las opciones de mitigación cubrirían de manera neta (escenario de políticas menos escenario de base) un total de 12.4 millones de ha; es decir, pasarían de 29.4 millones de ha en el escenario de referencia a 41.8 millones de ha en el escenario de políticas.

La captura neta de carbono asociada al escenario de política se ilustra en la figura 1. En total, de adoptar las opciones propuestas para la biomasa aérea, México tendría la posibilidad de capturar aproximadamente 46 millones de tonC entre el año 2000 y el año 2030. Una buena parte de esta mitigación viene por: a) evitar la deforestación; b) manejar sustentablemente los bosques naturales; c) restaurar las áreas forestales degradadas y d) conservar los bosques protegidos.

<sup>2</sup> Para los detalles del análisis referirse a Masera *et al.* (2001). Para ambos escenarios se supuso un crecimiento promedio del PIB de 5.6% al año y una tasa decreciente de crecimiento poblacional de 2% en 1990 a 1.14% en 2030 (Conapo, 1998).

Cuadro 3

**Superficie futura por opción de mitigación en México:  
escenario de base y escenario de políticas**

Área por opción de mitigación (Mha)	Escenario de referencia			Escenario de mitigación		
	2000	2010	2030	2000	2010	2030
	(millones de ha)			(millones de ha)		
Manejo de bosques	7.7	5.7	6	7.7	6.3	8.9
Manejo de selvas	0.4	0.9	1.5	0.4	1.3	1.3
Bosque y selva protegido	8.7	10	11.6	8.7	10.9	15.2
Plantación de rotación corta	0	0.3	1	0	0.4	1.5
Plantación de rotación larga	0	0	0.1	0	0.1	0.2
Plantación de restauración	0.6	1.8	7.1	0.6	2.6	10.2
Plantación bioenergéticas	0	0.1	0.4	0	0.3	1.3
Sistemas agroforestales	1	1.2	1.6	1.1	1.7	3.3
Total	18.5	19.9	29.4	18.6	23.4	41.8
<i>Incremento del área por opción</i>						
			%			
Bosque templado	-0.80	-3.66	0.37	-0.80	-4.11	0.05
Selva tropical	-3.92	3.79	3.79	-3.92	3.79	3.79
Plantación de rotación corta	15.04	51.20	7.25	15.04	56.69	7.51
Plantación de rotación larga	0.00	30.26	6.26	0.00	39.61	3.79
Plantación de restauración	14.67	11.33	7.11	14.67	15.52	7.10
Plantación bioenergética	3.12	19.45	8.36	3.12	34.74	8.36
Sistema agroforestal	1.10	1.90	1.49	2.10	4.57	3.42
<i>Deforestación</i>						
Bosque de pino	0.63	0.63	0.63	0.63	0.32	0.16
Bosque de encino	0.70	0.70	0.70	0.70	0.35	0.18
Selva perennifolia	2.50	2.50	2.50	2.50	1.25	0.63
Selva caducifolia	1.98	1.98	1.98	1.98	0.99	0.50
Bosque semiárido	0.08	0.08	0.08	0.08	0.04	0.02

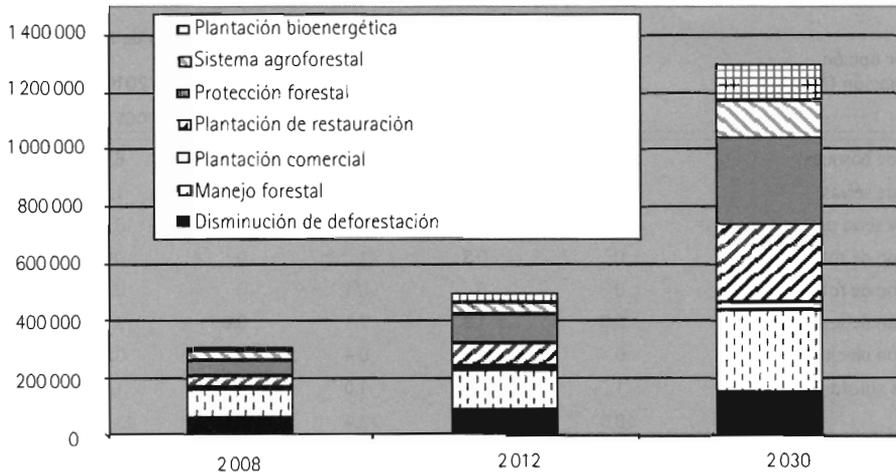
**Métodos para la estimación y cuantificación de la captura de carbono en proyectos forestales**

La forma más sencilla y general para estimar la captura neta del carbono es a partir de la diferencia entre llevar a cabo una determinada opción de mitigación y el uso de referencia (por ejemplo, la diferencia entre el contenido de carbono en un bosque y una parcela agrícola a la que sería convertida el bosque). Esto significa que al llevar a cabo un proyecto se deben estimar los flujos pasados, presentes y futuros de los gases de efecto invernadero tanto en el caso de que el proyecto sea aplicado, como en el caso de que éste no se aplique (Trines, 1998). Lo anterior implica:

Figura 1

**Captura de carbono neto (escenario de mitigación-escenario de referencia)**

por opción de mitigación en México 2000-2030



- Definir un "caso de referencia" o línea de base, y
- Definir claramente el horizonte de tiempo de la opción de mitigación.

La captura neta de carbono, asociada a determinada opción, es la diferencia entre el carbono capturado cuando se aplica el proyecto de mitigación y el carbono capturado si éste no se aplica (figura 2; Masera, 1995), es decir:

$$C_{net} = CT_{mit} - CT_{ref}$$

Donde:

- $C_{net}$  = Captura neta de carbono
- $CT_{mit}$  = Carbono total fijado al aplicar el proyecto de mitigación
- $CT_{ref}$  = Carbono fijado al no aplicar el proyecto

El establecimiento del escenario de referencia requiere de un profundo conocimiento histórico de las prácticas agrícolas y la situación socioeconómica y cultural del área afectada, así como también de una visión amplia de los cambios económicos y políticos ya sean regionales, nacionales y globales que pudieran afectar la implementación y el desarrollo del proyecto. Como varios autores han mencionado (Chomitz, 1998 y Tipper *et al.*, 1998), la selección de la línea de base para un determinado proyecto afecta

significativamente los beneficios o créditos que aquél pueda producir. Se sugiere que las líneas de base sean *precisas, comprensibles, conservadoras y prácticas* (Masera et al., 2000).

## Aporte financiero para la implementación de las opciones forestales

Pocos estudios han incluido este tipo de análisis en el desarrollo de sus proyectos. A partir de las experiencias que ha tenido el proyecto Scolel té (Montoya, G. et al., 1995 y Soto-Pinto et al., 2001), se lograron definir algunos sistemas forestales y agroforestales que tienen un potencial de captura de carbono y al mismo tiempo contribuyen en el desarrollo económico y social de los productores y comunidades.

El costo de captura de carbono incluye los costos de establecimiento del sistema alternativo, la protección y mantenimiento de las parcelas, los costos de oportunidad y los costos de monitoreo interno. No están incluidos los costos de transacción, de verificación y de certificación, dado que no se han establecido las normas y reglas para la verificación y certificación, ni la forma de cálculo de la captura. Todos los costos futuros fueron recalculados hacia el presente, aplicando una tasa de descuento de 10%. El costo total dividido por la cantidad de carbono por sistema proporciona el costo por unidad de captura. En este ejercicio no se tomó en cuenta la posible discrepancia en los pagos para el servicio en el presente y la acreditación en el futuro. En el cuadro 4 se presenta la estimación del potencial de captura de carbono (en tonC/ha) de los sistemas propuestos y el costo por unidad (US\$/tonC).

Cuadro 4

### Potencial total de captura de carbono (en tC / ha) y el costo (en US\$ / tC) en sistemas forestales y agroforestales

Sistema	Potencial (tonC/ha)	Costo (US\$/tonC)
Cerco vivo	25-50	3.40-6.80
Huerto familiar	25-50	n.d.
Café con sombra	50-100	2.80-5.40
Enriquecimiento de acahuales	80-140	5.40-9.40
Manejo de la vegetación secundaria	50-100	n.d.
Taungya	100-160	4.00-6.50
Reforestación de potreros	100-160	6.70-10.80
Plantación	100-160	6.70-10.80
Manejo de áreas forestales	60-100	5.00-10.00
Conservación de áreas forestales	15-60	n.d.

Nota: El cálculo de captura se basa en el promedio de incremento del carbono de todos los reservorios (excepto los productos derivados) en un período de 100 años para el sistema propuesta en relación con el carbono en el sistema inicial. No está contemplada una línea de base. n.d. = datos no disponible.

Fuente: Basado en Montoya et al., 1995; Soto-Pinto et al., 2001.

## **La mitigación forestal en el contexto del Protocolo de Kyoto: Proyectos forestales y el mecanismo de desarrollo limpio (MDL)**

Dentro del MDL los proyectos forestales son herramientas muy importantes ya que permiten obtener además de beneficios climáticos, protección a los bosques y beneficios a las comunidades locales.

En el momento de planear un proyecto forestal de mitigación de gases de efecto invernadero, habrá que decidir si éste va a formar parte del acuerdo del MDL y en caso afirmativo, cómo se va a desarrollar y a poner en práctica para que efectivamente cumpla con las características y requisitos del acuerdo antes mencionado. En este sentido, cabe señalar que para el primer período de compromisos (2008-2012) sólo se aceptan proyectos de forestación y reforestación en el MDL.

Otro aspecto a considerar en los proyectos que deseen estar incluidos dentro del MDL, es que deben planearse de manera adecuada las cuestiones legales e institucionales y además tomar en cuenta los impactos tanto ambientales como socioeconómicos de los mismos.

## **Potencial de captura de carbono en los suelos de uso agrícola**

La información proveniente de la investigación con respecto a índices de captura de  $c$  en suelos de México es escasa. Hasta el momento, la mayoría de los estudios se han centrado en estimar los contenidos de  $c$  bajo diferentes clases de uso de suelo. Esta sección presenta una estimación preliminar del potencial de captura de  $c$  en México para algunos escenarios específicos. Las estimaciones de la tasa de captura  $c$  del suelo fueron obtenidas de la literatura internacional y de los expertos. El escenario futuro es también un ejercicio preliminar que requiere ser refinado conforme haya más datos disponibles.

Los datos del cuadro 5 muestran los diferentes usos de suelo en México, y la información del cuadro 6 ilustra el potencial de captura de carbono relacionando las opciones de manejo específicas en los sectores agrícola y silvícola. Finalmente, el cuadro 7 presenta el potencial total de la captura de  $c$  en el suelo de México al año 2020.

En México para el año 2020, aproximadamente 8.8 Mha de suelos marginales podrían ser sujetos de restauración del uso del suelo para opciones de captura de  $c$ . La tasa de captura de  $c$  en el suelo podría situarse entre  $0.1 \text{ tonc ha}^{-1}$  y  $3 \text{ tonc ha}^{-1}$  al año. El potencial de captura de  $c$  a nivel nacional tendría entonces un rango de entre 3.8 y 16.7 millones de  $\text{tonc/año}$ .

Cuadro 5

**Superficie actual de uso de suelo en México**

Uso de Suelo†	Área (%)	Área (Mha)
Área Total <sup>1</sup>	100.00%	195.734
Áreas de cultivo <sup>1</sup>	15.29%	29.93
Tradicional <sup>2</sup>	12.09%	23.66
Tradicional sobre pendientes <sup>4</sup>	18.90%	5.66
Tradicional en planicies <sup>5</sup>	81.10%	24.27
Irrigación <sup>3,9</sup>	3.20%	6.26
Pastizales y herbáceas <sup>6</sup>	53.00%	103.74
Pastizales mejorados <sup>11</sup>	4.08%	8

<sup>1</sup> Inventario Nacional Forestal 2000 (Instituto de Geografía-UNAM, 2002).

<sup>2</sup> Total cultivable-Áreas con irrigación.

<sup>3</sup> FAO (2000).

<sup>4</sup> 18.9% del área de cultivos (USGS/EROS Data Center) incluye pendientes >10%. Las áreas de cultivo incluyen cultivos temporales y pastizales, cultivos con riego y áreas que combinan a los pastizales con cultivos y combinación de cultivos con actividades silvícolas.

<sup>5</sup> Agricultura menos áreas de pendientes.

<sup>6</sup> 4.08% de la superficie del país.

<sup>7</sup> FAO (2000).

<sup>8</sup> FAO (2000)

<sup>9</sup> 1.3 x 10<sup>6</sup> ha con irrigación suspendida.

<sup>10</sup> FAO (2000).

<sup>11</sup> Pastizales en áreas tropicales húmedas y subhúmedas y también áreas templadas.

Cuadro 6

**Escenarios potenciales de captura de carbono en los suelos de México**

Opción	Porcentaje del área que se agregará a la opción en los 20 años próximos	Área (10 <sup>6</sup> ha)	Incremento del carbono en el suelo (Mg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )
Agricultura tradicional sobre pendientes <sup>4†</sup>			
Agroforestería	10.00%	0.57	0.2-0.4 <sup>7†</sup>
Tierra de barbecho convertida a bosques secundarios <sup>**</sup>	10.00%	0.57	0.3-1.0
Planicies <sup>5</sup>			
Labranza de conservación	20.00%	4.85	0.2-0.3 <sup>8</sup>
Agroforestería	7.98%	0.5	0.2-0.4 <sup>7</sup>
Áreas con riego			
Riego mas labranza de conservación	16.60%	1.04	0.5-1.0 <sup>10</sup>
Pastizales mejorados <sup>6</sup>	12.77%	0.8	0.15-0.6 <sup>14</sup>

<sup>†</sup> Referirse al cuadro 5.

Cuadro 7

### Escenarios futuros de captura de carbono en suelos de México y potencial de captura de C al año 2020

Opción	Área por Opción 10 <sup>6</sup> ha	Captura de Carbono (Mg ha <sup>-1</sup> yr <sup>-1</sup> )	Captura de Carbono Total (10 <sup>6</sup> Mg yr <sup>-1</sup> )
Agricultura tradicional sobre pendientes <sup>4†</sup>	0		
Agroforestería	0.57	0.5-1.8	0.28-1.01
Tierra de barbecho convertida a bosques secundarios <sup>**</sup>	0.57	0.3-1.0	0.17-0.57
Planicies <sup>5</sup>	0		
Labranza de conservación	4.85	0.4-1.2	1.94-5.82
Agroforestería	0.5	0.5-1.8	0.25-0.9
Áreas con riego	0		
Irrigación	1.04	0.4-1.2	0.42-1.25
Labranza de conservación	0		
Pastizales mejorados <sup>6</sup>	0.8	0.2-0.6	0.16-0.48
	0		
Total	8.33		3.8-16.7

†Referirse al cuadro 6.

## Inclusión de la captura de carbono en el Plan Estratégico Forestal Nacional

En México se han hecho los primeros esfuerzos para incluir en las estrategias del sector forestal la valoración de los servicios ambientales. Hasta el momento de la elaboración del presente documento la captura de carbono forma parte del pago por servicios ambientales que oferta la Comisión Nacional Forestal. Sin embargo, creemos que aún falta trabajo por desarrollar para que este pago sea más incluyente y pueda combinarse con otro tipo de actividades como el manejo forestal. El Plan Estratégico Forestal 2025 (Conafor, 2001) integra en sus objetivos la valoración de los servicios ambientales como componente importante de las maniobras que deben implementarse para promover el manejo sustentable de los recursos forestales.

## Conclusiones

Las políticas que tienen como propósito principal solucionar diversos problemas sociales, económicos y ambientales permiten en muchos casos mitigar simultáneamente los efectos del cambio climático. Las sinergias se dan en el aprovechamiento, conservación y/o restauración de los recursos naturales (manejo sustentable de bosques, creación de áreas naturales protegidas, programas de reforestación, impulso de plantaciones, entre otras) (CICC, 1999).

México se ha comprometido internacionalmente a reducir –en el mediano plazo– los ritmos de crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual representa retos que requieren de crecientes esfuerzos y de una participación amplia y coordinada de los gobiernos federal, estatal y de la sociedad en su conjunto.

Una buena parte de los bosques y selvas mexicanas son de propiedad comunal o ejidal y constituyen el patrimonio principal de aproximadamente 12 millones de mexicanos, muchos de ellos en condiciones de extrema pobreza y marginación. Por lo anterior, la política forestal debe procurar la conservación e incremento de las posibilidades de los bosques y selvas para prestar servicios ambientales, como subproducto de su utilización sustentable como fuente de desarrollo económico de las comunidades que cuentan con recursos forestales.

De alcanzar estas metas, México podría lograr que sus ecosistemas forestales pasaran de ser una fuente neta a un reservorio neto de carbono, y así convertir en meta primordial la reducción significativa de las emisiones futuras de gases de efecto invernadero. Sin embargo, para que este potencial realmente se realice, es muy importante que las diferentes acciones cuenten con el correspondiente soporte económico del gobierno federal y estatal, así como de apoyos financieros internacionales.

Sin duda, el conjunto de acciones de mitigación requiere de un trabajo colectivo de los agentes económicos y de la población en general, ya que la solución de los problemas ambientales demanda no solamente transformaciones técnicas, sino también cambios en los patrones culturales y sociales relativos a las formas de producción y de consumo, así como a las mismas iniciativas de participación social. En síntesis:

- El sector forestal mexicano tiene un rol importante tanto en almacenamiento como en el potencial de mitigación de los gases de efecto invernadero.
- Las opciones forestales de mitigación bien implementadas pueden fortalecer el proceso de desarrollo rural sustentable del país.
- Las opciones de mitigación en el sector agrícola son también muy importantes e incluyen la labranza de conservación, la irrigación más labranza de conservación y la agroforestería, entre otras.
- Las opciones de captura de carbono deben ser complemento de las estrategias de reducción de emisiones en el sector de energía.

## Bibliografía

cicc (Comité Intersectorial para el Cambio Climático), 1999, *Programa Nacional de Acción Climática*, documento de consulta pública, México, 189 p.

- Conapo, 1998, *Situación Demográfica Nacional y Estatal*, México, Conapo.
- Conafor, 2001, *Plan estratégico Forestal*, México, Conafor.
- Chomitz, K., 1998, "Baselines for greenhouse gas reductions: problems, precedents, solutions", draft paper, Carbon Offsets Unit, World Bank.
- Etchevers, J. D., O. Masera, C. Balbontín, D. Gómez, A. Monterroso, R. Martínez, M. Acosta, M. Martínez, y C. Ortiz, 2004, "Soil Carbon Sequestration: Mexico and Central America (Bioma A)", por aparecer en R. Lal *et al.*, *Potential for Soil Carbon Sequestration in Latin America*, Ohio State University.
- De Jong, B. H., O. Masera y T. Hernández, 2003, "Opciones de captura de carbono en el sector forestal", en Martínez, J., A. Fernández y P. Osnaya (comps.), *El Cambio Climático en México*, México, Semarnat, pp. 369-380.
- De Jong, B., G. Montoya-Gómez, K. Nelson, L. Soto-Pino, J. Taylor y R. Tipper, 1995, "Community Forest Management and Carbon Sequestration: a Feasibility Study from Chiapas, México", *Interciencia* 20(6): 409-416.
- Dixon, R. K., S. Brown, A. M. Houghton, M. C. Solomon, Trexler y J. Wisniewski, 1994, "Carbon Pools and Flux of Global Forests Ecosystems", *Science* 263: 185-190.
- Dixon, R. K., S. P. Sathaye, O. R. Meyers, O. R. Masera, A. A. Makarov, S. Toure, W. Makundi y S. Wiei, 1996, "Greenhouse Gas Mitigation Strategies: Preliminary Results from the u.s. Country Studies Program", *Ambio* 25(1): 26-32.
- FAO, 2000, "Two essays on climate change and agriculture. A developing country perspective. FAO 145", *Economic and social development paper*, Roma, FAO.
- INEGI, 2002, *Carta de uso de suelo y vegetación Serie III*, escala 1:250 000, México, INEGI.
- Instituto de Geografía-UNAM, 2002, *Análisis del uso de suelo*, México.
- Intergovernmental Panel on Climatic Change (IPCC), 1995, *Climate Change 1995. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Masera, O., 1995, "Carbon Mitigation Scenarios for Mexican Forests: Methodological Considerations and Results", *Interciencia* 20(6): 388-395.
- Masera, O., M. J. Ordóñez y R. Dirzo, 1997, "Carbon emissions from Mexican Forests: Current Situation and Long-term Scenarios", *Climatic Change* 35, pp. 265-295.
- Masera, O., A. D. Cerón y J. A. Ordóñez, 2001, "Forestry Mitigation Options for México: Finding Synergies Between National Sustainable Development Priorities and Global Concerns", *Mitigation and Adaptation Strategies for Climate Change: Special Issue on Land Use Change and Forestry Carbon Mitigation Potential and Cost Effectiveness of Mitigations Options in Developing Countries*, 6: 3-4 pp. 289-310.
- Masera, O., B. de Jong, I. Ricalde y A. Ordóñez, 2000, *Consolidación de la Oficina Mexicana para la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero*, reporte final, IDE-UNAM, 168 p.
- Montoya G., B. de Jong, K. Nelson, L. Soto, P. J. Farías, J. Taylor y R. Tipper, 1995, *Desarrollo forestal sustentable: captura de carbono en dos zonas tzeltal y tojolabal del estado de Chiapas*, Cuadernos de Trabajo núm. 4, México, Instituto Nacional de Ecología, 79 p.
- Schimel, D. S., 1995, *Terrestrial Ecosystems and the Carbon Cycle*, *Global Change Biology*, 1:77-91.

