



La ciudad de Motozintla en Chiapas, partida en dos por la crecida del río Mazapa en 2005

# El patrimonio biológico de México ha beneficiado históricamente a la población del país, pero su sobreexplotación ha traído como consecuencia el severo deterioro de los servicios ambientales de los cuales depende el ser humano para su bienestar.

## 5. El capital natural de México nos brinda importantes oportunidades para el beneficio de la sociedad.

La sociedad mexicana obtiene bienes esenciales de los sistemas naturales como alimentos, forraje, madera y productos farmacéuticos. Estos bienes representan una parte importante de la economía nacional y de la de autoconsumo de no menos de 20% de la población del país. Lo que hasta ahora ha sido poco apreciado es que los sistemas naturales también proporcionan servicios fundamentales para el mantenimiento de la vida en el planeta. Estos servicios incluyen la captura de bióxido de carbono del aire, la captación y purificación del agua de lluvia, la regulación del clima, la regeneración de la fertilidad del suelo y la producción y el mantenimiento de la biodiversidad, de la cual se obtienen las materias primas utilizadas para alimentos, fibras, madera y productos farmacéuticos (tabla 2).

La información estadística disponible para México referente a los bienes y servicios que provienen de la utilización de los ecosistemas es muy deficiente. Por ejem-

plo, el último censo agropecuario es de 1990 y, en otros casos, varias series cronológicas de datos son incompletas o están construidas de forma tal que no son comparables de un periodo al siguiente. Esto dificulta en extremo analizar el balance, en términos de ganancias y pérdidas, que resulta de la conversión de los ecosistemas para obtener dichos bienes. En general, los datos disponibles indican un incremento en la obtención de los servicios de provisión o abastecimiento de los ecosistemas.

**ALIMENTOS.** El proceso de domesticación de plantas y animales para la producción de alimentos ha sido fundamental para el desarrollo económico y la evolución cultural de la humanidad. Este proceso ha estado estrechamente ligado al desarrollo de las diferentes culturas que durante muchos siglos han poblado nuestro país, razón por la cual México, sobre todo en su parte mesoamericana que comparte con Centroamérica, ha sido un centro mundial de cultivo y diversificación de plantas.

Sin embargo, este mismo proceso ha tenido grandes cambios en los últimos 200 años. La apertura más significativa de tierras para la agricultura ocurrió entre 1940 y 1965, al pasar de 5.9 millones a 14.7 millones de hectáreas (cerca de 10% de crecimiento anual). A partir de entonces, la superficie cultivada ha crecido a un ritmo de 1.2% anual, para llegar a 21.7 millones de hectáreas en 2003 (figura 8a). Sin embargo, esta última cifra no refleja la verdadera superficie que se destina a la agricultura, ya que buena parte de la superficie de temporal (que no está contabilizada) requiere descanso de manera periódica y por lo tanto el campesino se ve obligado a desmontar nuevas áreas para cultivo,

**Tabla 2. Beneficios que recibimos de los ecosistemas<sup>1</sup>**

|  |   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Servicios de provisión o abastecimiento</b></li> <li>Alimentos</li> <li>Agua dulce</li> <li>Madera y fibras</li> <li>Combustibles</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Servicios de regulación</b></li> <li>Del clima (protección contra eventos extremos, como inundaciones)</li> <li>Control de erosión</li> <li>Regulación de polinizadores</li> <li>Enfermedades</li> <li>Purificación del agua</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Servicios de soporte</b></li> <li>Reciclado de nutrientes</li> <li>Formación de suelo</li> <li>Productividad primaria</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Servicios culturales</b></li> <li>Estéticos</li> <li>Espirituales</li> <li>Recreativos</li> <li>Educativos</li> </ul>   |