- Soto-Pinto, L., G. Jiménez-Ferrer, A. Vargas-Guillén, B. de Jong, E. Esquivel-Bazán, 2001, *La Agroforestería como una Alternativa para Secuestro de Carbono. El Caso Chiapas*, Taller Internacional sobre Secuestro de Carbono, Mérida, Venezuela.
- Tipper, R. y B. de Jong, 1998, "Quantification and regulation of carbon offsets from forestry: comparison of alternative methodologies, with special reference to Chiapas, Mexico". *Commonwealth Forestry Review* 77: 219-228.
- Trines, E. P., 1998, "sgs' carbon offset verification service", *Commonwealth Forestry Review* 77(3): 209-213.



**Sexta sección**  
**Manejo de residuos peligrosos**



## **El manejo de residuos peligrosos en México**

*Adolfo Mejía Ponce de León,\**

*Guillermo J. Román Moguel\* y Laura Beltrán García\*\**

La producción de residuos es una medida de la no sustentabilidad de los procesos industriales y de las sociedades. Se presenta el estado actual de los residuos peligrosos en México desde la generación e infraestructura privada para su manejo, hasta la normatividad y gestión gubernamentales. Se proponen elementos para el manejo adecuado de los residuos peligrosos que requieren la aplicación de políticas e instrumentos con una visión de largo plazo, un manejo integral y cuantiosos recursos económicos de los sectores público y privado. A cambio se obtendrá no sólo la disminución del riesgo a la salud y el ambiente sino también un avance hacia la sustentabilidad del sector privado y de la sociedad en su conjunto.

### **Introducción**

Una medida de la no sustentabilidad ambiental es la generación de los residuos. Éstos representan materiales no utilizados en forma integral durante los procesos de producción o después del uso de los bienes de consumo por la sociedad. Los residuos representan una carga económica importante para la sociedad pues es necesario asegurar que tengan un fin de vida adecuado. El desarrollo de mejoras ambientales en la gestión y manejo de residuos, particularmente los considerados de riesgo para la salud y el ambiente, ha tomado relevancia cada vez mayor en el mundo en años recientes. Esto en virtud de que la producción de residuos es genérica de los procesos industriales, de la provisión de servicios así como de la sociedad en general.

El manejo adecuado de residuos peligrosos ha sido motivo de acuerdos ambientales multilaterales tales como el de Basilea, enfocado a su manejo transfronterizo, y el de Estocolmo, que ha

---

\* Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

\*\* División de Apoyo a la Investigación, Secretaría de Investigación y Posgrado, Instituto Politécnico Nacional, [groman@ipn.mx](mailto:groman@ipn.mx).

entrado en vigencia recientemente, y que se ocupa de la eliminación de los Compuestos Orgánicos Persistentes (COP).

En el plano nacional, la imperiosa necesidad de resolver los problemas ocasionados por los residuos ha sido la razón de la expedición de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) vigente desde el 8 de abril de 2004.<sup>1</sup> Esta ley clasifica los residuos en tres estratos: peligrosos, de manejo especial y sólidos urbanos y en ella se definen o modifican 17 conceptos de residuos.

La LGPGIR establece que deberán sujetarse a planes de manejo (PM) los residuos peligrosos y aquellos de manejo especial. En la LGPGIR se plantea entre otros conceptos básicos la sustentabilidad del manejo de residuos, de tal manera que la gestión de residuos sólidos debe ser ambientalmente efectiva, económicamente viable y socialmente aceptable.

- La efectividad ambiental comprende la reducción de las cargas ambientales generales de la gestión de los residuos, ambas en términos del consumo de recursos y la generación de emisiones.
- La viabilidad económica incluye que los costos de los sistemas de gestión de residuos sean aceptables para los distintos sectores (sector privado, sector social y los órdenes de gobierno).
- La aceptación social requiere que el sistema de gestión de residuos refleje los valores y prioridades de la sociedad.

Sin embargo, pese a la existencia de este instrumento normativo y a los esfuerzos previos, aún no ha sido posible definir e instrumentar una política resultante en esta materia. Ejemplos de algunos desaciertos están representados por el caso del confinamiento de residuos peligrosos que se estableció la década pasada en Guadalcázar, S.L.P., que tuvo que clausurarse no obstante haber cubierto los requisitos técnicos y legales por parte de la autoridad federal de ese momento. Como consecuencia de ello, el gobierno mexicano tuvo que pagar a la empresa privada dueña del confinamiento una indemnización de varios millones de dólares, después de la resolución desfavorable emitida por un panel internacional. Un segundo ejemplo lo constituye el caso de un predio ubicado en el municipio de Tultitlán, Estado de México, en el cual se depositaron durante varios años miles de toneladas de residuos que contienen cromo hexavalente. La empresa generadora abandonó el predio y se declaró en quiebra, la cual ha estado tratando de remediarse, sin éxito, con el concurso de los tres órdenes de gobierno. Un ejemplo final es la gestión de los lodos de perforación base aceite de la industria

---

<sup>1</sup> *Diario Oficial de la Federación*, 2003, "Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, 8 de octubre, pp. 10-37.

extractiva de petróleo y gas, equivalente a más de 100 000 toneladas por año, cuya verificación del cumplimiento de su tratamiento no ha sido suficientemente intensiva, provocando un manejo no adecuado.

En este trabajo se presenta un panorama sobre la generación y manejo de residuos peligrosos en México, seguido de consideraciones sobre el marco legal que rige su gestión y manejo, que incluye algunos aspectos administrativos, para finalmente presentar elementos que contribuyan a su adecuado manejo.

## **Estado de los residuos peligrosos en México**

### **Definición y generación**

De acuerdo a la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR) un residuo peligroso se define como "aquel que posee algunas de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contenga agentes infecciosos que le confieran peligrosidad, así como los empaques, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfiera a otro sitio".

La característica más importante es la toxicidad ya que algunas sustancias son acumulativas en los tejidos humanos, lo que resulta en efectos mutagénicos y degenerativos de los organismos vivos. Las otras características representan un riesgo menor pero no por ello desdeñable. De ahí que el foco de atención se concentre principalmente en sustancias contenidas en los residuos primeramente mencionados. Entre éstas se pueden destacar metales pesados, compuestos orgánicos volátiles (aromáticos) y compuestos órgano-clorados, entre otros.

No existe en México un inventario real y detallado de la generación anual ni de las cantidades acumuladas de residuos peligrosos. Tampoco existe un padrón completo de empresas generadoras ni tratadoras de residuos, por lo que la estimación que ha prevalecido, alrededor de 8 MT/año, es incierta en el mejor de los casos. Por otro lado, esta estimación variará si se atienden las definiciones actuales de la LGPGIR, que reclasifican algunos de los residuos anteriormente denominados como peligrosos en una nueva categoría de "residuos especiales". De esta forma la cantidad puede ser reducida considerablemente.

Como muestra del inventario nacional se presenta información parcial de ocho estados: Aguascalientes, Distrito Federal, Durango, México, Nuevo León, Tamaulipas, Yucatán y Zacatecas. En una muestra de 270 000 toneladas generadas en 2003 en aproximadamente 900 empresas, la distribución del tipo de residuos peligrosos se presenta en la tabla 1. En ésta se puede ver que alrededor de 35% lo constituyen residuos orgánicos como aceites y solventes, 15% son residuos químicos, 6% de la industria metalúrgica, con un 40% de otros residuos. Resulta obvio que se requiere detallar más la clasificación así como completar el inventario de todo el país.

Tabla I

**Distribución de residuos por tipo en una muestra de ocho estados de la República**

Residuo	%
Aceite dieléctrico	4.5
Aceites gastados	16.7
Acumuladores	3.6
Cloruro ferroso	8.4
Escorias metálicas	2.2
Pegamento	3.7
Químicos varios	3.6
RPBI	2.2
Sólidos contaminados	29.4
Solventes contaminados	17.9
Otros	7.8
Total	100.0

Fuente: Dirección General de Materiales y Actividades Riesgosas, Semarnat, 2003.

**Infraestructura para el manejo**

La jerarquización de los procesos considerados por el manejo de residuos generalmente aceptada es la siguiente: *evitar, minimizar, recuperar materiales y energía, incinerar, neutralizar y depositar*. Lamentablemente en nuestro país existe poca y dispersa información acerca de estos procesos y su aplicación en los diferentes subsectores y regiones. Esto es aplicable especialmente cuando hablamos de evitar y minimizar la generación de residuos; recuperar materiales y energía se ha equiparado a reciclar. Sobre la incineración sí se conocen datos ya que es un proceso regulado y vigilado. Finalmente acerca del confinamiento de residuos existe información suficiente en virtud de la existencia de un único sitio en nuestro país.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales ha estado elaborando un padrón de las capacidades instaladas de las empresas tratadoras de residuos. Sin embargo no se conoce, con precisión, la cantidad tratada ni los procesos utilizados para ello, excepto la de algunos residuos específicos como es el caso de los bifenilos policlorados. La infraestructura autorizada entre 1999 y 2003 equivalía al tratamiento de aproximadamente 8.5 millones de toneladas por año (más del 60% de esta cantidad se trataba con anterioridad a 1999) y se presenta en la tabla II.

La disposición final merece un comentario aparte. Únicamente existe un confinamiento en el país aun cuando se cuenta, desde hace años, con normas para establecer y operar confinamientos, así como un estudio de todas las áreas con características adecuadas en el país. Se han efectuado numerosos intentos por establecer otros confinamientos pero se han visto frustrados principalmente por presiones sociales, muchas de ellas carentes de argumentos consistentes.

Tabla II

**Autorizaciones a empresas tratadoras de residuos**

Tipo de manejo	Empresas (número)	Capacidad (ton/año)	% del total
Reciclaje	142	2 939 129	34.4
Incineración	8	1 969 19	2.3
Reuso	4	500 042	5.9
Tratamiento	45	4 910 723	57.4
Total	199	8 546 813	100.0

Fuente: Dirección General de Materiales y Actividades Riesgosas, Semarnat, 2003.

Mientras que las mayores deficiencias en infraestructura se vinculan con los procesos para el tratamiento de algunos de los residuos de manejo especial como son los residuos agrícolas y ganaderos, los residuos de la industria minera y los desechos de construcción, se manifiestan tendencias favorables hacia el manejo adecuado de los residuos de la industria electrónica, los aceites usados y las pilas y baterías. Esto último como resultado, en buena medida, de la aceptabilidad de la sociedad y el valor potencial en la recuperación de materiales y energía a partir de ellos.

Por otra parte se importan residuos peligrosos para su reciclado, principalmente de dos tipos, baterías automotrices y polvos de acería eléctrica, para obtener zinc, plomo y otros metales. Se exportan principalmente tres residuos: lodos base aceite de extracción de petróleo y gas, bifenilos policlorados y cenizas de las plantas generadoras de energía. Los residuos de la plantas maquiladoras de muy diversos órdenes se retornan a su país de origen ya que así se encuentra estipulado.

**El marco institucional**

La Convención de Basilea regula, a nivel internacional, el manejo transfronterizo de residuos peligrosos, particularmente entre los países desarrollados y los que están en desarrollo. Por su parte la Convención de Estocolmo, que recientemente entró en vigor, se enfoca a la eliminación de los compuestos orgánicos persistentes, los cuales son compuestos basados en carbono que permanecen intactos en el ambiente durante largo tiempo, se distribuyen ampliamente, se acumulan en el tejido graso de los organismos vivos y son tóxicos para la vida humana y animal. México, como país firmante, deberá desarrollar un Plan Nacional de Implementación (para su eliminación) mismo que no ha sido formulado aún.

En la normatividad nacional se cuenta con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), que en su artículo 142 establece que no se podrá autorizar la importación de residuos (excepto para reciclaje), y los artículos 150 a 153 que establecen las disposiciones generales para el manejo de residuos peligrosos así como la emisión de autorizaciones para su manejo. Esto ha sido ampliado por la LGPGIR actualmente vigente.

## LPGIR, reglamento y normas

Algunos de los principios más destacables de la LPGIR para el manejo de los residuos peligrosos son:

- II. Lograr el desarrollo sustentable.
- III. Prevención y minimización de la generación [...] así como su manejo integral.
- IV. La asunción de costos derivados del manejo (por el generador).
- VI. Valorización de los residuos para su aprovechamiento.
- VIII. Disposición final de residuos limitada sólo a aquellos cuya valorización o tratamiento no sea económicamente viable, tecnológicamente factible y ambientalmente adecuada.
- IX. Selección de sitios para disposición [...] de conformidad con normas.
- X. Realización inmediata de acciones de remediación.
- XI. Producción limpia como medio para alcanzar el desarrollo sustentable.
- XII. La valorización, responsabilidad compartido y manejo integral de residuos.

Aunque la ley entró en vigor el 8 de abril de 2004, el reglamento que debería haber sido expedido a los 180 días, aún no ha sido publicado. El reglamento deberá hacer más operativa la ley.

Las normas oficiales mexicanas que rigen el manejo de los RP son:

- NOM 052: Características de los RP, listado y límites (CRETI).
- NOM 053: Procedimiento de la prueba de extracción.
- NOM 054: Determinación de incompatibilidad entre RP.
- NOM 055: Localización de sitios para confinamiento.
- NOM 056: Diseño y construcción de obras complementarias para confinamientos.
- NOM 057: Diseño, construcción y operación de celdas de sitios de confinamiento.
- NOM 058: Operación de confinamientos.
- NOM 083: Condiciones para los sitios destinados a la disposición final de residuos sólidos municipales.
- NOM 087: Separación, envasado, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de RP biológico-infecciosos.

Los criterios para seleccionar los residuos sujetos a planes de manejo, de acuerdo con el artículo 30 de la ley, son:

- I. Que los materiales que los componen tengan un alto valor económico.
- II. Que se trate de residuos de alto volumen de generación, producidos por un número reducido de generadores.

- III. Que se trate de residuos que contengan sustancias tóxicas persistentes y bioacumulables.
- IV. Que se trate de residuos que representen un alto riesgo a la población, al ambiente o a los recursos naturales.

De acuerdo al artículo 31 de la citada LGPGIR, los siguientes residuos peligrosos y los productos usados, caducos, retirados del comercio o que se desechen y estén clasificados como tales en la norma oficial mexicana correspondiente, estarán sujetos a un plan de manejo:

- I. Aceites lubricantes usados.
- II. Disolventes orgánicos usados.
- III. Convertidores catalíticos de vehículos automotores.
- IV. Acumuladores de vehículos automotores que contienen plomo.
- V. Baterías eléctricas a base de mercurio o de níquel-cadmio.
- VI. Lámparas fluorescentes y de vapor de mercurio.
- VII. Aditamentos que contengan mercurio, cadmio o plomo.
- VIII. Fármacos.
- IX. Plaguicidas y sus envases que contengan remanentes de los mismos.
- X. Compuestos orgánicos persistentes como los bifenilos policlorados (BPC).
- XI. Lodos de perforación de base aceite, provenientes de la extracción de combustibles fósiles y lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, cuando sean considerados como peligrosos.
- XII. La sangre y sus componentes, sólo en forma líquida, así como sus derivados.
- XIII. Las cepas y cultivos de agentes patógenos generados en los procedimientos de diagnóstico e investigación y en la producción y control de agentes biológicos.
- XVI. Los residuos patológicos constituidos por tejidos, órganos y partes que se remueven durante las necropsias, la cirugía o algún otro tipo de intervención quirúrgica, que no estén contenidos en formol.
- XV. Los residuos punzocortantes que hayan estado en contacto con humanos o animales o sus muestras biológicas durante el diagnóstico y tratamiento, incluyendo navajas de bisturí, lancetas, jeringas con aguja integrada, agujas hipodérmicas, de acupuntura y para tatuajes.

## Gestión e infraestructura

La gestión de los residuos peligrosos es competencia principalmente de la Federación a través de la Semarnat. Sin embargo, la LGPGIR distribuye competencias para regular a los microgeneradores, a los gobiernos estatales y municipales. Las autorizaciones actualmente requeridas para las distintas formas de manejo son las siguientes:

- Semarnat-07-001. Recolección y transporte de residuos peligrosos para generadores y empresas prestadoras de servicio.
- Semarnat-07-002. Aviso de retorno de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-003. Autorización para la exportación de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-004. Aviso de inscripción como empresa generadora de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-005. Reporte semestral de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-006. Autorización para la importación de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-008. Evaluación de los estudios de riesgo para empresas en operación.
- Semarnat-07-009. Manifiesto de entrega, transporte y recepción de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-010. Autorización para el almacenamiento de residuos peligrosos.
- Semarnat-07-011. Autorización para la construcción y operación de confinamientos de residuos industriales peligrosos.
- Semarnat-07-012. Autorización para el manejo de residuos peligrosos que pretende su reuso, reciclaje, tratamiento o incineración.

Entre los instrumentos que la LGPGIR establece para una mejor gestión se encuentran los Planes de Manejo de Residuos, cuya definición es la siguiente:

Instrumento cuyo objetivo es minimizar la generación y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos peligrosos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, con fundamento en el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos, diseñado bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucra a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos, según corresponda, así como a los tres niveles de gobierno.

Los objetivos de los planes de manejo, establecidos en el artículo 27 de la LGPGIR, son los siguientes:

- I. Promover la prevención de la generación y gestión integral de los residuos, a través de medidas que reduzcan los costos de su administración, faciliten y hagan más efectivos, desde la perspectiva ambiental, los procedimientos para su manejo.
- II. Establecer modalidades de manejo que respondan a las particularidades de los residuos y de los materiales que los constituyan.
- III. Atender a las necesidades específicas de ciertos generadores que presentan características peculiares.

- iv. Establecer esquemas de manejo en los que aplique la corresponsabilidad de los distintos sectores involucrados.
- v. Alentar la innovación de procesos, métodos y tecnologías, para lograr un manejo de los residuos ambientalmente adecuado, económicamente factible y socialmente aceptable.

De los artículos anteriores se desprende que los aspectos a normar se relacionan con los criterios para la clasificación de los residuos que serán sujetos a planes de manejo; los listados de los residuos sujetos a planes de manejo; los mecanismos para agregar residuos a los listados, y los elementos y procedimientos a considerar cuando se formulen los planes de manejo.

En todo caso, al formular los planes de manejo aplicables a productos de consumo, se evitará establecer barreras técnicas innecesarias al comercio o un trato discriminatorio que afecte su comercialización.

Los planes de manejo deberán registrarse ante la Semarnat con conocimiento de los gobiernos estatales con base en el artículo 33 de la LGPGIR. En caso de que los planes de manejo planteen formas de manejo contrarias a esta ley y a la normatividad aplicable, el plan de manejo no deberá aplicarse.

Los planes de manejo los deberán desarrollar los grandes generadores, los productores, importadores y exportadores de productos que, al desecharse, queden comprendidos en el listado (y la norma) y los generadores de residuos peligrosos biológico-infecciosos (RPB-I).

En cuanto al rastreo de residuos peligrosos, éste se maneja de acuerdo a los convenios internacionales (Basilea, Estocolmo, OCDE y La Paz), además de que en la legislación vigente se encuentran debidamente descritos sus procedimientos. La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, actualizó en 2003 el Sistema de Rastreo de Residuos Peligrosos (Sirrep) por lo que se tiene un control a nivel nacional del manejo transfronterizo de residuos. Además, el trámite de importación y exportación de residuos peligrosos está certificado en ISO 9001:2000 en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

A raíz del Plan Integral Ambiental Fronterizo (PIAF) establecido por México y los Estados Unidos en 1990, se detectó la necesidad conjunta de ambos países para rastrear eficientemente los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos. En virtud de ello, las autoridades mexicanas y la agencia de ambiente de los Estados Unidos (EPA), con fundamento en el Anexo III del Acuerdo General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente y la Recuperación y Preservación de los Recursos Naturales, desarrollaron el Haztraks, acrónimo de Hazardous Waste Tracking System (Sistema de Rastreo de Residuos Peligrosos), para ser operado conjuntamente.

Con el propósito de hacer más eficiente el rastreo de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos, se diseñó el trámite de aviso de retorno de residuos peligrosos para facilitar que las empresas maquiladoras, las empresas inscritas al Programa de Importación Temporal para producir Artículos de Exportación (PITEX) y otras industrias ubicadas en territorio mexicano, que

con motivo de sus actividades generen residuos peligrosos, cumplan con la obligación de retornar dichos residuos al país de origen de la materia prima. Esto permitirá detectar los movimientos que no lleguen a su destino, así como identificar a las empresas que no cumplan con la legislación nacional y los acuerdos internacionales sobre el retorno de los residuos generados por empresas maquiladoras que utilizan materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal.

Mediante el uso del aviso de retorno se puede obtener información sobre la cantidad exacta de residuos que serán retornados. El aviso de retorno incluye información que permite una mayor correlación con el manifiesto de residuos peligrosos de Estados Unidos, al incluir el número de dicho manifiesto así como los códigos de residuos de EPA e INE, además del número de registro ambiental, que es un identificador único para las empresas mexicanas.

Con la finalidad de realizar un monitoreo adecuado y tener mayor control, la Semarnat diseñó el Sistema de Rastreo de Residuos Peligrosos, que es un instrumento de información descrito en el "Acuerdo por el que se da a conocer el procedimiento del trámite para efectuar el retorno de residuos peligrosos, así como el formato oficial e instructivo de llenado" (DOF, 4 de noviembre de 1998). Dicho sistema incluye los datos de aviso de retorno sobre los embarques de residuos peligrosos que se devuelven al país de origen de la materia prima. Asimismo, la industria maquiladora cuenta con su propio sistema de seguimiento que contempla el aviso de retorno. Adicionalmente se capacitó a personal de las delegaciones de la Semarnat; se desarrollaron talleres con las empresas dedicadas a la exportación así como a los generadores de la frontera, y se elaboró un manual de procedimientos de importación y exportación que incluye criterios, formatos y guías de llenado. Todo lo anterior permitió la reducción en el tiempo de respuesta de la Secretaría a las solicitudes de permisos en más de un 75%. Los registros y estadísticas se encuentran en la página de la Semarnat además del control interno de la propia Secretaría.

## **Elementos para el manejo adecuado de los residuos peligrosos**

### **Planteamiento de la situación (retos)**

Los principales problemas asociados a la generación y manejo de los residuos que enfrentan la sociedad y el Estado mexicanos son los siguientes:

- Contaminación de suelos (pasivo).
- Contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos.
- Riesgos a la salud ocupacional.
- Ineficiencia de procesos con costos económicos elevados.
- Riesgo derivado del movimiento y transporte de residuos.
- Emisiones a la atmósfera derivadas del tratamiento de residuos.

Ante esta panorámica se debiera contar con una estrategia clara para mejorar la gestión de los residuos peligrosos de nuestro país. Sin embargo estamos lejos aún de lograrlo. Algunas de las carencias más importantes de la política nacional en materia de residuos peligrosos son:

- La inexistencia de un inventario dinámico y certero para poder compatibilizar los residuos y la infraestructura.
- La insuficiencia del inventario de sitios contaminados.
- La falta de una estrategia que compatibilice la prioridad de los procesos de manejo con una política adecuada de gestión integral de residuos.
- La debilidad del marco institucional que origina incertidumbre entre los inversionistas.
- Las insuficiencias del marco jurídico normativo.
- Las insuficiencias del marco institucional que garantice la verificación del cumplimiento del marco normativo en la materia.
- La debilidad de los instrumentos y estrategias que garanticen una percepción más favorable de la sociedad con respecto al manejo de los residuos.

### **Estrategia de acción**

Sobre esta base de diagnóstico es necesario impulsar las siguientes acciones:

1. Desarrollar e instrumentar políticas con base en la jerarquización del manejo de residuos: evitar, minimizar, recuperar materiales y energía, incinerar, neutralizar y depositar, con una visión de largo plazo y de esquemas integrados de gestión.
2. Elaborar el diagnóstico nacional basado en un inventario confiable y ágil de residuos peligrosos por región y por sector, así como de los pasivos ambientales en sitios contaminados, algunos de ellos por décadas.
3. Desarrollo del reglamento y de las normas respectivas, que sean estrictos y claros de tal forma que permitan la solución expedita de los asuntos por parte de las autoridades, así como el fortalecimiento del sistema de vigilancia del cumplimiento de aquéllas.
4. Desarrollar un padrón de infraestructura existente para el tratamiento, pero con datos certificados de procesos, capacidades y calidad, así como un catálogo de tecnologías disponibles en el mundo.
5. Generar esquemas de promoción, fomento y financiamiento de infraestructura bajo certeza jurídica de su establecimiento, particularmente para los sitios de confinamiento, y a través de alianzas entre el sector público y el privado.
6. Crear un sistema de manejo e intercambio de información para el control y seguimiento de los residuos peligrosos dentro del país y a través de sus fronteras. En el manejo transfronterizo controlar la introducción tanto legal como ilegal de residuos y materiales.

7. Crear e instrumentar un sistema de comunicación y concientización hacia la sociedad, con participación del sector social y privado.
8. Desarrollar el conjunto de documentos establecidos por la ley:
  - Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos.
  - Reglamento de la Ley de Residuos y Restauración.
  - Programa Nacional para la Prevención y Gestión de Residuos.
  - Programa Nacional para la Restauración de Sitios Contaminados.
  - Sistema de Información sobre la Gestión Integral de Residuos.
  - Disposiciones para la Organización y Funcionamiento de Órganos de Consulta.
  - Norma "Criterios para determinar residuos sujetos a planes de manejo" (artículo 7).
  - Norma "Manejo y disposición final de residuos peligrosos por micro-generadores" (artículo 4).
  - Norma "Manejo de envases y embalajes que contuvieron residuos peligrosos" (artículo 55).
  - Norma para el tratamiento de residuos peligrosos (artículo 7).
  - Norma para confinamiento *in situ* de residuos peligrosos (artículo 66).
  - Registro de planes de manejo (artículo 33).
  - Autorización de utilización de residuos peligrosos en procesos productivos (artículos 50 y 63).
  - Autorización de establecimiento de confinamientos dentro de las instalaciones (artículo 66).
  - Autorización para reciclado *in situ* de residuos peligrosos (artículo 57).
  - Autorización para la transferencia de propiedad de sitios contaminados (artículo 71).
9. Por otra parte, se requieren también con base en la ley, trámites adicionales a los antes enlistados, que son:
  - Aviso de manejo de residuos peligrosos (artículo 43).
  - Registro de los Planes de Manejo (artículos 33 y 46).
  - Informe anual de la generación y modalidades de manejo de los grandes generadores (artículo 46).
  - Aviso de generación de grandes y pequeños generadores de residuos peligrosos (artículos 46 y 47).
  - Establecimiento de confinamientos *in situ* (artículo 50, fracción vii).
  - Transferencia de autorizaciones expedidas por la Secretaría (artículo 50, fracción viii).
  - Utilización de tratamientos térmicos de residuos por esterilización o termólisis (artículo 50, fracción ix).
  - Prórroga al almacenamiento de residuos peligrosos (artículo 56).
  - Reciclaje *in situ* de residuos peligrosos (artículo 57).

- Utilización de procesos de tratamiento físicos, químicos o biológicos de residuos peligrosos, aviso (artículo 58).
- Transferencia de sitios contaminados (artículo 71).
- Restauración de suelos contaminados (artículo 50, fracción IX, 68).
- Aviso de insumos importados bajo régimen temporal y generación de residuos peligrosos en el proceso productivo (artículo 94).
- Utilización de residuos peligrosos en procesos productivos (artículo 50, fracción II) (sustituye el trámite de reuso).
- Autorización para tratamiento de suelos contaminados *ex situ* (artículo 5, fracción XXXII, 50 fracción I y IV).

## Conclusiones

Dentro de los aspectos ambientales, los residuos peligrosos es un tema que no ha sido abordado con la intensidad debida por el Estado mexicano ni por el sector privado. Es necesario concederle la importancia que tiene dentro del marco de la agenda gubernamental y del sector privado. Al mismo tiempo la sociedad posee una percepción fragmentada y no fundamentada de la dimensión del problema. Para lograr la gestión adecuada de los residuos peligrosos en México, se requiere la aplicación de políticas e instrumentos con visión de largo plazo, de gestión integral y destinar cuantiosos recursos económicos del sector público y el privado. A cambio se obtendrá no sólo la disminución del riesgo a la salud y al ambiente, sino también un avance hacia la sustentabilidad del sector privado y de la sociedad en su conjunto.



**Séptima sección**  
**Desastres por fenómenos naturales:**  
**riesgos, vulnerabilidades y políticas de prevención**



## Desastres naturales: riesgos, vulnerabilidades, políticas de prevención

Úrsula Oswald Spring\*

El presente capítulo analiza la vulnerabilidad física y social de México. En la primera parte explica brevemente los conceptos más sobresalientes relacionados con peligros; en la segunda revisa los riesgos existentes, a saber que México es uno de los países de mayor amenaza por desastres. En el tercer apartado se relaciona el agua con los potenciales peligros para la vida, dado que 85% de los desastres son de origen hidrometeorológico (ISDR, 2005). No obstante, este recurso indispensable a la vida se puede convertir también en muerte y destrucción. En la cuarta parte se exploran los retos de prevenir, alertar y entrenar a las comunidades, con el fin de reducir su vulnerabilidad frente a riesgos potenciales. No cabe duda que esta vulnerabilidad está relacionada con las condiciones de la estructura social de nuestro país: los más pobres viven frecuentemente en zonas de alto riesgo y no cuentan con recursos materiales para evacuar a tiempo o protegerse adecuadamente. En la quinta parte se proponen recomendaciones que permitan aumentar la *resiliencia* de toda la población, pero especialmente de aquellos que están mayormente expuestos.

Durante los últimos años la variabilidad climática, mayores ciclones y huracanes con elevado nivel de destrucción (escala Zafir-Simpson 4 y 5), inundaciones, prolongadas sequías, numerosos y extendidos incendios forestales, deslizamiento de tierras, desbordamientos de ríos y arroyos, erupciones volcánicas, temblores, terremotos y maremotos han afectado un número cada vez mayor de mexicanos. Las furias naturales se vieron agravadas por efectos antropogénicos como deforestación, destrucción de manglares, emisión de gases de invernadero, urbanización caótica y asentamientos humanos en áreas peligrosas.<sup>1</sup> La interrelación entre factores naturales y humanos está creando un creciente estrés ambiental donde los desastres naturales se agravan por las actividades de los seres humanos (Katrina, Stan).

\* CRIM-UNAM y El Colegio de Tlaxcala. Cátedra de la Universidad de las Naciones Unidas sobre Vulnerabilidad Social.

<sup>1</sup> De acuerdo a los datos de CRED, alrededor de 5 mil millones de personas fueron afectadas, algunas, varias veces, durante los últimos 30 años.

Las crisis económicas reiterativas, los procesos de depauperación, la migración del campo a la ciudad, han creado entornos sociales inestables y conflictivos. No es casualidad que existen en México más de 343 021 conflictos agrarios (Dirección de Información Agraria, 2004) y un número similar de conflictos por agua, repartido en todo el país. La falta de procesos de conciliación en los tres niveles de gobierno vuelve delicado el entorno gubernamental y el clima enrarecido durante las elecciones de 2006 es reflejo de un agotamiento de la paciencia de los ciudadanos. Los jóvenes que nacieron después de 1976 no han oído hablar de otra cosa que de crisis. La falta de empleo, la reducción en los ingresos de las familias, la violencia y la inseguridad pública y el deterioro ambiental han obligado a un número creciente de personas a migrar hacia los cinturones de las grandes ciudades y crecientemente hacia los Estados Unidos. Cerca de un millón de habitantes del medio rural han buscado estrategias de supervivencia fuera de su lugar de origen (factores de expulsión). Han presionado sobre tierras y recursos naturales en el lugar de llegada, creando así un círculo vicioso de destrucción ambiental, deterioro socioeconómico y pobreza que tampoco mejoró su calidad de vida. Finalmente, muchos terminan migrando fuera del país, atraídos por mejores sueldos y condiciones de vida (factores de atracción).

## Conceptos básicos

Los retos ante los crecientes e intensos riesgos y peligros naturales y sociales son complejos y rebasan los tradicionales conceptos de seguridad militar (véase cuadro 1), al ofrecer a los seres humanos *seguridad humana* (PNUD, 1998; Fuentes y Rojas, 2005) para protegerlos ante problemas sociales (desempleo, hambre, enfermedad, pérdida del hogar), políticos (represión, impunidad, falta de un estado de derecho, crimen organizado, violencia) y culturales (discriminación, desigualdad, prohibición de confesar un culto religioso o expresar sus tradiciones culturales). Al presentarse nuevas amenazas (urbanización caótica, escasez y contaminación del agua, hoyo de ozono, tóxicos y calentamiento global, pérdida de la biodiversidad) se desarrolló el concepto de seguridad *ambiental* (Dalby, 2005; Brauch 2003, 2005 a y b). Al incluir las amenazas de la modernidad, Beck la define como "libertad ante riesgos" (Beck, 1998, 2001). Los canadienses y japoneses desarrollaron el concepto de seguridad humana, donde los marginales tendrían la posibilidad de desarrollarse. Al evaluar los avances en las Metas de Desarrollo del Milenio (MDM), Kofi Annan (2005) exigió para todo ser humano la libertad para una vida digna (*freedom for a dignified life*), con derechos humanos garantizados, así como leyes y normas reforzadas que protejan a los vulnerables gracias a su capacidad de "empoderarse" para superar la pobreza. Ante un aumento sustancial de desastres, Bogardi y Brauch (2005) establecieron un cuarto pilar de protección ciudadana, la "libertad ante desastres" (*freedom from hazards*).

Cuando los antropólogos incursionaron en los estudios de peligros y desastres naturales, gracias al trabajo de campo aparecieron datos concretos (Oliver-Smith, 2005; García Acosta, 2005; Castañeda, Escobar y Andrade, 2005) acerca de los procesos multicausales y multidimensionales de los

procesos que agravaban los desastres (desastres históricos). No sólo descubrían que por razones económicas, de marginalidad, territoriales y demográficas las secuelas eran crecientemente más severas, sino que "existía un riesgo silencioso, lento pero profundamente construido" (García, 2005: 15) que era resultado de la concatenación de factores adversos que se acumulaban adversamente para los afectos. Al distinguir entre grupos de edad, clases sociales y género, muchos investigadores se sorprendían de que las mujeres estuvieran más expuestas a riesgos y sufrieran mayores daños en salud, vida y bienes.

Durante el tsunami en Asia en diciembre de 2004, se encontró que en Sri Lanka 65.3% de los muertos eran mujeres (UNU-EHS, 2005). Este y otros resultados similares permitieron consolidar el concepto de *seguridad de género* (Oswald, 2001 y 2005). Esta seguridad se toma normalmente por dada y las relaciones que se refieren al status de género pueden ampliarse hacia otros sectores marginales (indígenas y minorías), o sea, personas *en franca desventaja* en relación con el modelo de referencia (véase cuadro 1). La *equidad e identidad* (E. Serrano, 2004) representan los valores en riesgo y la fuente de peligro viene en primera instancia del orden patriarcal, caracterizado por instituciones totalitarias como gobiernos no democráticos, iglesias y elites. Al conjuntar las tres seguridades se establece una seguridad integral: humana, de género y ambiental (*Human, Gender and Environmental Security*, HUGÉ en inglés, Oswald 2005).

Pareciera que la *vulnerabilidad social* refuerza los riesgos ante desastres naturales y sociales al adquirir facetas múltiples. La gente más pobre se asienta en las partes altas, los lechos de ríos, barrancas y otros sitios peligrosos. Como apunta O'Riordan (2002: 369), la vulnerabilidad se relaciona con "pobreza, exclusión, marginalidad y desigualdad en el consumo material". Por lo mismo, las vulnerabilidades sociales muestran un componente objetivo y otro subjetivo. Para combatirlas se deberían combinar los apoyos reales personales con los institucionales. Así se puede aumentar la *resiliencia* desde la comunidad y el individuo, capaz de prever riesgos, reducir miedos, limitar peligros y minimizar los efectos múltiples de desastres, sobre todo los fatales, gracias a procesos económicos, sociales, políticos, institucionales, culturales, identitarios y educativos. Naciones Unidas definió las vulnerabilidades como "condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales que aumentan la susceptibilidad de una comunidad por estar expuesto a desastres" (ISDR, 2004: 7).\*

Oliver-Smith (2004: 11) establece una interrelación conceptual entre la naturaleza y la cultura, las estructuras socioeconómicas, los valores y normas en condiciones naturales objetivas. Wisner (2004: 194-205) arguye que manejar vulnerabilidades "empodera" a las personas, frecuentemente víctimas de desastres. Este autor distingue entre vulnerabilidades demográficas, taxonómicas, situacionales y contextuales o proactivas. Cada uno requiere de instituciones y mecanismos distintos de entrenamiento. Sin embargo, es necesario entender también que la prevención y alerta temprana son más que mecanismos "científicos" que previenen a la población (Macías, 2005: 21). Ellos no sólo quieren salvar su vida, sino que en su hábitat existe una historia, relaciones sociales, afectos y conflictos,

Cuadro 1

**Seguridad humana, de género y ambiental**

Nivel de expansión	Determinación ¿Cuál?	Modo de expansión u objeto de referencia ¿Para quién?	Valores en riesgo ¿Para qué?	Fuente de amenazas ¿De quién y de qué?
Sin expansión	Seguridad nacional	El Estado	Soberanía integridad territorial	Otros estados (actores subestatales)
Aumentado	Seguridad social	Naciones grupos sociales	Unidad nacional identidad	Naciones (estados) Migrantes culturas ajenas
Radical	Seguridad humana	Individuos (humanidad)	Supervivencia calidad de vida	El Estado globalización
Ultrarradical	Seguridad ambiental	Ecosistema	Sustentabilidad	Naturaleza (humanidad)
Transradical	Seguridad de género	Relaciones de género, indígenas, niños, ancianos minorías	Equidad, identidad, representaciones sociales	Patriarcado, instituciones totalitarias (gobiernos, iglesias, elites)

Fuente: Bjørn Møller, 2003: 279; Úrsula Oswald, 2001 y 2004.

los cuales forman parte de la memoria histórica de esta comunidad. Todos estos factores intervienen en la vulnerabilidad social desde la fase preparatoria hasta la recuperación después de un desastre.<sup>2</sup>

La vulnerabilidad social puede reducirse gracias a redes sociales y políticas que refuercen los niveles de cohesión y de *resiliencia* ante peligros, catástrofes, crisis económicas y conflictos políticos. Por lo mismo, se trata de un concepto multidisciplinario, multicausal y multidimensional, ubicado en un espacio y tiempo determinados, donde las vulnerabilidades preexistentes refuerzan de manera decidida los desenlaces y se convierten en responsables del desastre, a la vez que preparan el camino para el siguiente desastre (damnificados históricos).