Figura 8a. Superficie cultivada en México.<sup>39</sup>

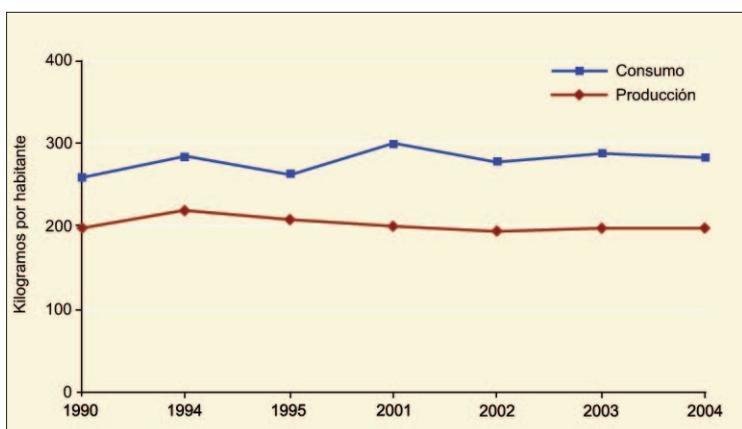


Figura 8b. Producción y consumo de maíz, frijol, arroz y trigo.<sup>40</sup>

muchas de las cuales se ubican en laderas pronunciadas, no aptas para la agricultura, lo que ocasiona erosión del suelo.

Los cambios más importantes en la producción de granos básicos también ocurrieron en esas mismas décadas, al pasar en 1940 de un poco más de 3 millones de toneladas a casi 11 millones en 1965, lo que significó un crecimiento de más de 5% anual.<sup>41</sup>

Pero el gran crecimiento en la producción agrícola entre los años cuarenta y sesenta no se debe sólo a la apertura de tierras, sino, además, y de manera muy significativa, a la aplicación de tecnologías derivadas de la revolución verde. No obstante la importancia del incremento en la producción de alimentos, el uso ineficiente de agroquímicos y la apertura de tierras en áreas no aptas para la agricultura trajeron como consecuencia una grave erosión, deforestación y contaminación de suelos y aguas, como se verá más adelante. A partir de los años setenta la producción agrícola empezó a crecer a un ritmo menor (2% anual en promedio).<sup>42, 43</sup>

Por otro lado, a pesar del gran número de especies domesticadas y usadas en el país, únicamente tres –maíz, frijol y sorgo (que no es nativo de México)– cubren 49% de la superficie cultivada.

Las áreas aptas para el establecimiento de las zonas agrícolas están llegando a su límite y la producción está estancada desde hace varias décadas (figura 8b). A partir de la transformación de los ecosistemas por la actividad agrícola se está produciendo sólo 65% del consumo de granos básicos; el resto tiene que importarse. Dado que no podemos continuar abriendo nuevas tierras y deforestando áreas que no tienen aptitud agrícola para satisfacer la demanda de alimentos de la población futura y los rezagos alimentarios de la población más pobre, es necesario incrementar la productividad en las tierras agrícolas abiertas –mediante tecnologías apropiadas– y recuperar las tierras aptas para agricultura que se están usando para la producción de carne; asimismo, desarrollar nuevas tecnologías y elaborar un análisis integral del valor de estos servicios ambientales, contrastados con los rendimientos agrícolas y pecuarios para satisfacer las necesidades nacionales.

Los cambios más importantes en la actividad ganadera ocurrieron en la década de los setenta y consistieron en la transformación de tierras agrícolas en potreros, en el desmonte de tierras forestales (particularmente las selvas del trópico húmedo) para pastizales y en la expansión de la ganadería en los matorrales áridos y semiáridos. Sin poder definir con precisión la superficie ocupada en la actualidad por la ganadería, por la falta de información censal, se estima que ésta es de 109.7 millones de hectáreas, en las cuales se mantienen cerca de 29.2 millones de cabezas de ganado bovino.<sup>44</sup> Las zonas tropicales (Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz) concentran 9.4% de esta superficie y han sido ambientalmente las más afectadas.

La ganadería es la etapa final, difícilmente reversible –en particular en los trópicos–, de la transformación de los ecosistemas forestales.