Nathan (2007) describe la vulnerabilidad como un proceso complejo que incluye la *exposición física*, cuyos efectos dependen de la densidad poblacional, la infraestructura creada, los bienes y servicios en riesgo y los factores socioambientales que pudieran alterar los procesos de mitigación natural (la destrucción de manglares no permitió amortiguar las olas del tsunami o huracán; la deforestación en las laderas facilitó deslizamientos de tierras o avalanchas de lodo; los asentamientos humanos en lechos de ríos fueron arrasados por la corriente). El mismo autor separa el proceso de

<sup>2</sup> Por ejemplo, a raíz del terremoto de 1985 la ciudadanía del Distrito Federal reforzó su seguridad gracias a la solidaridad proveniente del resto del país y del exterior. Junto con el coraje frente a la incapacidad gubernamental, incrementó su autoestima social, movilizó capacidades desconocidas y actuó organizada e independientemente. Ello cuestionó a fondo el marco institucional de un régimen presidencial autoritario, incapaz de responder adecuadamente ante esta emergencia. Gracias a la organización ciudadana se salvaron miles de vidas y se enterraron otros con dignidad, ya que el gobierno paralizado exhibió ante el mundo su incapacidad y corrupción. Los efectos y los procesos de aprendizaje rebasaron la emergencia y pusieron las bases para un proceso de democratización en la ciudad de México.

exposición del de la incapacidad para enfrentar los riesgos. Continúa diciendo que la débil capacidad para prevenir, prepararse, enfrentar y lidiar con los desastres se puede subdividir en debilidad física, vulnerabilidad legal, organizativa, técnica, política, socioeconómica y psicológico-cultural.

Cardona (2004) responsabiliza el incremento de la vulnerabilidad social a la falta o débil desarrollo socioeconómico y de la cultura de prevención. Precisamente, los procesos en los países pobres –urbanización caótica, industrialización sin incorporar los accidentes ambientales, infraestructura peligrosa, administración corrupta– aumentan los riesgos y vulnerabilidades. Es más, políticas equivocadas pueden generar desastres inducidos por el hombre que generalmente son de más larga duración y de mayores costos en vidas humanas, como lo atestigua la hambruna en Zimbabwe, anterior granero de África.

Por su parte, Birkman (2005) insiste en que un sistema de control y manejo de riesgos debería actuar prospectiva y correctivamente para enfrentar mejor los peligros, reducir el peligro y resolver con menos daños humanos y materiales los desastres socioambientales. Wisner (2004) apunta que existen profundas diferencias entre *sociedades de desastres*: unas reducen sus riesgos al controlar las vulnerabilidades, actúan preventivamente ante amenazas de peligros naturales o sociales y refuerzan socialmente su organización mediante prácticas de prevención, alerta temprana, información relevante en medios masivos de comunicación, desarrollos tecnológicos y ejercicios de evacuación, donde el entrenamiento y la educación sistemática<sup>3</sup> (desde Kindergarten hasta el asilo de ancianos) permiten reducir pérdidas humanas y materiales. Ello significa la construcción de identidades y procesos sociales propios que puedan cambiar la percepción ante riesgos y entender sus causas. Por lo mismo, se trata de construcciones sociales en tiempos, espacios y contextos socioeconómicos y culturales determinados.

Asimismo, al acumular capacidad de respuesta al interior de una sociedad, se pueden optimizar los recursos disponibles, reducir los niveles de riesgo y mitigar los posibles efectos de desastres (por ejemplo, ir a un refugio para salvar la vida y proteger las ventanas con madera ante la inminente llegada de un ciclón). Este proceder ha recibido el nombre de *resiliencia*. El término se tomó prestado de la física, ingeniería y ecología. Se entiende como la "capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a peligros para adaptarse, al resistir o cambiar y obtener o mantener un nivel aceptable de funcionamiento y estructura. Esto se determina por el grado con el cual el sistema social es capaz de autoorganizarse para mejorar su capacidad de aprendizaje en desastres pasados

---

<sup>3</sup> Cuba ha enfrentado ciclones frecuentemente. La organización de barrios y los procesos institucionales de evacuación y educación han permitido reducir sustancialmente las muertes antes, durante y después de los desastres. Cada ciudadano sabe lo que tiene que hacer y cómo cuidar a sus vecinos. Adicionalmente, un ambicioso programa de reforestación en el este de la isla intenta restaurar las condiciones naturales con el fin de mitigar mejor los vientos y lluvias torrenciales y con ello reducir daños humanos y materiales.

y lograr así una mejor protección en el futuro y aumentar así las prácticas que reduzcan los riesgos" (ISDR, 2004: 6).

Implica un *cambio cultural* que parte del conocimiento de los recursos existentes, de la organización social, del ahorro en el manejo de los recursos naturales y sociales, así como de una modificación en conductas y hábitos para reducir riesgos y vulnerabilidades sociales. Al mismo tiempo, aumentar la *resiliencia* significa también establecer mecanismos de conciliación o transformación de conflictos que afloran más cuando existen momentos de alta tensión. Representan obstáculos que pudieran frenar acciones concertadas, capaces de combatir colectivamente los peligros naturales, sociales, políticos y económicos, cada vez más frecuentes. Asimismo, la prevención terciaria o la mediación externa (Glasl, 1994) en forma de presiones, embargos y castigos, rehabilitación física, social y cultural de estructuras dañadas y sociedades afectadas, o convenios y acuerdos amistosos entre partes en litigio. Representan algunas vías para reducir conflictos y encauzarlos hacia dinámicas que disminuyan vulnerabilidades y riesgos al incrementar la *resiliencia social e individual*.

Esta dinámica es importante en un país como México, expuesto a múltiples riesgos. Se entiende generalmente por *riesgo* los peligros objetivos y subjetivos multiplicados por vulnerabilidades existentes. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) incluye en su definición además de las amenazas físicas, la ocurrencia de eventos catastróficos. A su vez, la ONU define riesgos como "la probabilidad de consecuencias dañinas o pérdidas esperadas –muertes, lesiones, destrucción de propiedades, hogares y actividades económicas– como resultado de la interacción entre condiciones de peligro y vulnerabilidades, provocadas natural o humanamente" (ISDR, 2004: 6).

### **Amenazas y riesgos en México: desertificación, ciclones, inundaciones, sequías, deslizamientos de tierra, ondas de calor y frío, vulcanismo, pobreza, urbanización y migración**

México pertenece a los 12 países megabiodiversos del mundo, dado que en su territorio se traslapan los ecosistemas neártico con el neotropical, enriquecidos por un eje neovolcánico transversal, que cruza de este a oeste. Tiene influencia importante en clima y ecosistemas. En las áreas nevadas existe una vegetación alpina ártica, mientras que en la Lacandona de Chiapas se había desarrollado una selva tropical alta perennifolia. Entre los dos extremos evolucionó una selva mediana y baja caducifolia y subcaducifolia, bosque espinoso, bosque de coníferas y encinos, matorral xerófilo, bosque mesófilo de montañana, vegetación acuática y subacuática, estepas, palmas, junglas, manglares y ecosistemas desérticos.

Las condiciones orográficas mencionadas aumentan la vulnerabilidad de la población. Existen volcanes altos, algunos activos (Popocatepetl, Colima); Sierras Madres abruptas con deslizamientos de terraplenes; temblores, terremotos y tsunamis; ciclones; sequías; inundaciones; desertificación; vientos; tolvaneras; temperaturas extremas (calor y frío) y otras calamidades naturales,

industriales y socioeconómicas. Ante esta multiplicidad de riesgos México tiene que preparar a su población para enfrentar los desastres potenciales. La Secretaría de Gobernación (SEGOB) estima que por los más de 11 122 kilómetros de costas, volcanes arriba de 5 mil metros y un desierto que presiona desde el norte del territorio, 36% de la población nacional está severamente expuesta a desastres naturales, otro 22% moderadamente y menos de un tercio cuenta con muy bajos riesgos (véase cuadro 2).

Cuadro 2

### Riesgos naturales en México: volcanes, inundaciones, huracanes, sismos, deslizamientos de tierra

Grado de Riesgo	Personas (millones)	Población afectada (%)
Muy alto	28.6	26
Alto	11.0	10
Regular	24.2	22
Bajo	14.3	13
Muy bajo	31.9	29

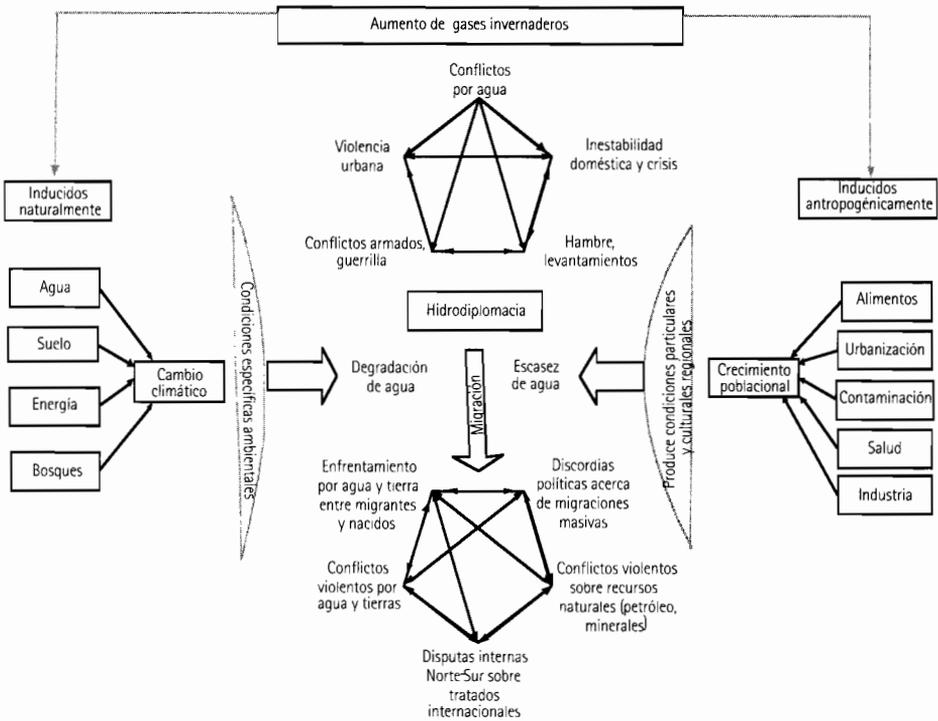
Fuente: SEGOB, 2004.

Además de los peligros naturales existen los antropogénicos. México es el 12º consumidor mundial de hidrocarburos fósiles y aporta el 2% al aumento de la contaminación atmosférica mundial. El total de las emisiones de CO<sub>2</sub> se han duplicado entre 1975 y 1990, arriba del crecimiento poblacional, siendo los automóviles en 78% responsables de la polución, seguida por la industria y la construcción. Al combinar una fuerte deforestación con un incremento en la población y un cambio en los niveles de vida, se estima que en 2015 el consumo de energía se duplicará y en 2025 se triplicará. El calentamiento global está amenazando doblemente la seguridad ambiental de nuestro país, tanto por la falta como por el exceso del agua, a veces concentrado en corto tiempo. Gobierno, sociedad y sectores productivos necesitan unirse para desarrollar mecanismos de prevención y mitigación por escasez y exceso para así reducir la vulnerabilidad social y ambiental, particularmente en las zonas de mayor impacto y con altas concentraciones poblacionales. En caso contrario, la situación pudiera agravarse y agudizar los conflictos internos.

La falta de alternativas pudiera llevar a los más vulnerables (mujeres, niños, ancianos) a un *dilema de supervivencia*: o se quedan y se mueren por hambre, sed y desastres; o emigran y se enfrentan en el lugar nuevo por tierras, alimentos, agua y empleos (véase gráfica 1). Al incrementarse la inmigración se presentan procesos de xenofobia. Obligan a las autoridades en diferentes partes del mundo a desarrollar mecanismos de mitigación para evitar que este proceso se pudiera tornar inmanejable, sobre todo cuando las migraciones involucran a millones de personas y los recursos son contados y crecientemente más escasos.

Gráfica 1

**Conflictos por el agua, migración, hambre y cambio climático**



Fuente: Brauch 2004, modificado por Oswald 2005.

Steffens *et al.* concluyen que "la relación entre humanos y el ambiente ha cambiado fundamentalmente en pocos siglos y particularmente, en los últimos 50 años". Los efectos del cambio climático sobre el ciclo hidrológico y los recursos destinados a los humanos han tenido tales efectos que pueden predominar sobre la variabilidad natural. En las áreas tropicales las lluvias se han reducidos en 3% y "en el hemisferio Norte se han incrementado las precipitaciones durante el pasado siglo" (2004: 196). Estos datos coinciden con el *Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC que reporta una reducción en los niveles de recarga de acuíferos, debido a un menor flujo de precipitaciones. Según ambas fuentes, el abasto de agua decrecerá aún más en regiones con estrés hídrico y aumentará en otras desproporcionadamente; segundo, eventos naturales extremos –sequía e inundaciones– se agudizarán; y tercero, la calidad del agua se seguirá deteriorando a raíz del cambio climático, reduciendo aún más la disponibilidad en zonas de escasez.

Nuestro país muestra un espectro amplio de climas que abarca desde el ártico en la punta de los volcanes altos hasta el trópico húmedo, subhúmedo y seco. El 21% del territorio cuenta con clima caluroso subhúmedo; 21% es templado subhúmedo; 28% es seco y 21% superárido, muy seco (oecd, 1998: 37-39). Esta regularidad pudiera verse alterada por el cambio climático (cc; véase mapa 1). Existen diversos

escenarios, dependiendo del incremento de los gases invernaderos.<sup>4</sup> No obstante, los efectos para México pronostican en las costas un mayor número de ciclones con intensidad elevada, y el aumento del nivel del mar, resultado de las desglaciaciones, pudiera inundar con aguas salinas las planicies de relleno aluvial, ricas en nutrientes y fértiles para la agricultura. Además, se pudieran salinizar las aguas dulces subterráneas y superficiales que reducirían el abasto de agua dulce a la población y afectarían el riego agrícola.

En el Informe de México al IPCC,<sup>5</sup> previene que nuestro país tendrá temperaturas promedios arriba del calentamiento global promedio y por lo mismo, un cambio severo en las precipitaciones en las áreas áridas y semiáridas del país que abarcan cerca de 82% del territorio, mientras que en el trópico húmedo el decrecimiento será menor.

En el área árida y semiárida se pronostica una intensificación de las temperaturas, alterando el régimen pluvial, llevando consigo un proceso de sequía prolongada y de desertificación, aunque los criterios de definición y las bases de datos son inconsistentes<sup>6</sup> y heterogéneas por falta de monitoreo sistemático. Semarnap (1999) define que 47.5% del territorio es árido. En relación a los efectos de la desertificación, Estrada y Ortiz (1982) estipulan una erosión hídrica en 99.83% en grados diversos; la Conaza determina en más de 97% del país algún grado de degradación y Dregne y Chou evalúan que 55.65% de las tierras muestran deterioro moderado a extremo.

Al revisar el proceso a lo largo de los últimos 60 años (mapa 1), se puede observar un incremento en áreas áridas y semiáridas, aunque el cc pudiera tornar todavía más extremas las condiciones climáticas en la mayor parte del país.<sup>7</sup> De acuerdo a pronósticos medios, 39.4% de la superficie

<sup>4</sup> Los gases regulados por la convención de la ONU sobre el cc (UNFCCC) y mayormente responsables del calentamiento global son: bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los halocarbonos o aerosoles. Entre estos últimos se encuentran los clorofluorocarbonos como el freón ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ), responsable de la destrucción de la capa de ozono estratosférica. Los compuestos del cc indirecto son los óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), el monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), el bióxido de azufre y los compuestos orgánicos volátiles no metánicos ( $\text{COVNM}$ ).

<sup>5</sup> El IPCC está dividido en tres grupos: el grupo de trabajo I, *el científico*, evalúa la información científica mundial de que se dispone sobre el cambio climático (cc); el grupo de trabajo II, *de vulnerabilidad, impactos y adaptación*, evalúa las consecuencias del cc, identifica impactos y propone medidas de mitigación y de adaptación. El grupo III, *de respuesta*, evalúa opciones que pudieran limitar las emisiones de gases de invernadero y mitigar los efectos del cc. Finalmente, existe un grupo especial que trabaja sobre inventarios. Fue establecido en 1998 por el IPCC e implementa el Programa sobre el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero.

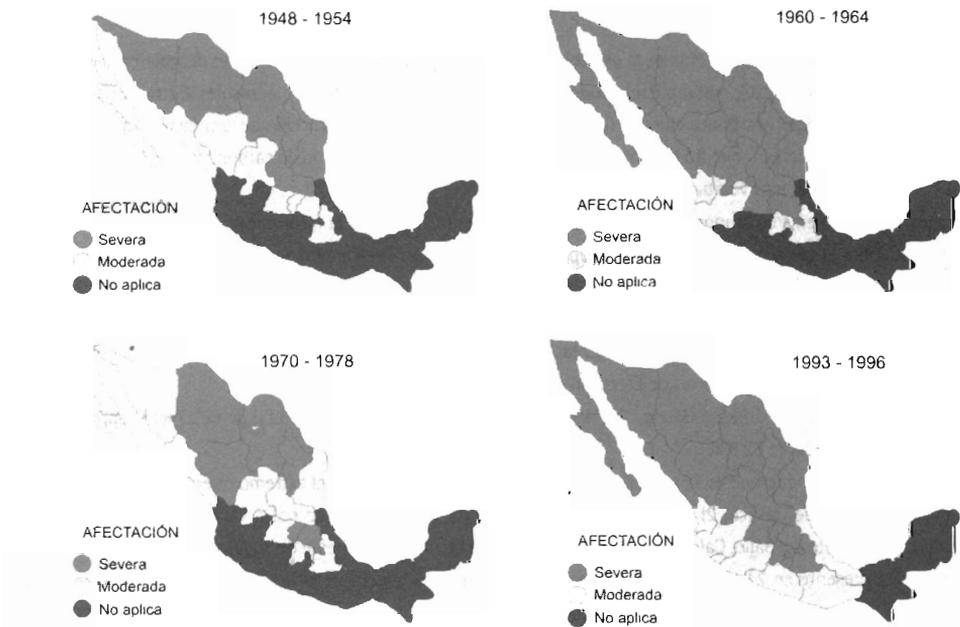
<sup>6</sup> Según Thornthwaite (Hernández y García, 1997) se trata de 77.4%; Dregne y Cou (1992) de 66.27%; Koeppen, modificado por García (1988) de 52.8%.

<sup>7</sup> Se estima: 1) *sequía moderada* en la mayor parte de Tabasco, sur de Campeche, el extremo oriente del Balsas, un tercio del Bajío y el norte de Oaxaca; 2) *sequía severa* en el noreste y norte de México hasta Guanajuato, centro-norte de Sonora, costa oriente del Bajío, California Sur, la costa oaxaqueña y la costa noreste de Yucatán; 3) *sequía con severidad fuerte* estará presente en 24.4% del territorio desde la mitad sur del país hasta el norte de Sinaloa; 4) *severidad muy fuerte* a lo largo de la Sierra Madre Occidental, la costa de Oaxaca, Guerrero y Michoacán, Campeche y Yucatán y 5) *extremadamente severa* en la península de Baja California y el noroeste de Sonora.

nacional sufriría incrementos en la severidad de sequía, y menos sequía se encontrará sólo en 4.5% del territorio (Hernández y Valdez, 2004). De acuerdo al INE, el cc incidiría en un aumento de la sequía fuerte en 13.9%, abarcando la totalidad del oeste, centro y sur del país; la severa se incrementará 5.6% en el norte del país hasta el paralelo 24%; y la muy fuerte aumentará 5% en regiones áridas. Al comparar el escenario actual con el futuro, la severidad leve se transformará en fuerte; y la sequía fuerte en muy fuerte en 78.8%. Las áreas más afectadas serán el centro y sur del país, la mitad oriental y Yucatán con un área total de 36.4% (Hernández *et al.*, 2005).

La desertificación y erosión hídrica, agravada por la eólica, son procesos que se condicionan mutuamente (mapa 2). Además de agudizarse como resultado del cambio climático, se refuerzan por urbanización, deforestación y cambio en el uso de suelo forestal a ganadero y agrícola. Como consecuencia se están reduciendo los rendimientos de maíz y frijol y múltiples áreas de temporal se abandonarán por temporales erráticos y falta de agua subterránea de riego. Un efecto adicional es la salinización de estas tierras y su mayor erosión, donde la degradación severa de tierras altas ya abarca 48.05% y la moderada 48.93% (INE, 1995), acompañada por abatimiento de acuíferos por sobreexplotación (Oswald *et al.*, 2005). El cambio climático incide en el patrón epidemiológico al ampliar las áreas de afectación por paludismo y dengue, además de otras enfermedades gastrointestinales relacionadas con la sobreexplotación y contaminación del agua.

Mapa 1

**Incremento de la sequía: 1948-1996**

Fuente: Cenapred, 2003.

Mapa 2

**Erosión de los suelos**

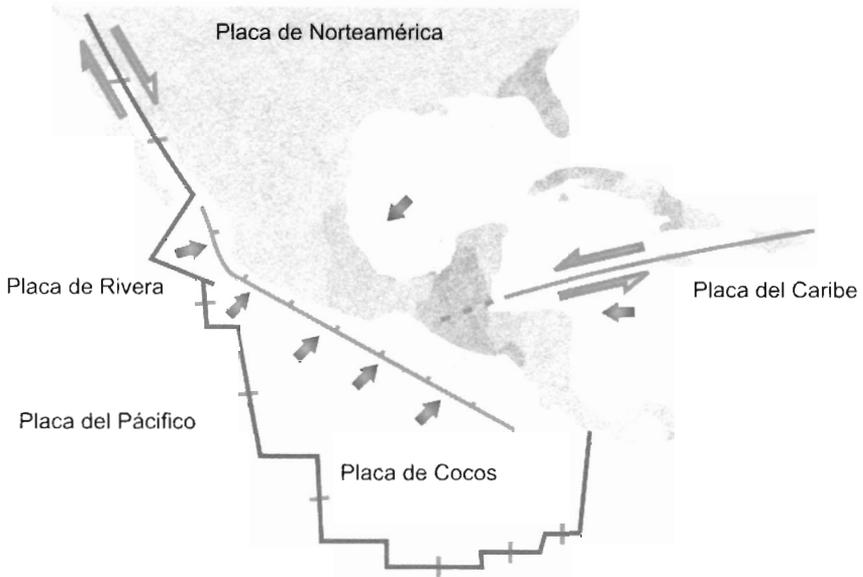
Fuente: Cenapred, 2003.

Pero México está expuesto también a desastres tectónicos. Al chocar la placa Norteamérica con la de los Cocos, en la zona de encuentro existen presiones en la corteza terrestre (mapa 3) que provocan acomodos periódicos de placas. Desde tiempos prehispánicos, *Tlalollin* (temblores, terremotos y maremotos) ha afectado la costa del Pacífico desde Oaxaca hasta Colima y los efectos han abarcado el altiplano de la megalópolis (mapa 3). La concentración de población en esta zona y la complicada orografía hacen a estos habitantes altamente vulnerables ante terremotos (mapa 4), pero también ante desastres hidrometeorológicos y crecientemente, por falta de agua potable.

Al estimar el aumento demográfico en 2025 en 130 millones (argumento neomalthusiano) y alrededor de 147 millones en el año 2050, y el crecimiento débil del PIB/cápita y la pérdida de empleos en los últimos años, la conflictividad social está llegando a niveles de inconformidad y protesta. En términos sociales, la concatenación entre crisis socioeconómica y ambiental, desastres naturales e inseguridad pública, gesta inestabilidad en los barrios de las ciudades y hasta las áreas rurales remotas se tornan inseguras por el narcotráfico, la producción de estupefacientes y el crimen organizado. La urbanización caótica, el abandono de una política rural integral, el cc y como consecuencia una migración interna, y externa, están trasladando ciertos conflictos hacia los Estados Unidos (EUA). Durante los últimos 13 años (1990-2003) 5.7 millones han emigrado a los EUA, con un crecimiento anual de 438 mil, y más de medio millón de personas han sido regresadas por la patrulla fronteriza. Todos estos fenómenos muestran una crisis socioeconómica profunda y la falta de generación de empleos dignos en México (gráfica 2).

Mapa 3

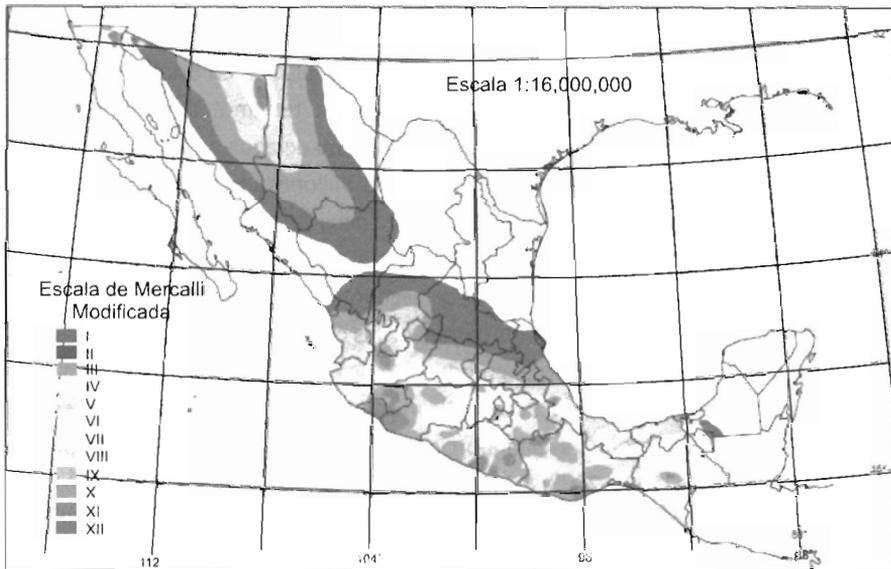
**Placas tectónicas**



Fuente: Cenapred, 2003.

Mapa 4

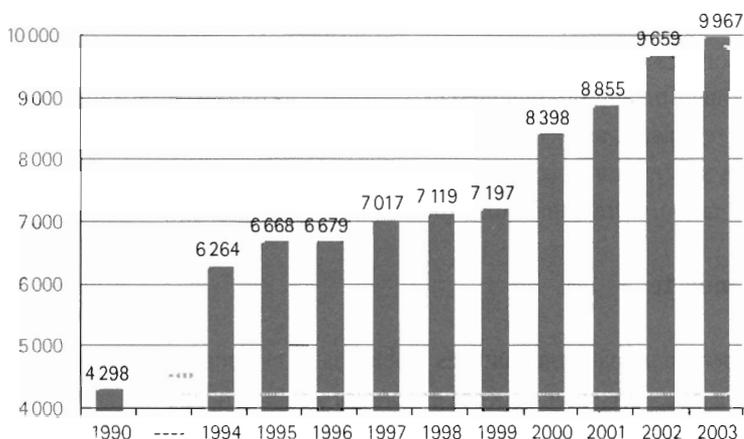
**Temblores de 1845 a 1985**



Fuente: Cenapred, 2003.

Gráfica 2

**Migración de México a Estados Unidos (1000 p.)**



Fuente. Public-use Files from the US Census Bureau, Current Population Survey, March Supplement, elaborado por Fernando Lozano, 2005.

Al sintetizar las vulnerabilidades sociales, riesgos y afectaciones por desastres (cuadro 3), se puede distinguir entre efectos productivos, sociales, naturales, industriales e internacionales. Los efectos son amplios y frecuentemente un desastre natural puede llevar a inconformidad socio-política y pérdida de gobernabilidad que termina en conflictos internos como lo muestran los enfrentamientos armados en diversos países de África (Sudán, Congo, Costa de Marfil).

Cuadro 3

**Vulnerabilidades sociales, riesgo y afectaciones por desastres**

Naturales	Productivos	Sociales	Industriales	Internacionales
Victimas humanas	Crisis económicas	Mal funcionamiento de instituciones	Contaminación química	Falta de cooperación
Destrucción infraestructura pública y privada. Contaminación química	Desigualdad social	Colapso administrativo	Accidentes industriales	Colapso en la colaboración ambiental regional
Refugiados inmigrantes	Contaminación de insumos	Inestabilidad política	Colapso del sistema productivo	Acaparamiento de recursos naturales
Ayuda internacional	Escasez de alimentos	Conflictos internos	Accidentes de trabajo	Conflictos políticos e institucionales
Saneamiento ambiental	Reducción de bienes de consumo masivo	Huelgas	Enfermedades laborales	Epidemias
Hambrunas	Pobreza	Migración	Clima laboral conflictivo	Disminución de apoyos a la ciencia y tecnología
Pérdida condiciones de supervivencia	Desempleo	Pérdida de poder adquisitivo		Migración
		Desempleo		Guerras civiles
		Discriminación de género		Refugiados
		Marginación		

Fuente: Oswald, 2005: 158.

El calentamiento global y el estrés ambiental están generando nuevos riesgos que afectan a personas, comunidades, regiones y países. Pueden agravar desastres naturales y sociales, llevando a enfrentamientos violentos por la apropiación de recursos, crecientemente más escasos (véase gráfica 1). Estos procesos sociales (inducidos por procesos ambientales y reforzados por políticos y sociales), pueden generar flujos migratorios gigantescos. La ONU estima que en las próximas dos décadas habrá 130 millones de refugiados ambientales. Si se añaden aquellos por enfrentamientos bélicos y crisis socioeconómicas, se presenta en las próximas dos décadas un panorama muy delicado, lleno de movimientos de población, enfrentamientos y guerras, acompañado por pérdida de calidad de vida.

## Agua: vida y muerte

México es considerado un país con múltiples problemas en el manejo de agua. No sólo su capital se localiza a 2 200 m de altura, en una cuenca endorreica y sobre un lago desecado, sino que la distribución de la precipitación se concentra en espacio y tiempo: durante la época de lluvia de junio a septiembre y regionalmente, en el sureste. El 84% de la superficie pertenece a ecosistemas áridos y semiáridos, recibe 28% de precipitación, cuenta con 77% de población, produce 84% del PIB y dispone de 92% de tierras irrigadas. En cambio, el sureste recibe 78% de precipitación, cuenta con 23% de población y dispone sólo de 8% de tierras irrigadas. En esta área se localizan la pobreza extrema y los rezagos sociales históricos, particularmente entre pueblos indígenas con bajo nivel educativo, altas tasas de fecundidad, poca tecnología, altas tasas de migración, un modelo de producción agropecuaria de subsistencia y alta vulnerabilidad social.

Mendoza, Villanueva y Maderey (2004) desarrollaron un modelo de balance térmico-hidrológico (METH): dividieron el país en 12 zonas hidrológicas, encontraron que la cuenca del Pánuco dispone sólo de 0.93 millones de litro (miol) por persona y año y la del Lerma-Chapala-Santiago de 0.66 miol, pero con 41.9% de la población. Ambas cuencas muestran alta vulnerabilidad de secarse por el cc. Las proyecciones hacia el año 2050 indican que la cuenca del Pánuco tendrá un incremento poblacional de 67.8% y contará con un decremento en la escorrentía de 2.2%, lo que agudizaría la falta de agua (*idem*: 217). Ante temperaturas altas y reducción de lluvia con sequías intensas, la escasez de agua será grave en esta región; aunque lluvias fuertes y esporádicas pudieran generar desastres, pero permitirían almacenar también este agua.

Cerca de 82% de todos los desastres mundiales están relacionadas con el agua y las fluctuaciones en lluvias que por el cc implican altas vulnerabilidades ante sequías e inundaciones. Ambos desastres naturales muestran una tendencia hacia el aumento por la intensidad de El Niño-La Niña (Magaña, 2004: 212), lo que significa cambios en el patrón de lluvia-escorrentía y humedad del suelo y evaporación, una canícula o sequía interestival más intensa (Reyna, Taboada, 2003) y heladas tempranas, lo que destruiría cultivos y afectaría la seguridad de alimentos.

## Retos, prevención, alerta temprana, vulnerabilidad social, mitigación y resiliencia

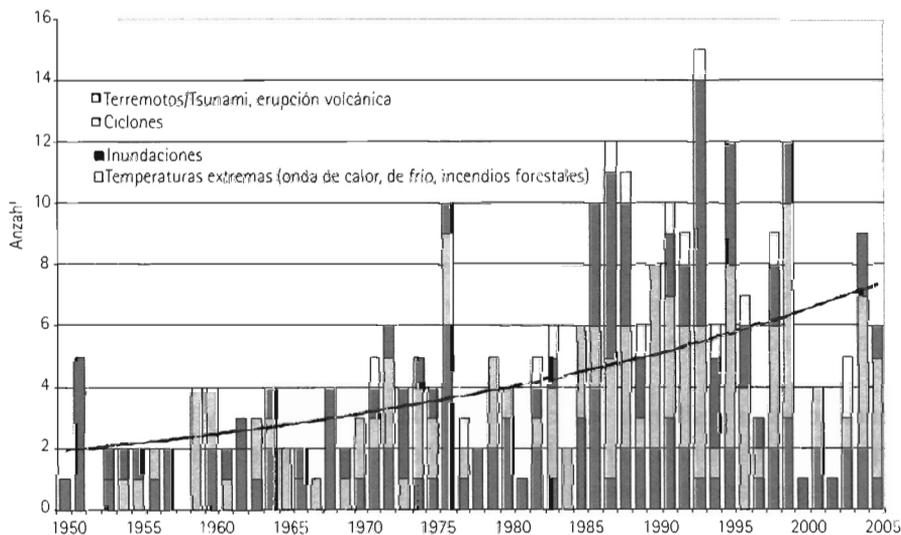
Los datos acerca del número de eventos catastróficos y su intensidad durante los últimos 50 años muestran una clara tendencia hacia el aumento de las catástrofes importantes, como resultado del cc (gráfica 3). Al incluir en el ámbito mundial todas la catástrofes (gráfica 4), llama la atención que durante los últimos 30 años 2066 273 personas murieron y 5076 494 541 personas fueron afectadas por sequías, inundaciones, ciclones, terremotos y otras calamidades como incendios forestales, heladas y ondas de calor.

México es un país expuesto a todos los desastres mencionados. Particularmente delicado se torna el desarrollo de las megalópolis que dificulta un ordenamiento territorial, ambiental y urbano al haber crecido de manera caótica. El reto del gobierno es crear conciencia entre la población de los riesgos existentes y entrenarla para reducir la vulnerabilidad social, mediante acciones concretas que mejoren las respuestas e incrementen la *resiliencia*.

Gráfica 3

### Número de catástrofes importantes:

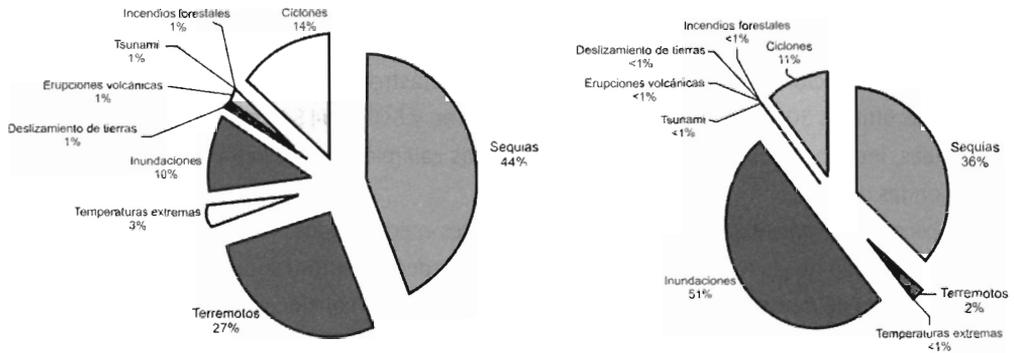
1950-2005



Fuente: 2006 NatCatSERVICE, GeoRisikoForschung, Münchnerer Rück.

Gráfica 4

**Personas muertas y afectadas en todos los desastres del mundo (1974-2003)**



**Total: 2.066.273 personas muertas; 5 076 494 541 personas afectadas**

Fuente: Hoyois y Guha-Sapir (2004).

Un grupo especialmente vulnerable, pero también importante en la consolidación de la *resiliencia*, son las mujeres. Por su papel en la sociedad y su identidad de género aportan en cualquier desastre un número mayor de muertes. No obstante, se trata de las socializadoras en el hogar, donde pudieran prevenirse daños en vidas humanas y materiales. Igualmente, las escuelas y medios masivos de comunicación juegan un papel crucial en la sensibilización de la población, siempre y cuando la alerten de los potenciales peligros con información completa y verídica. Durante un desastre pueden avisar a la población de la duración posible y una vez ocurrido el evento, pueden apoyar con tareas de rescate, organización de brigadas, prevención de epidemias, desaparición de personas y actividades de reconstrucción. Con denuncias han frenado la corrupción y actos de vandalismo entre autoridades encargadas de cuidar el orden.

**Recomendaciones: la *resiliencia* reduce vulnerabilidades en el corto y largo plazo**

1. Jerarquizar riesgos, reducir vulnerabilidad social e incrementar resiliencia sobre todo entre la población más severamente expuesta

En primer lugar se da prioridad al salvamento de las vidas humanas, se cuida la gobernabilidad y, después de un desastre, se protegen las vidas humanas, la infraestructura productiva, la social y la urbana. Claramente establecidas las prioridades, se pueden elaborar mapas de riesgos multieventos y complejos en el ámbito local, estatal y nacional para entender los potenciales y los reales riesgos y vulnerabilidades, dando especial énfasis al cuidado de los más perjudicados. Estos mapas tendrán que

acompañarse con acciones gubernamentales de reubicación de población en sitios de alto riesgo y de la promoción de una cultura que reduzca riesgos y aumente la *resiliencia*.

## 2. Colaboración intragubernamental, interinstitucional y con la sociedad organizada

Durante los pasados desastres se ha visto la descoordinación entre entidades gubernamentales, pero también entre funcionarios y especialistas. Es urgente consolidar la *colaboración respetuosa en distintos niveles y ámbitos públicos y privados*. Simultáneamente, es útil elaborar en cooperación con la sociedad afectada planes de evacuación y reubicación, en caso de que el asentamiento humano esté situado en una zona de altísimo riesgo (lecho de río, zonas de rutas de lahares de volcanes activos). Finalmente, es necesario transparentar los apoyos nacionales e internacionales obtenidos por un desastre y así combatir la corrupción al interior de las dependencias que lucran con el dolor de sus ciudadanos. El pragmatismo científico debería acompañarse de la sensibilidad social, capaz de entender la cultura popular afectada por una catástrofe. Movimientos sociales, ONG y grupos de presión pueden vigilar al gobierno y movilizarse para exigir la aplicación estricta del estado de derecho.

## 3. Prevenir y atender pequeños desastres

Normalmente, la actividad gubernamental y de prensa se aboca hacia los desastres mayores. Sin embargo, como se ve en la gráfica 4, el número mayor de muertes se presenta en desastres pequeños que pudieran evitarse con una cultura adecuada de prevención y el entrenamiento. La creación de capacidades técnicas, financieras, de comunicación y prácticas creativas pudieran ayudar a establecer políticas y acciones a favor de la vida.