La ganadería bovina de carne es la forma de uso de suelo más extendida en todo el territorio, pero si a la superficie cubierta con pastos inducidos y agostaderos se le suman las zonas perturbadas de forrajeo y la agrícola dedicada a granos forrajeros, se estima que cerca de 66% de la superficie del país está dedicada a la producción de carne por medio de la ganadería mayor y menor, es decir 129.8 millones de hectáreas en el año 1990, hace 15 años, ya que no contamos con un nuevo censo agropecuario.<sup>45</sup>

La oferta de alimentos que provienen de la acuicultura se ha incrementado 1.44 veces en 20 años, ya que pasó de 144 000 toneladas a 207 700, de 1984 a 2003.<sup>46</sup>

Esta forma de producción de alimentos tiene un impacto ambiental en las lagunas costeras, por la modificación de los manglares y de cuerpos de agua naturales, por la introducción de especies exóticas invasoras y por la eutrofización de estos sistemas lagunares debido a los nutrientes contenidos en los alimentos industriales usados en exceso en los sistemas de producción acuícola.

El volumen de captura de las distintas pesquerías marinas ha fluctuado a lo largo de los años, con un leve crecimiento de 0.7% anual (figura 9a); esta producción se ha concentrado en pocas pesquerías, de las cuales 22.5% se han sobreexplotado, 63.3% han llegado a sus límites de captura y sólo 14.2% todavía tienen potencial de producción.

La Carta Nacional Pesquera<sup>47</sup> documenta la existencia de 589 especies pesqueras que se comercian en el país, aunque las 12 principales pesquerías se han basado en algo más de 112 especies.<sup>46</sup>

No obstante el incremento en la producción pesquera de nuestros mares, en los últimos 12 años ha habido una reducción de cerca de 25% en el consumo per cápita de productos pesqueros, ya que por un lado el crecimiento de la producción ha sido menor que el crecimiento de la población humana y, por otro, una parte de la misma se ha canalizado a la producción industrial de alimentos balanceados para las industrias avícola y acuícola (figura 9b).