## 4. Democratización de la gestión del manejo de riesgo y de la gestión integral de los recursos naturales, en particular el agua

Requiere de diagnósticos compartidos con los ciudadanos, donde se establecen prioridades sociales y un manejo sustentable del recurso, mediante inversiones racionales, ahorro y reúso. Las obras públicas deberían contar con la posibilidad de ampliación para evitar *elefantes blancos* y así ahorrar recursos financieros y naturales. El camino más barato es siempre el de prevenir. Cuando en un desastre haya pérdida de vidas humanas, quiere decir que falló la fase preventiva y los procesos de *resiliencia* deberían reorganizarse inmediatamente. Zonas de alto riesgo<sup>8</sup> no pueden ser presa de especulaciones inmobiliarias de inversionistas con intereses de corto plazo o de invasiones de personas sin alternati-

---

<sup>8</sup> Cancún es un sitio construido sobre una barra y ubicado entre una laguna interna y el mar. En el pasado, un temporal o ciclón abría esta barra, dejando fluir el agua salada hacia la laguna interior. Al transformar un fenómeno natural de barra en un sitio con 28 mil cuartos de hotel, se convirtió en una zona de alto riesgo ciclónico, expuesta periódicamente a la destrucción de la infraestructura por los fenómenos naturales, agravados por los antropogénicos.

vas. Requieren reubicación hacia zonas menos peligrosas, donde los fenómenos naturales no afecten tanto la infraestructura, pero sobre todo, donde las vidas humanas estén a salvo.

#### **5. La participación de mujeres y niños en la gestión de una nueva cultura de resiliencia**

Las madres no sólo son socializadoras en el hogar al guardar el conocimiento local, la medicina tradicional y las prácticas culturales, sino que se han visto más severamente afectadas por los desastres naturales. Por lo mismo se convierten en grupo de atención privilegiado. Al educarlas en prácticas de prevención de desastres y al socializar con ellas las mejores prácticas de prevención y de atención antes, durante y después de un evento catastrófico, se pueden convertir junto con sus hijos en depositarias de la memoria cultural e histórica para evitar nuevas afectaciones negativas en cualquier comunidad.

#### **6. Manejo integral de los recursos naturales y de la producción agropecuaria**

Las sequías y la desertificación de suelos requieren de enfoques integrales; protección del suelo mediante el control de la erosión hídrica y eólica; conservación del agua superficial y subterránea; saneamiento de áreas contaminadas; cultivos tolerantes a la sequía, uso eficiente de energía (sustituyendo leña) y restauración de ecosistemas destruidos. Se ha comprobado en el reciente tsunami y los huracanes del año pasado, que los manglares y arrecifes son protectores ante olas; mitigan vientos y protegen las costas de erosión y pérdida de playa, además de constituir ecosistemas altamente biodiversos y eficientes. Lo mismo es válido en la recuperación de bosques en zonas de altas pendientes, donde los árboles retienen los sustratos e impiden deslizamientos de tierras y avalanchas de lodo. Al presentarse reforestaciones masivas<sup>9</sup> con plantas resistentes a climas secos, se permitiría reducir la erosión hídrica y eólica; crear suelos aptos para cultivos que controlan tolvaneras y retienen el avance del desierto al apoyar microclimas menos extremos, la evapotranspiración y evaporación capaces de facilitar la formación de nubes.

#### **7. Apoyo tecnológico**

En el proceso de alerta temprana ante ciclones, maremotos, temblores, sequías, inundaciones y otros peligros naturales, se deben aprovechar las nuevas tecnologías a favor del bienestar colectivo y no privilegiar la acumulación individual. Convenios con universidades y centros de investigación permitirían crear tecnologías propias y de menor costo, donde se respeten las normas de calidad y los requisitos para prevenir y alertar eficientemente. Este proceder reduciría los costos en refacciones al disponer de ellos, además de que ayudaría a concientizar a la población para participar en los pro-

---

<sup>9</sup> Tecnologías de micorrisas, fijadores de nitrógeno del aire al suelo y micropropagación pudieran ayudar a producir varios cientos de millones de árboles. Después de la siembra en tierras de altas pendientes, polímeros para almacenar agua en la planta y riegos de apoyo pudieran mejorar la supervivencia y el crecimiento de las plántulas.

cesos de reducción de riesgos y vulnerabilidades. Un tema delicado son los desastres humanamente inducidos como las hambrunas, cuyos procesos de alerta temprana fallan frecuentemente en países autoritarios. No obstante, tienden a afectar directamente la gobernabilidad. El caso de Etiopía mostró que aun reprimiendo las denuncias, los efectos de la hambruna facilitaron un golpe de Estado.

## 8. Las emisiones históricas mundiales

por quema de combustibles fósiles fueron de 261 233 millones de toneladas de carbono durante el siglo pasado, y en el año 2000 fueron de 6388 mil millones de toneladas. Con excepción de EUA existe una tendencia a la reducción, aunque este país es actualmente responsable de 24.19% de las emisiones y 30.3% de las históricas. El tercer reporte del IPCC tomó el tema de la equidad intergeneracional e intrageneracional como "principio de responsabilidad común, pero diferenciada". Durante la Declaración de Río en 1994 se estableció el principio precautorio (principios 7 y 15). De los 187 países afiliados a la UNFCCC, 80 generan 98% de las emisiones del CO<sub>2</sub> y 8 países grandes en desarrollo (Corea del Sur, Brasil, China, India, México, Indonesia, Tailandia, Venezuela, Argentina y África del Sur) producen juntos 40.5% de los EUA. Sin embargo, casi todos estos países se ven directamente afectados por los efectos del cc y se enfrentan a un aumento en los desastres. Es justo que los países industrializados asuman su responsabilidad y remedien sus cuotas de contaminación histórica al apoyar el desarrollo de tecnologías limpias en los países del sur para convertirlos crecientemente independientes de los hidrocarburos fósiles, productores de los gases cc.

## 9. Energía limpia

México puede reducir sustancialmente su consumo de energía fósil al disponer de climas que ofrecen energía solar y eólica. El país desarrolló en el pasado energía geotérmica y con inversiones dirigidas hacia energías renovables puede convertirse en uno de los países líderes en este campo (véase gráfica 5). Particularmente interesante es la energía solar, donde las tecnologías fotovoltaicas y de torres solares pueden sustituirse con concentradores de sol (Friedman, 2006). Las condiciones atmosféricas excepcionales y el cc de México permitirían en zonas áridas aprovechar los desiertos para generar energía renovable y sustentable.

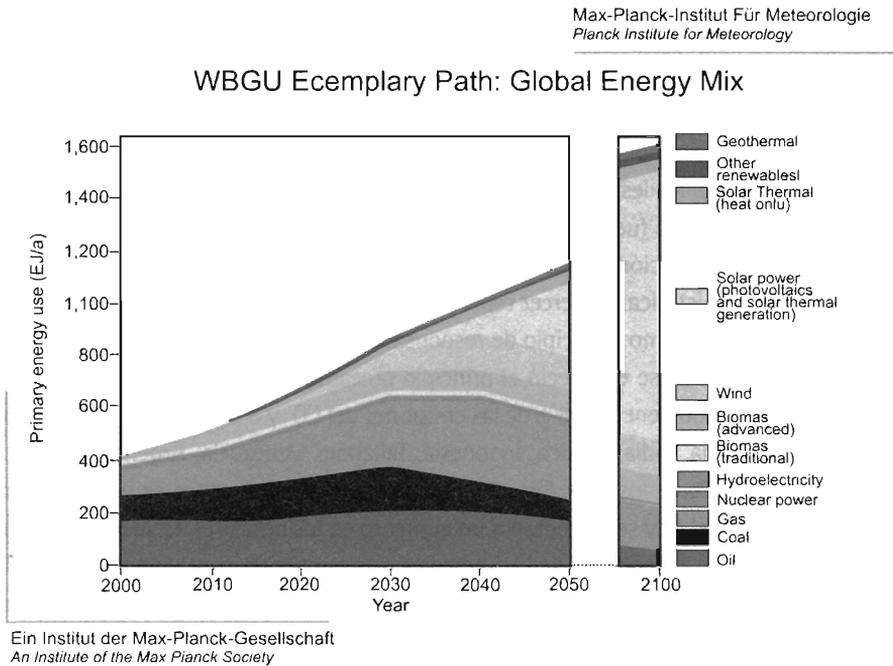
## 10. En la fase de transición hacia energías más limpias y renovables

es necesario mejorar la eficiencia energética, tanto en procesos de combustión como en mecanismos de transmisión o conversión para mitigar las emisiones de CO<sub>2</sub>.<sup>10</sup> Asimismo, es conveniente separar el crecimiento económico del consumo de energía y sus emisiones asociadas (Galindo: 350), y con ello ofrecer al país un futuro menos azaroso. Manejar eficientemente la energía por viento y sol acom-

---

<sup>10</sup> Los mecanismos de mitigación se ubican en la eficiencia de la energía, mediante calderas eficaces; bombeos sustentables, camiones no contaminantes, pero sobre todo, un transporte público eficiente en forma de metro y trenes.

Gráfica 5



pañada de un manejo forestal integral, permitiría al país estabilizar durante los próximos 20 años los gases del cc, en lugar del proyectado 68% estimado en el modelo tradicional de manejo energético (Secretaría de Energía, 2005). La conservación de bosques aportaría 65% de la mitigación de los gases cc. Al combinar técnica, financiera e institucionalmente la conservación de ecosistemas forestales con energía limpia, México pudiera convertirse en fuente o reservorio neto de carbono (Masera y Sheinbaum, 2004). Estas opciones de mitigación, sumideros de carbono, mecanismos de desarrollo limpio en industria, energía, manufactura, química, transporte, metalúrgico, agroforestación y agricultura orgánica son algunas alternativas económicamente factibles para reducir los gases cc y con ello colaborar de manera preventiva en la mitigación de desastres naturales.

#### 11. Alternativas de financiamiento

Además del manejo de servicios ambientales integrales, el desarrollo de tecnologías de energía limpia y sustentable permitirá convertir a México en país líder de la economía mundial. La producción de energía renovable representa un futuro sustentable ante la escasez y agotamiento de los hidrocarburos fósiles. La eficiencia en procesos productivos permitiría capitalizar ahorros energéticos hacia la investigación de este campo. Además, pudiera apoyar la creación de infraestructura segura, refugios

durante emergencias, reordenamientos urbanos y territoriales y la reubicación de población de bajos recursos asentada en zonas de alto riesgo.

El conjunto de estos factores permite enfrentar los procesos multicausales y multidesastres al reforzar la *resiliencia* en el ámbito comunitario, regional y nacional; preparar con educación y entrenamiento a los sectores más vulnerables y así ofrecer a los jóvenes un desarrollo potencial y un futuro menos azaroso que el presente.

## Bibliografía

- Annan, Kofi, 2005, *In larger freedom: towards development, security and human rights for all*, ONU, Nueva York.
- Beck, Ulrich, 1998, *La sociedad de riesgo. Hacia una nueva modernidad*, Paidós, Buenos Aires, Argentina.
- \_\_\_\_\_, 2001, *Políticas ecológicas en la edad del riesgo*, El Roure, Barcelona, España.
- Birkman, Jörn, ed., 2005, *Measuring Vulnerability and Coping Capacity to Hazards of Natural Origin*, UNU-Press Publication, Tokio, Japón.
- Bogardi, Janos y Brauch, Hans Günter, 2005, "Global Environmental Change: A Challenge for Human Security- Defining and conceptualising the environmental dimension of human security" en: Andres Rechkemmer (ed.), *UNEO- Towards and International Environmental Organization- Approaches to a sustainable reform of global environmental governance*, Nomos, Baden-Baden, Alemania.
- Brauch, Hans Günter, 2005, *Threats, challenges, vulnerabilities and risks of environmental an human security*, UNU-EHS, Source 1, UNU, Bonn, Alemania.
- \_\_\_\_\_, 2005b, *Environment and Human Security*, InterSecTions 2, UNU-EHS, Bonn, Alemania.
- \_\_\_\_\_, 2003, "Security and Environmental Linkages in the Mediterranean: Three Pases of Research on Human and Environmental Security and Peace", en: Brauch, Hans Günther, P.H. Liotta, Antonio Marquina, Paul F. Rogers y Mohammad El-Sayed Selim (eds.), *Security and Environment in the Mediterranean; Conceptualising Security and Environmental Conflicts*, Springer, Berlín, pp. 35-143.
- \_\_\_\_\_, 2004a, "Reconceptualising Security: A Contribution to the Fourth Phase of Research on Human and Environmental Security and Peace (HESP), *ISA Convention en Montreal, Canadá*, 19 de marzo.
- Cardona, Omar D., 2004, "The Need for Rethinking the Concepts of Vulnerability and Risk from a Holistic Perspective: A Necessary Review and Criticism fro Effective Risk Management", en: Greg Bankoff, George Ferks y Dorothea Hilhorst (eds.), *Mapping Vulnerability: Disaster's, Development and People*, Earthscan, Londres, pp. 37-51.
- Cenapred (Centro Nacional de Prevención de Desastres) 2005, <http://www.cenapred.unam.mx/es/>
- Dalby Simon, 2006, "Security and Environmental Linkages Revisited", en: Brauch, Hans Günter; John Grin; Czeslaw Mesjasz; Pal Dunay; Navnita Chadha Behera; Béchir Chourou; Úrsula Oswald Spring; P. H. Liotta;

- Patricia Kameri-Mbote (eds.): *Globalisation and Environmental Challenges: Reconceptualising Security in the 21<sup>st</sup> Century*, Springer-Verlag, Berlin, Alemania, en prensa.
- \_\_\_\_\_, 2002, *Environmental Security*, University of Minnesota Press, Minnesota, EUA.
- Dirección de Información Agraria, 2004, internet.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 1998, *The Regional Impact of Climate Change. An Assessment of Vulnerability*, Cambridge University Press, Cambridge, EUA.
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001. Impacts, Adaptation and Vulnerability, Mitigation*, Cambridge University Press, Nueva York, EUA.
- ISDR, 2004, *Living with risk. A global review of disaster reduction initiatives*, ONU, Nueva York y Ginebra, Suiza.
- Nathan, Fabien, 2007, "Natural Disasters, Vulnerability and Human Security", en: H. G. Brauch, J. Grin, C. Mesjasz, N. Behera, B. Chourou, Ú. Oswald Spring, P. H. Liotta, P. Kameri-Mbote (eds.), *Facing Global Environmental Change: Environmental, Human, Energy, Food, Health and Water Security Concepts*, Springer-Verlag, Berlin, Alemania, en prensa.
- O'Riordan, Timothy, 1986, "Doping with Environmental Hazards", en: R. W. Kates, I. Burton (eds.), *Geography, Resources and Environment: These from the Work of Gilbert F. White II*, University of Chicago Press, Chicago, EUA, pp. 212-309.
- O'Riordan, Timothy, 2002, "Precautionary Principle", en: Mostafa K. Tolba (ed.), *Encyclopedia of Global Environmental Change*, John Wiley, Chichester, Reino Unido, (4) 369.
- OECD, DAC, 1997, *Conflict, Peace and Development Cooperation on the Threshold of the 21<sup>st</sup> Century*, París, Francia.
- \_\_\_\_\_, 2000, *Guidelines on Conflict, Peace and Development Co-operation*, París, Francia.
- Oliver-Smith, Anthony, 2004, "Theorizing Vulnerability in a Globalized World: A Political Ecological Perspective", en: Greg Bankoff, Georg Ferks, Dorothea Hilhorst (eds.), *Mapping Vulnerability. Disasters, Development and People*, Sterling, Earthscan, Londres, Reino Unido, pp. 10-24.
- Oswald Spring, Úrsula, 1991, *Estrategias de Supervivencia en la ciudad de México*, CRIM-UNAM, Cuernavaca, México.
- \_\_\_\_\_, 2001, "Sustainable Development with Peace Building and Human Security", en Tolba, M.K. (ed.), *Our Fragile World. Challenges and Opportunities for Sustainable Development, Forerunner to the Encyclopedia of Life Support System*, Oxford-EOLSS Publisher, Oxford, Reino Unido, vol. 1, pp. 873-916.
- \_\_\_\_\_, y M. Lourdes Hernández, 2005, *El valor del agua: una visión socioeconómica de un conflicto ambiental*, Coltlax, Conacyt, México, D.F.
- PNUD, 1996, 1998, 2001 y 2003, *Informe sobre Desarrollo Humano*, PNUD, Ginebra, Suiza.
- PNUMA, 2004, *Global Environmental Outlook*, PNUMA, Nairobi, Kenya.
- Reyna, T. T. y M., Taboada S., 1996, "Distribución y duración de la sequía intraestival en el estado de Morelos", *Memorias Primer Taller de Estudio de País: México. México ante el cambio climático*, Instituto Nacional de Ecología, U. S. country Studies Program Support for Climate Change Studies, Coordinación de Investigación Científica y Centro de Ciencias de la Atmósfera, Cuernavaca, México, pp. 175-182.

- Secretaría de Energía, 2006, *Congreso sobre Energía*, febrero, México, D.F.
- Secretaría de Gobernación (Segob), 2004 *Protección Civil, datos, Internet, www.segob.gob.mx*
- Semarnap, 1999, véase IPCC Informe al IPCC.
- Serrano Oswald, Serena Eréndira, 2004, "Género, migración y paz: incursiones a una problemática desde una perspectiva multidimensional e incluyente", en Úrsula Oswald, (ed.), *Resolución no violenta de conflictos en sociedades indígenas y minorías*, CIAIP/ Coltlax/ IPRA-F/ Fundación Heinrich Böll, México DF, 2004, pp. 287-306.
- Steffen, W., A. Sanderson, P.D. Tyson. J. Jäger, P.A. Matson, F. Oldfield, K. Richardson, H.J. Schenlinhuber, B.L. Turner II y J. Wasson, 2004, *Global change and the Earth system. A planet under pressure*, Springer Verlag, Berlín, Alemania.
- Taboada S., M., T. Reyna T., R. Oliver G. y M. Beltrán B., 1993, *Evaluación de la Sequía Intraestival en el estado de Morelos*, Dirección General de Investigación y Posgrado, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, México.
- Taboada, Marisela, 2003, "Precipitación y sequía intraestival en el estado de Morelos", en Úrsula Oswald, (ed.), *El Recurso Agua en el Alto Balsas*, IGF/ CRIM/ UNAM, Böll, CGE, Coltlax, México, D.F. pp. 155-164.
- UNDP, 2004, *Reducing Disaster Risk: A Challenge for Development*, A Global Report, UNDP Bureau for Crisis Prevention and Recovery, UNDP, Nueva York, EUA.
- UNEP (ed.), 2004, *Understanding Environment, Conflict and Cooperation*, UNEP, Nairobi.
- Wisner, Ben, 2004, "Assessment of Capability and Vulnerability", en: Greg Bankoff, Georg Ferks, Dorothea Hilhorst (eds.), *Mapping Vulnerability, Disasters, Development and People*, Sterling, Earthscan, Londres, Reino Unido, pp. 183-193
- Wisner, Ben y Peter Walker, 2005, *Beyond Kobe. A proactive look at the World Conference on Disaster Reduction*, Feinstein International Famine Center, Tufts University, Curtis St. Medford, EUA.



## **Estado y desastres: deterioro, retos y tendencias en la reducción de desastres en México**

*Jesús Manuel Macías M.\**

Esta contribución trata someramente de tres aspectos relevantes en la consideración del tema de los desastres y el papel del Estado en México. El trabajo contempla en primer lugar una necesaria reflexión conceptual respecto del desastre y hace algunas alusiones a ciertos mitos que no ayudan a la comprensión cabal del proceso de desastre y que tienen propósitos diversos a la reducción de las pérdidas materiales y de vidas.

En segundo término se ofrece una caracterización del problema del riesgo-desastre en México, desde el punto de vista del estado de conocimiento de las amenazas a desastres y la preparación gubernamental para reducirlos, mostrando una generalidad de fallas tanto en el conocimiento de las amenazas como en otros planos de organización de la administración pública federal que se suman para explicar los contundentes resultados desastrosos de fenómenos tales como los huracanes Stan y Wilma en 2005. Finalmente, se sugieren cambios en la esfera de la organización gubernamental para mantener niveles más adecuados de preparación para la prevención y atención de desastres en México.

### **Aproximación conceptual al desastre: Estado y desastres, definiciones fundamentales**

En diversas ocasiones y contextos hemos insistido en la naturaleza conceptual pero también empírica del desastre que se orienta a la esfera de lo social. Más allá de cualquier definición delimitada por la ocurrencia de algún fenómeno destructor como sismo, inundación, huracán, etc., el desastre es una expresión social de un estado de crisis (Quarantelli, 1998). Han existido esfuerzos por comprender esas expresiones de destrucción como coincidencias de factores naturales y sociales, también para referirlo a enfoques centrados en tiempo y espacio. El desastre también se ha tratado de aprehender como

---

\* Ciesas.

una sucesión de hechos marcado por el impacto de un fenómeno desastroso sea natural o antrópico (antes, durante y después) y esa misma sucesión ha sido consistente con la idea del *ataque enemigo* que dio pie a las bases de organización de la Defensa Civil-Protección Civil de enorme vitalidad en la época de Guerra Fría (Dynes, 1999). Pero ha sido, por ello, necesario advertir que la pauta o el eje medular de esa sucesión es precisamente el momento del impacto o del *ataque*, es decir, el momento de la ocurrencia destructora. En esa construcción conceptual se desprende que los arreglos de intervención y de conocimiento (es decir, epistemológicos) del fenómeno del desastre se concentran en las características del impacto destructor y en las operaciones de intervención de fase de emergencia.

Cuando un cuerpo dirigente laborando en la esfera de la autoridad de la sociedad, asimila esos supuestos, desprende acciones concordantes con dichos supuestos para entender y operar en los desastres. En consecuencia emergen dominancias: como el *geofisicismo*, y el *ingenierilismo* cuya suma da lugar a lo que Hewitt (1983) describió como las características de la visión tecnocrática de los desastres. Ese cuerpo dirigente legitima y refuerza la idea del *desastre natural* y así llaman a cualquier fenómeno potencialmente destructor como el sismo o la inundación. En esta perspectiva los diferentes agentes del poder desarrollan logros muy parciales y permanentemente arrastran el problema de la gente porque la ven y la tratan como el problema de la ineficiencia de sus intervenciones. Componen el más adecuado modo de hacer inteligible para sí mismos el problema de los desastres.

El otro aspecto al que me quiero referir es el la relación entre los desastres y la autoridad (el gobierno, la administración), porque la naturaleza del desastre nos obliga también a ver otros temas como la seguridad frente a la posibilidad de sufrir daños o frente a los daños ya materializados. Ello nos lleva a discutir si el segmento social en desgracia es *ayudado* por los agentes de la autoridad y si dicha ayuda se realiza por la vía de la caridad o de la obligación. Éste es un tema importante que debe ser muy bien esclarecido y que puede motivar hasta definiciones ideológicas. No obstante, al respecto hay elementos que tienen suficiente nitidez y que se ven recogidos en las constituciones políticas de los estados modernos (no es aún el caso en México): la obligación del gobierno de procurar seguridad frente a desastres y de intervenir para que los grupos afectados se recuperen y se reintegren al funcionamiento social.

En 1999, el estado de Veracruz —ya gobernado por Miguel Alemán— sufrió un gran desastre que tuvo muchas expresiones en inundaciones de diversas áreas y centros urbanos. En esa configuración desastrosa se vio involucrado un factor atmosférico: la depresión tropical número 11, que propició lluvias muy fuertes que facilitaron las diversas inundaciones en las cuencas bajas de los ríos del norte y del sur de la entidad. Ernesto Zedillo, entonces presidente de México, le llamó la “tragedia de la década”.

Cuando se cumplían apenas seis días del impacto desastroso de esas inundaciones y cuando la contabilidad de pérdidas humanas llevaba apenas 87 muertos y 91 desaparecidos, el gobernador Miguel Alemán, declaró: “La respuesta natural humana es echarle la culpa a alguien por lo ocurrido y aquí, mis queridos amigos, el único responsable soy yo y todos mis colaboradores” (*La Jornada*, 12 de octubre de 1999).

Es tan curioso el sistema político y jurídico mexicano que, a pesar del reconocimiento público de su responsabilidad, entre otras cosas, en la muerte de muchos seres humanos, el gobernador Alemán siguió al frente del gobierno estatal como si nada hubiera pasado. Terminó su periodo cómodamente, imagino, arrellanado en algún amplio sillón de sus oficinas o de su casa. Como si el concepto de responsabilidad fuera una palabra hueca o banal sin ningún tipo de efecto legal, político o de cualquier otra índole.

El ejemplo anterior es importante para entrar en algunos detalles del problema planteado. El Estado es una noción que tiene varias aristas. Hay al menos tres esferas privilegiadas que tratan el asunto de manera fundamental. Una es la sociológica-política, otra la legal y la tercera es la militar donde la principal vertiente tiene que ver con la geopolítica que cruza el conocimiento geográfico con la estrategia militar pensada en escala mundial. Max Weber definía al Estado como un conjunto diversificado de instituciones que tienen la Autoridad que define las reglas con las que se gobierna la sociedad y tienen el "monopolio de la violencia legítima" (1984: 664). Para los propósitos de esta contribución importa mucho observar varias implicaciones de la discusión del concepto que tienen que ver con el tema de los riesgos y los desastres.

El carácter determinante en el desarrollo individual y colectivo respecto del acceso al poder, las características de los recursos y de las *instituciones* del Estado para mantener un *orden social* han sido explorados por filósofos, sociólogos y prácticamente toda suerte de científicos sociales. En general, se puede decir que hay una posibilidad de acercarse a la mayor abstracción de los contenidos del concepto Estado: "conjunto de instituciones diferenciadas que gobiernan un territorio determinado, con capacidad para hacer leyes que regulen la conducta de la gente dentro del territorio y apoyadas por los ingresos provenientes de impuestos" (Abercrombie, Hill y Turner, 2000); "forma de organización política de la sociedad"; "la organización jurídica coercitiva de una determinada comunidad".

Evidentemente se trata de una forma históricamente definida por la sociedad que involucra los niveles jurídicos, políticos y los globales concernientes a las otras dimensiones de la vida y transformación de la sociedad. El gobierno es un punto clave en toda discusión del Estado ya que según Max Weber (1984) se erige como la autoridad superior en la sociedad y tiene las funciones de gobernar y de administrar a la misma. Reúne en sí el poder político, los aparatos coercitivos y la capacidad económica así como sus instrumentos para regular los bienes de la sociedad y los sustentos jurídicos que legitiman el poder y la propiedad.

Los aspectos del Estado que son centrales a la relación con los desastres son derivados de la función de la autoridad para garantizar la protección de la vida y de los bienes de los miembros de la sociedad, principio éste generalmente adoptado en las leyes principales de las modernas democracias.<sup>1</sup> El papel de administrador de los bienes sociales del gobierno incluye dos aspectos derivados.

<sup>1</sup> Por ejemplo en el caso de Francia: "El Estado afirma la solidaridad e igualdad de todos sus ciudadanos al enfrentar la carga que resulta de las calamidades nacionales" (Constitución de 1946, en Kreimer *et al.*, 1999).

Uno se refiere a la capacidad para fomentar el conocimiento científico sobre las amenazas de todo tipo, y el conocimiento científico sobre las condiciones societarias para la organización de intervención en desastres o en control de riesgos. El otro aspecto se refiere a la toma de acción gubernamental para enfrentar riesgos y desastres. La responsabilidad frente a estos problemas permanentes y contingentes así como la condición de administrador de los bienes comunes de la sociedad implican responsabilidades y obligaciones sobre daños, pérdidas y todo lo que tiene que ver con arreglos para recuperación de crisis en aquellos sectores o comunidades que lo necesitan y que no pueden resarcir con recursos propios.

La relación desastres y Estado también tiene otra significación de gran importancia y ésta se refiere al modo de uso de las instituciones y procesos sociales para actuar gubernamentalmente en los desastres o en relación con los desastres: la asunción de éstos como problema de *control social* que, desde una perspectiva autoritaria, es *atribución* de Estado.

El Estado, tiene entonces una doble tarea de enfrentamiento con los desastres: una se refiere a la equivocada asunción de que los desastres son fenómenos amenazantes de la gobernabilidad y de la gobernación; la otra se refiere al papel del mismo en el tratamiento de las consecuencias (incluso de la anticipación) de un proceso de desastre en la fase en la que hay que atender daños y destrucción.

Conviene explorar, en este sentido, el caso de Estados Unidos y algunas de las implicaciones del Estado respecto de los desastres (véase Macías, 2006). James L. Huffman (1983) realizó un trabajo pionero sobre el alcance legal de la responsabilidad gubernamental en actividades específicas como la *mitigación* en desastres y otras derivaciones relacionadas con daños y perjuicios ocasionados por fenómenos naturales desastrosos. Huffman trató de poner en claro el plano de las obligaciones y responsabilidades gubernamentales acerca del riesgo sísmico para Estados Unidos. Uno de sus propósitos fue aclarar la relación de lo legal con los asuntos vinculados a la amplia esfera de las asignaciones de recursos del gobierno para reducir las pérdidas por los terremotos. Investigó casos de otros países como Japón, Nueva Zelanda y otros. La idea fue llegar a condiciones de comparabilidad que le fueran útiles para extraer lecciones. Concluyó que la ley norteamericana de responsabilidades gubernamentales era la piedra angular de la comprensión de la forma en la que el gobierno asume sus obligaciones globales en asuntos de riesgo-desastre, a pesar de que dicha ley se basa en la doctrina de la *inmunidad soberana*<sup>2</sup> (*sovereign immunity*) que la legislación estadounidense heredó de la Ley de los Comunes inglesa.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Inmunidad soberana es la teoría que sostiene que un gobierno o soberanía es inmune o exento de responsabilidad (*tort liability*) derivado de su estatus en la sociedad.

<sup>3</sup> Kreps (1990), advierte que "Desde tiempos antiguos, en 1803, el gobierno federal reconoció una responsabilidad respecto a la ayuda en desastres cuando otros recursos públicos y privados eran insuficientes. Entre 1803 y 1950 más de 100 leyes de ayuda especial pasaron por el Congreso. Esas leyes fueron todas promulgadas después de un desastre y

Huffman destaca que las Cortes norteamericanas han sostenido que la Ley Federal de Reclamos por Daños y Perjuicios<sup>4</sup> (FTCA, por sus siglas en inglés) implícitamente excluye de responsabilidad en donde están en efecto esquemas de compensación globales para cubrir las pérdidas reclamadas. También indica que la Ley de Ayuda en Desastres (DRA, por sus siglas en inglés) de 1974 otorga inmunidad al gobierno durante el tiempo en que se están realizando las actividades de ayuda en desastres. Bajo sus propios términos, esta ley, según el autor, aplica solamente a las actividades gubernamentales de mitigación posdesastre y solamente cuando el presidente ha declarado que el área involucrada se encuentra dentro del área de desastre.<sup>5</sup>

En Estados Unidos las posibles responsabilidades del gobierno por sus predicciones sísmicas y sus programas de mitigación de amenazas adquieren un cierto grado de complicación para el sistema federal ya que cada gobierno estatal desarrolla muchas funciones sobre desastres tanto en coordinación como de manera independiente del gobierno federal. Adicionalmente, los gobiernos locales juegan un papel muy importante y por ello también pueden tener responsabilidades legales.<sup>6</sup> Aunque el asunto de la responsabilidad de los gobiernos de los estados es un asunto diferencial y que depende de cada estado, los amplios parámetros de responsabilidad del gobierno federal aplican en general a los estados también. Esta similitud legal no debe, sin embargo, dejar que haya poca claridad en la importancia del rol de cada gobierno local y estatal en la mitigación de las amenazas naturales. El contexto federal de la mitigación de amenazas de Estados Unidos es de importancia capital para el tema de la asignación de costos. Con esto concluye Huffman.

En otra contribución al caso estadounidense, J. Pine (1991) encuentra una más clara distinción en el impacto de legislación federal y estatal respecto de las actividades de manejo de emergencias. Establece una diferencia de referentes causales según sea el nivel, estatal o federal, de la legislación

---

en respuesta a un evento específico. Por esas razones se registraron demoras frecuentes antes de que la ayuda federal llegara a las áreas impactadas, y la naturaleza de la ayuda estuvo destinada sólo para propósitos seleccionados.

<sup>4</sup> En inglés: Federal Tort Claims Act.

<sup>5</sup> Huffman pone énfasis en un hecho importante: "En 1977, el Congreso de los Estados Unidos adoptó la Ley de Reducción de Amenaza Sísmica (Earthquake Hazards Reduction Act. EHRA) para reducir el riesgo para la vida y la propiedad por futuros terremotos en los Estados Unidos a través del establecimiento y mantenimiento de un programa efectivo de reducción de amenazas sísmicas. La ley requiere al presidente y a la FEMA el desarrollo de un programa de reducción de amenazas sísmicas, que incluye construcciones sismorresistentes, predicción de sismos, el desarrollo de un modelo de zonificación y reglamento de construcciones; educación pública, mitigación e investigación de desastres. La ley otorga al director del Instituto Geológico de Estados Unidos (USGS) la autoridad para emitir predicciones sísmicas con base en la asesoría del Consejo Nacional de Evaluación y Predicción Sísmica. En este reporte sobre esa ley al momento de su adopción, la Cámara de Representantes estableció que: 'En tanto que el gobierno federal ha financiado la mayor parte de la investigación para la mitigación de amenazas y la predicción sísmica, la principal responsabilidad por el uso de este conocimiento descansa en los gobiernos locales y estatales y en los individuos particulares:'"

<sup>6</sup> Association of Bay Area Governments (ABAG), 1979, *Legal References on Earthquake Hazards and Local Government Liability*, citado en Huffman (1983).

aplicable. Señala que en el caso de negligencia, que es cuando una acción descuidada o la inacción de empleados gubernamentales o de voluntarios causan perjuicios o daños a las propiedades, ésta es materia de demanda en la legislación estatal y por consecuencia son ventilados en las cortes estatales también. Respecto de la esfera federal, advierte que en ella caben los derechos constitucionales ligados a temas como la regulación de uso del suelo, las atribuciones de emergencia de personal policiaco judicial, las revisiones o inspecciones a negocios y las limitaciones ciudadanas impuestas durante un desastre.

El breve comentario anterior permite apreciar una de las dimensiones en las que la sociedad norteamericana pone las condiciones de riesgo y desastre de la sociedad civil en relación con su gobierno y es un ejemplo que trata de ilustrar la innegable condición de responsabilidad gubernamental frente a los desastres en un contexto liberal.

Preocupaciones similares pero con relación al caso de México han surgido de manera frecuente en las diferentes esferas que analizan desastres desde la academia hasta organizaciones no gubernamentales que han incursionado en alguna expresión de ciertos desastres. Recién el marco de un Encuentro Técnico celebrado periódicamente por el Programa Agua Medio Ambiente y Sociedad (PAMAS) de El Colegio de México Colmex —que en 2005 se celebró en colaboración con el Ciesas y el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM— surgió, entre otros, un tema a discusión que aludía a la búsqueda de alguna fórmula para obligar al gobierno a cumplir con sus responsabilidades en materia de reducción de riesgos y desastres. En ese evento participaron funcionarios de varias dependencias gubernamentales (Asemex, CNA, Semarnat, etc.) e investigadores de diversos centros académicos. El tema emergió dada la escasa atención y limitado presupuesto concedido por el actual gobierno federal al conocimiento de amenazas y de acciones preventivas. Esas falencias fueron advertidas a pesar de la existencia y ejecución de un fondo financiero del gobierno federal para apoyar actividades de prevención de desastres denominado Fopreden.

## **Caracterización del problema en México**

Como quiera que sea, es evidente que un desastre —que conceptualmente incluye la condición de riesgo— conforma un ámbito de pertinencia de la acción gubernamental de manera que debe quedar firmemente asentado que la ayuda proveniente del gobierno es una obligación y no una graciosa dadiva.

El desastre de la ciudad de México de 1985 mediado los sismos del 19 y 20 de septiembre fue paradigmático. Una de sus consecuencias fue la necesidad de afinar y poner en correspondencia a la estructura de la administración pública con situaciones similares de desastres. Aunque habían existido algunas definiciones organizativas y de políticas públicas antecedentes el gobierno federal entonces buscó una opción organizativa y conceptual de más alcance institucional y creó el Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc) el año siguiente. En diversas ocasiones (Macías, 1999a

y 1999b) hemos tratado de contribuir al entendimiento del origen, sentido, inspiración, naturaleza, etc. de la protección civil y de diferencias en ese mismo tenor al respectivo del manejo de desastres. Hemos tratado de señalar que se trata de esquemas que son muy diferentes que por ello también tienen diferentes supuestos en la acción para prevenir y atender desastres. Lo anterior se deriva de haber identificado confusiones tanto en los contenidos conceptuales y organizacionales del Sinaproc como en el desarrollo empírico de la intervención gubernamental bajo la protección civil.

Ante los resultados pobres en materia de reducción de desastres en América Latina se pueden encontrar evidencias que llaman la atención acerca de la necesidad de cambio de enfoques, esquemas y de estructuras. Por ejemplo, los recientes esfuerzos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para que sea incorporada su propuesta de instalación de un modelo de intervención en procesos de riesgo-desastre también relacionado con el Manejo de Desastres (véase Freeman *et al.*, 2001) y las intervenciones del Banco Mundial en sus evaluaciones y recomendaciones relacionadas con el Fonden, y la ampliación del mercado de seguros para asuntos de impactos desastrosos (Kreimer *et al.*, 1999).

Lo anterior se corresponde con una crisis que no se advierte públicamente pero que es inteligible a través de los resultados de las acciones gubernamentales. Si valoramos las acciones en *prevención* a través de los resultados recientes de los fenómenos naturales potencialmente desastrosos (FNPD) tenemos que llegar al Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) que es una muestra viviente de las apreciaciones dominantes del geofisicismo y del ingenierilismo que mencionamos antes. Es imperativo reconocer, por otro lado, el hecho de que en ese Centro se había logrado un avance en el periodo 1994-2000 apreciable por la creación de comités científicos, por el fomento a investigaciones pluridisciplinarias y la creación de una *unidad* de estudios económicos de daños, entre otras cosas. Luego de ese periodo no se ha podido observar un ejercicio coherente en términos de prevención de desastres. La creación del Fopreden, por ejemplo, también tiene que valorarse a la luz de los resultados inmediatos y sobretodo de los desastres de 2005 con la mediación de los huracanes Stan, Wilma y otros eventos meteorológicos.

El Cenapred también se convirtió en el reflejo de una idea errónea acerca de lo que corresponde a la relación y dominio del trabajo científico con el trabajo *operativo* del Sinaproc. Geofisicismo e ingenierilismo suponen que el conocimiento científico acerca de las amenazas es el único conocimiento científico y que lo *operativo*, es decir, lo que se distingue como la intervención de emergencias y tal vez como la intervención en la recuperación, son aspectos completamente diferentes. Una visión de los desastres como fenómenos sociales aconsejaría repensar la relación entre lo *científico* y lo *operativo*. Hay un nivel desatendido y se trata de la planificación que es central a toda acción preventiva, ya que usa conocimiento de las amenazas, de las vulnerabilidades físicas y sociales para operar, precisamente, en esas condiciones de la sociedad. La planificación es un instrumento científico y técnico cuya esencia recae en la esfera de la definición social en la que se tiene que intervenir.

## Avances en conocimiento de amenazas

En una suerte de evaluación de las capacidades del gobierno mexicano para enfrentar *riesgos de desastres*, Alcira Kreimer y otros investigadores del Banco Mundial (1999) recomendaron al gobierno mexicano desarrollar estrategias para mejorar la educación sobre la mitigación de desastres a través de iniciativas y regulaciones para promover lo que llamaron una "cultura de protección social". Además de lo anterior, definieron cuidadosamente algunos de los términos en los que el gobierno mexicano podría asimilar la ampliación de su mercado de seguros para dar alivio a la sobrecapitalización de las compañías reaseguradoras internacionales —resultante de los efectos catastróficos del huracán Andrew en La Florida en 1992—. De paso, sugirieron la práctica de reaseguro como una forma de inversión en mitigación de desastres. El esquema adoptado por estos investigadores del Banco Mundial fue lo que ellos mismos definieron como *estrategia comprehensiva de manejo de riesgo a desastre* y que consistió de tres estados, a saber: 1) identificación de riesgo, 2) reducción de riesgo y 3) transferencia y financiamiento de riesgo.