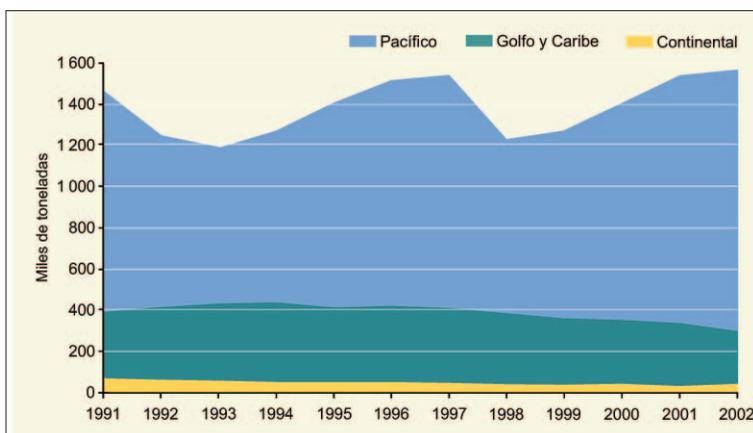


Figura 9a. Producción pesquera.<sup>48</sup>

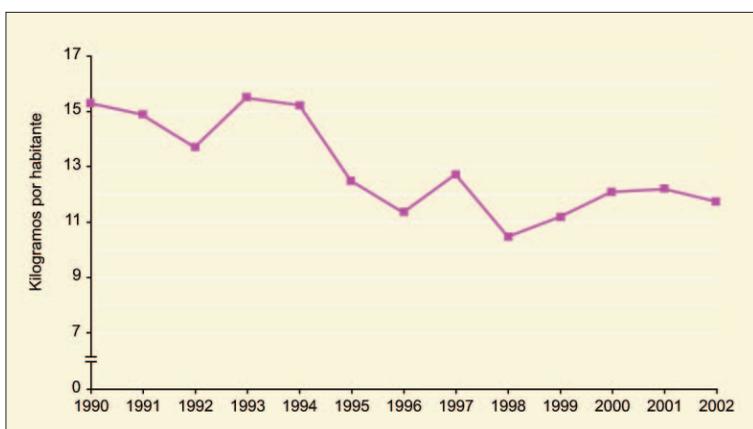


Figura 9b. Consumo per cápita de productos pesqueros.<sup>48</sup>

**PRODUCTOS FORESTALES.** De la superficie con cobertura vegetal, que es de 140.9 millones de hectáreas, 65.7 millones corresponden a bosques y selvas,<sup>49</sup> de las cuales 21.6 millones tienen potencial forestal maderable;<sup>50</sup> de éstas, en los últimos 15 años se han usado solamente alrededor de 8 millones de hectáreas<sup>44</sup> y producido en promedio 7.53 millones de metros cúbicos anuales de madera<sup>51</sup> (principalmente de pinos), volumen insuficiente para abastecer la demanda interna, por lo que dicho déficit se cubre con productos importados y con ello se ocasiona además un déficit comercial creciente, que ascendió a 4 339 millones de dólares en 2004.<sup>51, 52</sup>

No sólo no estamos utilizando ni la mitad del potencial forestal maderable, sino que estamos perdiendo ese potencial sin aprovecharlo debido a las altas tasas de deforestación que ocasiona el cambio de uso del suelo. Más aún, en las áreas que se deforestan para destinarlas a fines agropecuarios ni siquiera se utiliza cabalmente la madera de los árboles talados.

En contraste con lo anterior, se estima que el volumen de extracción ilícita de madera industrial es de alrededor de 13 millones de metros cúbicos al año, que por venderse en condiciones de ilegalidad causan una pérdida de ingresos a ejidos y comunidades estimada en cerca de 4 000 millones de pesos.<sup>53</sup>

La madera utilizada por las comunidades para uso doméstico y construcción equivale a 10 millones de metros cúbicos. El uso de leña para el hogar representa, en pleno siglo XXI, 40% de la demanda de energía doméstica nacional.<sup>53</sup>

Por otro lado, México ocupa el primer lugar del mundo en el manejo comunitario de bosques certificados como sustentables, tanto en zonas templadas como tropicales.

Contamos con una superficie certificada de 849 000 ha y una producción, certificada también, de 1.23 millones de metros cúbicos de madera, que equivalen a 10% de la superficie forestal maderable y a 15% de la producción maderable del país, respectivamente.<sup>54</sup>

Aunque el proceso de certificación tiene ciertos problemas y desventajas, como los costos mismos de la certificación y la imposición de algunos estándares de operación que rebasan los aspectos meramente técnicos de la producción y el manejo forestal, éste es un modelo de manejo racional de recursos con beneficios económicos y sociales innegables que indudablemente debiera ser estimulado en México, adaptándolo a las diferentes circunstancias ecológicas, sociales y organizativas de las comunidades dueñas de los bosques.

Por otra parte, el potencial de producción de bienes forestales no maderables es considerable. Se estima que México alberga entre 3 000 y 6 000 especies medicinales, de las cuales depende la salud de un porcentaje importante de la población, principalmente la de menores recursos económicos.<sup>55</sup> Se utilizan cientos de productos no maderables (hojas, frutos, semillas, cortezas, gomas, ceras, fibras, colorantes, entre otros), obtenidos de entre 5 000 a 7 000 especies distribuidas en los diferentes ecosistemas del territorio nacional. La falta de datos estadísticos no permite saber el número exacto de productos que se utilizan ni el valor de la producción. Sin embargo, 20% de la población más marginada del país, que coincidentemente habita en las zonas rurales, depende para su subsistencia de los productos forestales no maderables, obtenidos de los ecosistemas en los que viven.

**AGUA.** El agua y la biodiversidad tienen una estrecha y compleja relación; sólo mencionaremos aquí la importancia de los servicios ambientales que nos brindan la vegetación y los ecosistemas acuáticos. La disponibilidad promedio de agua en México es de 4 505 m<sup>3</sup> por habitante por año.<sup>56</sup> Sin embargo, su distribución espacial es muy desigual, pues hay una alta disponibilidad en regiones como Frontera Sur y Golfo-Centro (con 24 549 y 10 574 m<sup>3</sup> por habitante por año, respectivamente), mientras que en las regiones Río Bravo y Península de Baja California esa cifra es de alrededor de 1 350 m<sup>3</sup> y en el Valle de México de tan sólo 188 m<sup>3</sup>, lo que está por debajo del umbral de escasez de 1 700 m<sup>3</sup> por habitante por año. Además, de los 653 acuíferos del país, 104 presentan sobreexplotación.<sup>56</sup>

Los indicadores generales de calidad del agua muestran que 73% de los cuerpos de agua del país están contaminados, ya que 80% de las descargas de centros urbanos y 85% de las descargas industriales se vierten directamente en ellos sin tratamiento previo.

**SERVICIOS CULTURALES.** Los extensos conocimientos que sobre el capital natural del territorio alcanzaron las antiguas culturas de nuestro país, desde hace milenios y por medio de complejos procesos de interacción naturaleza-sociedad, están siendo mermados por situaciones de pobreza extrema y de migraciones masivas de las comunidades rurales e indígenas, debido a la desintegración de sus organizaciones comunitarias, que tiene su origen en políticas de desarrollo agrícola, económico y comercial adversas.<sup>57</sup> En términos generales, la tendencia a abandonar el campo va aparejada de la pérdida del conocimiento de nuestro entorno natural, de costumbres de manejo y utilización de recursos y de la erosión de las instituciones sociales internas de los

#### **El manejo del bosque de la comunidad indígena de San Juan Nuevo Parangaricutiro, Michoacán**

San Juan Nuevo es una comunidad certificada por el Forest Stewardship Council desde el año 2000 por su buen manejo del bosque. La empresa comunal, que es una de las más eficientes de México, tiene un aserradero y una fábrica de muebles que permiten agregar valor a su madera, y exporta molduras de madera a Estados Unidos. Tiene también una empresa procesadora de resina de pino y ha desarrollado una estrategia de diversificación del bosque mediante proyectos de ecoturismo y manejo de vida silvestre.

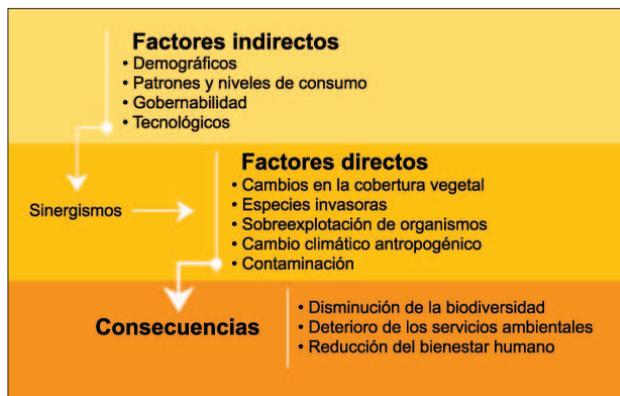
grupos rurales e indígenas. Todo ello conlleva la pérdida de la sabiduría tradicional importante para lograr la sustentabilidad y la conservación de los recursos naturales. Diversos estudios<sup>58</sup> muestran cómo la transformación masiva de los ecosistemas ha ocasionado la pérdida del conocimiento tradicional. En regiones como Los Tuxtlas, en Veracruz, en las que se había documentado un amplio conocimiento de las plantas y animales y de sus usos, actualmente los pobladores jóvenes muestran un casi total desconocimiento de su entorno natural.<sup>59</sup>

Por fortuna, hay algunos ejemplos de aplicación de manejo moderno con una organización tradicional para generar valor económico de bosques, como la empresa comunal de San Juan Nuevo Parangaricutiro, Michoacán.

Por otro lado, a partir de los años noventa ha habido un aumento notable de las áreas naturales protegidas, que además de su propósito de conservación han despertado el interés de algunos sectores de la sociedad, como oferentes y usuarios de estos servicios, y reciben una afluencia mayor (en algunos casos excesiva) de visitantes con fines recreativos y de esparcimiento (por ejemplo, la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca y los sistemas arrecifales).