Con relación al primero de esos estados, es decir, de la identificación del riesgo, consideraron que en México se contaba con recursos intelectuales e institucionales altamente competentes para realizar evaluaciones de amenazas y vulnerabilidades tanto en el Cenapred como en la UNAM. Cabe mencionar que los autores citados usaron la referencia reconocida de los componentes del riesgo en el modelo de manejo de emergencias o desastres:

$$\text{Riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$$

Pero la noción de vulnerabilidad que ellos ofrecen es reducida a los aspectos físicos de las edificaciones o instalaciones o infraestructuras, cosa que de suyo parcializa cualquier análisis al respecto. En mi experiencia, y precisamente en el renglón de la identificación del riesgo, puedo convenir con los autores en el hecho de que en México existen recursos intelectuales e institucionales de gran capacidad para la identificación de las amenazas, pero a diferencia de los mismos asumo que esa capacidad por sí misma no satisface las necesidades de conocimiento para valorar las amenazas. Mucho menos si las pensamos en términos de sus frecuencias, magnitudes e intensidades para relacionarlas con las vulnerabilidades físicas —si sólo nos reducimos al mismo esquema— para tener aproximaciones suficientes a la evaluación de los riesgos. Existe aún ahora un déficit de insumos de conocimiento que actualmente dificultan la elaboración de acercamientos elementales a cálculos de daños. Voy a señalar algunos ejemplos.

En relación con las amenazas hidrometeorológicas, por ejemplo, en inundaciones, en el país no se cuenta —en general— con información histórica sobre valores de gasto-escurrencimiento, etc. Por otra parte, hay un estado deprimido de la meteorología mexicana, lo que significa un desarrollo mayor en meteorología sinóptica, con incorporación de imaginería satelital y de radares, y en contra

parte una meteorología de mesoescala<sup>7</sup> prácticamente inexistente y limitada al manejo de modelos matemáticos de pronóstico. Existen problemas serios en la red de estaciones meteorológicas captadoras de datos (temperatura, humedad, precipitación, presión, radiación solar, etc.) que son básicos para informar a los modelos y procedimientos de pronóstico y, por otra parte, la red de radares Doppler, que tiene el Servicio Meteorológico Nacional funcionan con deficiencias y con frecuentes descomposturas. No tiene aplicación conocida para efectos de sistemas de alerta de fenómenos de mesoescala, como tormentas severas y tornados, y su utilidad para el Sistema de Alerta Temprana contra huracanes no es muy clara.

Acercas del peligro sísmico, se puede decir que se han logrado avances metodológicos importantes con la inclusión del país a programas internacionales como *Radius* (Rosquillas, 2000) en Tijuana, Baja California, que basan el cálculo de daños y pérdidas en un escenario de intensidades para lo que se requiere la identificación de vulnerabilidades de las edificaciones y de las infraestructuras, etc., sin esperar a que el conocimiento sismológico llegue al nivel de detalle requerido para la prognosis o para la predicción de la ocurrencia de los sismos. Se conoce lo suficiente para saber como afectan las ondas sísmicas a determinadas estructuras y se conoce dónde es que suelen ocurrir determinados sismos dadas las magnitudes históricas calculadas y/o registradas. La ingeniería sísmica tiene capacidades suficientes para el diseño y cálculo de estructuras capaces de resistir sismos de enorme envergadura. Pues bien, a pesar de todo el conocimiento sísmico acumulado no se ha logrado hoy que sea transferido a programas tangibles de reducción del riesgo para el ciudadano común.

### El Sinaproc en la *alternancia*

El sistema de alerta temprana contra huracanes (Siat) ha sido un factor determinante para la reducción de pérdida de vidas humanas en caso de las ocurrencias de los huracanes. Dicho sistema de alerta empezó a diseñarse como sistema de alerta de nivel federal en el año 2000. Ha tenido la virtud de coordinar las acciones de evacuación y ha tenido la desventaja de no contar con el desarrollo de acciones de preparativos adecuados por lo que desde mi punto de vista al mismo tiempo que ha permitido contribuir para que no ocurran muertes también ha generado una acumulación pasiva de reacciones adversas. En el caso del huracán Emily en Yucatán, por ejemplo, el año pasado evacuaron a comunidades del sur de la entidad que fueron inundadas en 2002 por efectos de paso del huracán Isidoro. Como aquel huracán no produjo mayores afectaciones sobre todo en ésta área del estado, se convirtió en *falsa alarma*. Las experiencias de evacuaciones salvaron vidas pero han inducido agre-

<sup>7</sup> La meteorología de mesoescala es la que estudia los fenómenos de sistemas meteorológicos productores de tormentas (ciclones tropicales, incluidos tornados, entre otros) y otros fenómenos que se expresan generando destrucción como las inundaciones lentas, repentinas, deslizamientos de tierras consecuencia de excesos de precipitación, etcétera.

gadamente factores de desconfianza. Ni el gobierno de ese estado ni el federal han realizado una estimación conocida acerca de los costos económicos y sociales de las evacuaciones de falsa alarma.

Los arreglos para el peligro volcánico, por otro lado, mantienen inercias (comités científicos, ampliación de vigilancia y monitoreo, etc.), pero se han generado intervenciones muy desafortunadas como la reubicación de La Yerbabuena, Colima, en medio de un contexto de confusión entre el entendimiento real del peligro volcánico y otro tipo de intereses de los grupos en el poder en el estado de Colima para despojar de las tierras a los campesinos de esa comunidad y realizar negocios de turismo exclusivo.

El uso del Fonden por parte de la administración federal en el periodo de 2001 hasta la fecha fue asimilado como una suerte de único mecanismo con el que ese nivel de gobierno enfrentaba los problemas de riesgo y desastres y una de las consecuencias advertidas ya en la evaluación de ese fondo correspondiente a su situación en 2004 se traducen en la existencia de "una excesiva carga operativa que no corresponde a la estructura organizativa y funcional del Fonden y esta situación ha dado lugar a ineficiencias, demoras de la integración de información y ausencia de registros en cada uno de los fondos" (Graizbord, 2005: 4).

El gasto mayor erogado por ese Fondo (hasta el primer semestre de 2005) fue el correspondiente al año de 1999 cuando ocurrieron diversas inundaciones que afectaron dramáticamente a estados como Puebla, Veracruz, Oaxaca y Tabasco, principalmente. A partir de ese año las erogaciones del total de gasto federal autorizado para el ramo 23 y del Fideicomiso Fonden han sido menores hasta antes de la ocurrencia de los huracanes Stan y Wilma en 2005.

Es público y notorio el desprestigio del Fonden como consecuencia de la identificación de malos manejos y/o desvío de los fondos, que fueron denunciados por ex funcionarios del mismo y por diputados federales. Uno de los resultados es que la funcionaria de más alto rango en el esquema funcional del Sinaproc, la Coordinadora General de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación, que es una destacada militante del Partido Acción Nacional fue destituida del cargo y multada con una fuerte cantidad de dinero y se mantiene bajo proceso legal. La excesiva concentración del gobierno federal en el Fonden como recurso de intervención para casos de desastres tuvo ese lamentable rasgo. A los problemas tradicionales de falta de credibilidad en las autoridades gubernamentales habría que sumar lo anterior directamente relacionado con actos de corrupción.

Los desastres son fenómenos que suceden en un contexto social y afectan directa e indirectamente las múltiples esferas de la existencia social. Desde este punto de vista, hay que reiterar que las formas adoptadas por la actual administración federal no han incidido en una suerte de solución de los mismos. Con el Fonden la intervención gubernamental se redujo a la esfera económica de los daños por el impacto de un fenómeno natural potencialmente desastroso, es decir, se ha quedado en la esfera de lo *reactivo* en el sentido más elemental del término.

En buena medida el Fonden tuvo el propósito de solucionar precisamente esos aspectos de resarcimiento de las destrucciones, pero su eficiencia ha sido poca. En otros contextos nacionales

donde los efectos desastrosos, vistos en los daños que producen, tienen una clara y casi exclusiva solución económica las fórmulas de ese tipo pueden ser determinantes, como en los países desarrollados. No es lo mismo en contextos donde la pobreza y los niveles de vulnerabilidad social a desastres son algo más que escasez de recursos económicos. La esfera política, la falta de acceso a las formulas de influencia o poder desde los niveles comunitarios hasta los más altos cargos de poder político nacional o estatal conforman necesidades que escapan a una sola formula de solución, es decir. Los desastres tienen una importante dimensión económica pero son también fenómenos sociopolíticos.

En el periodo del actual gobierno federal se han identificado varios atributos de la intervención, como es la asunción de la función de ayuda como un acto de *caridad*; el argumento del Fonden como único referente de su gestión que es necesariamente reactiva. El Fondo para la Prevención de Desastres Naturales (Fopreden) que intenta ser el esquema regulador de la parte preventiva del Sinaproc fue constituido apenas a finales de 2003. Las instancias que en ese Fondo sirven para filtrar iniciativas de prevención de desastres son acaparadas por los funcionarios del Cenapred y ya hemos referido a las características de esa dependencia de la Secretaría de Gobernación en términos de responder al interés y visiones geofisicista e ingenieril. Dado lo anterior, en mi modesta opinión no existen posibilidades de acceder a condiciones reales de calificación de las acciones de prevención de desastres.

### **Necesidad de reestructuración de la administración pública federal**

La actual fórmula organizativa del Sinaproc, con todo Cenapred, Fonden y Fopreden no se sugieren como un esquema eficaz para reducir los desastres en México. Es importante entonces pensar en una alternativa de organización que esté coordinada por una dependencia federal pero que tenga las características que abajo se enuncian. Es de esperar que las modificaciones a las estructuras de la administración pública sean acometidas en tiempos en los que no existe presión derivada de un gran desastre ya que generalmente las reestructuraciones gubernamentales en este tenor han derivado precisamente de esas condiciones. Las características generales de una nueva organización del gobierno federal debieran contemplar para esa nueva entidad o dependencia federal:

1. Ser una agencia federal independiente, y con énfasis habría que señalar que particularmente tendría que alejarse de la esfera de la Secretaría de Gobernación.
2. Esa dependencia debería asimilar las funciones de la Coordinación General de Protección Civil, Fonden, Dirección de Atención de Desastres de la Sedesol, y de otras direcciones de otras secretarías de Estado.
3. Debe desaparecer el Cenapred y convertirse en un Instituto de capacitación para tareas de emergencia y preparativos y para planificación de prevención de desastres.
4. La investigación sobre amenazas y riesgos debe dejarse a las universidades y centros públicos de investigación.

Es importante destacar que no se recomienda desaparecer el esquema de la protección civil. Es aconsejable mantener la estructura para casos de atención de desastres, los programas militares de la Sedena y SM deben mantenerse igual en estrecha coordinación con la nueva dependencia federal para enfrentar desastres.

## Recomendaciones adicionales

En el año 2000, diversas universidades públicas y privadas, así como centros de investigación y otras instituciones académicas y profesionales organizaron diversas actividades dentro de lo que se denominó Congreso para la Prevención de Desastres. Mencionaré uno de sus puntos concluyentes que mantienen vigencia absoluta:

La necesidad de crear una política nacional frente a los desastres como tarea de Estado, y no una norma gubernamental, para ubicarse por encima de los vaivenes gubernamentales y partidistas, con las siguientes características:

- Que considere a los desastres no como fenómenos *naturales*, sino como el resultado de la manera en que las sociedades humanas se han desarrollado y que reconozca que los desastres son generados principalmente por la acción humana durante ese proceso de desarrollo social, económico y político.
- Que la nación, en sus diferentes niveles de gobierno, requiere una organización mucho más adecuada para el manejo de desastres en sus diferentes fases, por lo que se requiere una reorganización de la administración pública federal en los términos señalados antes.
- Que se requiere incluir realmente a las comunidades afectadas y afectables como sujetos del problema y de la solución, y no considerarlos como simples *objetos* de los llamados profesionales de la protección civil.
- Que el combate a la corrupción, la impunidad, la negligencia y la arbitrariedad significa avanzar contra las condiciones de vulnerabilidad en todos sus aspectos y contribuye a evitar la generación de condiciones de desastre.

## Bibliografía

Abercrombie, Nicholas, Stephen Hill y Bryan Turner, 2000, *Dictionary of Sociology*, 4 ed., Nueva York, Penguin Group.  
Cenapred, 2005, *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2004*, México, Cenapred-Área de Estudios Económicos y Sociales (Serie Impacto Socioeconómico de los Desastres en México).

- Dynes, Russell, 1999, *La planificación de emergencias en comunidades: falsos supuestos y analogías inapropiadas*, Puebla, México, Cupreder-BUAP.
- Freeman, Paul et al., 2001, *National Systems and Institutional Mechanisms for the Comprehensive Management of Disaster Risk*, Inter-American Development Bank, Phase I, Background Study, página web BID.
- Graizbord, Boris (coord.), 2005, *Reporte de avances. Evaluación del Fondo de Desastres Naturales (Fonden) en el ejercicio de 2005*, El Colegio de México-CEDUA, 30 de septiembre, página web, consultada: 21 de diciembre de 2005.
- Hewitt, K, 1983, "The Idea of Calamity in a Technocratic Age", en K. Hewitt (ed.), *Interpretations of Calamity*, Londres, Allen and Unwin.
- Huffman, James L., 1983, "Government Liability and Natural Hazard Mitigation in Japan, The Soviet Union, China, New Zeland and the United States", en *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, vol. 1, núm. 3, pp 379-398.
- Kreimer, Alcira et al., 1999, *Managing Disaster Risk in Mexico: Market Incentives for Mitigation Investment*, The World Bank, Disaster Management Facility, Washington, p. 57.
- Kreps, Gary A., 1990, "The Federal Emergency Management System in the United States: Past and Present", *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, núm. 8, pp. 275-300.
- Macías, J. M., 1999a, *Desastres y Protección Civil. Problemas sociales, políticos y organizacionales*, México, Ciesas (Colección Antropologías).
- \_\_\_\_\_ (comp.), 1999, *Legislar para reducir desastres*, México, Ciesas (Colección Antropologías).
- \_\_\_\_\_, 2006, *El sistema federal de manejo de emergencias en los Estados Unidos de América*, México, Ciesas (en prensa).
- Pine, John, 1991, "Liability Issues" en: *Emergency Management: Principles and Practice for Local Government*, Thomas Drabek y Gerard Hoetmer (eds.), Washington, D.C., EU, ICMA/FEMA, pp. 289-308.
- Quarantelli, E. L., 1998, "Epilogue: Where we Have Been and Where we Might go", en *What is a Disaster? Perspectives on the Question*, E. L. Quarantelli (ed.), Nueva York, Routledge, pp. 4-273.
- Rosquillas, Antonio y Luis H. Mendoza, 2000, *Proyecto Radius. Caso Tijuana*, Ensenada, Cicese, página web consultada: 15 de julio de 2005.
- Weber, Max, 1984, *Economía y Sociedad*, México, Fondo de Cultura Económica.

Agenda  
para el  
desarrollo

Numeros 1-4



*Sustentabilidad y desarrollo ambiental,* se terminó de imprimir durante el mes de marzo de 2007, en los talleres litotipográficos de la casa editorial MIGUEL ÁNGEL PORRÚA, librero-editor. El tiro consta de 2,000 ejemplares impresos sobre papel de 75 gramos.

MAP: 015375-01

## CONOCER PARA DECIDIR

EN APOYO A LA  
INVESTIGACIÓN  
ACADÉMICA

### INSTITUCIONES COEDITORAS

Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior	Fundación Mexicana de Estudios Políticos y Administrativos, A.C.	Secretaría de la Reforma Agraria	Universidad Nacional Autónoma de México
Cámara de Diputados <i>LIX Legislatura</i> <i>LX Legislatura</i>	Gobierno del Estado de Chiapas	Simon Fraser University	<i>Centro de Estudios sobre la Universidad</i>
Centro de Estudios de México	Grupo Editorial Miguel Ángel Porrúa	Sociedad Mexicana de Medicina Conductual	<i>Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades</i>
Centro de Investigación para el Desarrollo, A.C.	Ibero-Amerikanisches Institut	Universidad Anáhuac del Sur	<i>Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias</i>
Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social	Instituto Federal Electoral	Universidad Autónoma de Aguascalientes	<i>Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial</i>
Centro de Investigación y Docencia Económicas	Instituto Iberoamericano para el Fortalecimiento del Poder Legislativo, A.C.	Universidad Autónoma del Estado de México	<i>Facultad de Contaduría y Administración</i>
Centro del Tercer Mundo para el Manejo del Agua	Instituto Tecnológico Autónomo de México	Universidad Autónoma del Estado de Querétaro	<i>Facultad de Economía</i>
Consejo Mexicano de Asuntos Internacionales	Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey	Universidad Autónoma de Yucatán	<i>Facultad de Estudios Superiores Acatlán</i>
Consejo Nacional para la Cultura y las Artes	<i>Campus Ciudad de México</i>	Universidad Autónoma de Zacatecas	<i>Facultad de Estudios Superiores Arriagón</i>
<i>Instituto Nacional de Antropología e Historia</i>	<i>Campus Estado de México</i>	<i>Doctorado en Estudios del Desarrollo</i>	<i>Instituto de Geografía</i>
El Colegio de la Frontera Norte, A.C.	<i>Campus Monterrey</i>	Universidad Autónoma Metropolitana	<i>Instituto de Investigaciones Económicas</i>
El Colegio de San Luis	<i>Escuela de Graduados en Administración Pública y Política Pública</i>	<i>Unidad Azcapotzalco</i>	<i>Instituto de Investigaciones Sociales</i>
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, México	Integración para la Democracia Social, APN	<i>Unidad Iztapalapa</i>	<i>Programa Universitario de Estudios de Género</i>
Fundación Colosio, A.C.	Internacional Socialista	<i>Unidad Xochimilco</i>	<i>Programa Universitario de Estudios sobre la Ciudad</i>
Fundación Konrad Adenauer, A.C.	Libertad de Información-México, A.C.	<i>Programa Universitario Integración en las Américas</i>	<i>Seminario de Educación Superior</i>
	Secretaría de Gobernación	Universidad de California Santa Cruz	Universidad Pedagógica Nacional
	<i>Centro de Estudios Migratorios del Instituto Nacional de Migración</i>	Universidad de Guadalajara	Universidad Veracruzana
		Universidad de Occidente	Universitat Autònoma de Barcelona
		Universidad Juárez Autónoma de Tabasco	



Miguel Ángel  
Porrúa



Universidad Nacional Autónoma de México

La tradición universitaria de “pensar la nación” adquiere en estas primeras décadas del siglo XXI una trascendencia fundamental, ya que la situación económica, política y social de México demanda el esfuerzo conjunto tanto del Estado como de la sociedad para definir con claridad el rumbo que deberá tomar el país con el fin de avanzar en la construcción de una realidad más justa y equitativa para los mexicanos.

Siguiendo ese hábito de reflexión profunda e inteligente, la UNAM convocó a más de doscientos destacados investigadores de las principales instituciones académicas, a participar en el seminario “Agenda del Desarrollo 2006-2020”. Democrático y plural ha sido el ejercicio de análisis y discusión que animó el trabajo que da cuerpo a esta obra, esencial para entender la compleja situación por la que atraviesa nuestro país y conocer los caminos por los que podemos transitar como nación.

El uso racional de nuestros recursos naturales, el cuidado de nuestra biodiversidad, la atención de acuciantes problemas como el del agua, las emisiones de gases, el manejo de desechos y la prevención de desastres, son materia del presente volumen catorce de la serie.



CONOCER  
PARA  
EN APOYO A LA  
INVESTIGACIÓN  
ACADÉMICA