**6. La transformación, sobreexplotación y contaminación de los ecosistemas para obtener de ellos satisfactores sociales, así como la introducción de especies invasoras y el cambio climático, son causas directas de la pérdida de nuestro capital natural. Esto se debe también a factores indirectos como los demográficos y a políticas públicas y desarrollos tecnológicos errados.**

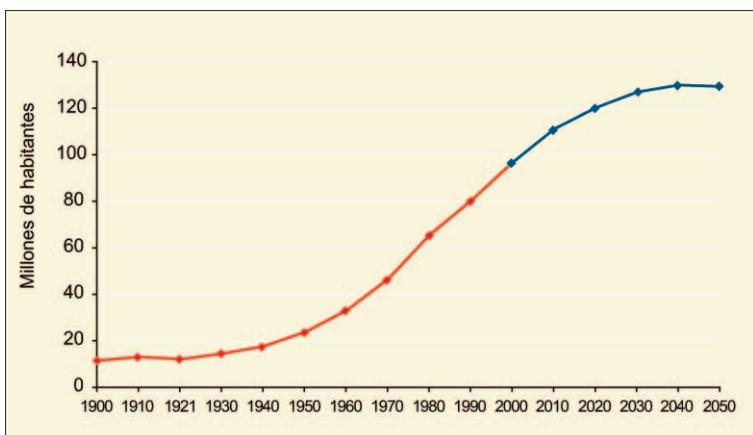
En México, como en el resto del mundo, en los últimos dos siglos, pero sobre todo en las últimas cuatro o cinco décadas, la actividad humana se ha convertido en un factor de modificación profunda de la naturaleza y de los procesos ecológicos. Podría decirse que vivimos una era especial, el “Antropoceno”, caracterizada por la intensa huella ambiental que la actividad humana imprime a los ecosistemas que albergan la biodiversidad (figura 10).



**Figura 10.** Factores directos e indirectos responsables de los cambios en la biodiversidad, sus servicios ambientales y las consecuencias para el bienestar humano.<sup>60</sup>

**FACTORES INDIRECTOS.** El crecimiento de la población del país tuvo un periodo intenso desde 1950, cuando existían 25.7 millones de habitantes, hasta el fin de la década de los ochenta, cuando llegó a 81.2 millones; a partir del fin de esta década, la tasa de crecimiento se ubicó por debajo de 2% anual hasta llegar a uno por ciento en 2005, con una población estimada de 103.3 millones de personas, según el conteo poblacional de ese año.<sup>61</sup> Las proyecciones del Consejo Nacional de Población (2002) estiman una estabilización de la población en alrededor de 125 millones para el año 2050 (figura 11).

No sólo el mayor número de personas sino también el incremento en el consumo per cápita han tenido y seguirán teniendo un impacto sobre la demanda de recursos y servicios de los ecosistemas. Una estimación del aumento de esa demanda se ilustra en el consumo de granos (figura 8b).



**Figura 11.** Población nacional 1900-2000 y estimaciones hasta el año 2050.<sup>61, 62</sup>

**FACTORES DIRECTOS.** La modificación de los ecosistemas por el hombre para obtener un beneficio social conlleva un costo ambiental que casi nunca es valorado.

La figura 12 muestra comparativamente el impacto de los factores directos sobre los ecosistemas. Es evidente que los modos y la intensidad del uso agropecuario de la tierra, conducentes a la transformación del hábitat, han constituido, tanto en nuestro país como globalmente, el factor de mayor impacto sobre la biodiversidad, reduciendo el número de especies e incrementando el riesgo de extinción de especies endémicas y de pérdida de poblaciones de plantas y animales. Esto es evidente en todos los ecosistemas del país, pero ha sido más intenso en los tropicales. Aunque la información es limitada para el caso de los ecosistemas marinos, la evidencia disponible de algunas pesquerías en México (véase el inciso 9) sugiere un deterioro considerable en la actualidad y aún mayor en el futuro. En todo caso, es claro que el cambio climático tiene una trayectoria de impacto importante en el futuro en todos los biomas del país.

Aunque la transformación de los ecosistemas ha generado importantes beneficios económicos y sociales (que con frecuencia han sido inequitativos), ha provocado la pérdida de biodiversidad y de otros servicios ecosistémicos cuyos costos no han sido valorados hasta ahora. La percepción de la importancia de estas transacciones en nuestro país es extremadamente pobre. El costo de la reparación de algunos de esos daños ambientales –como la restauración de manglares y humedales o la reversión del riesgo de extinción de las 2 583 especies que están identificadas

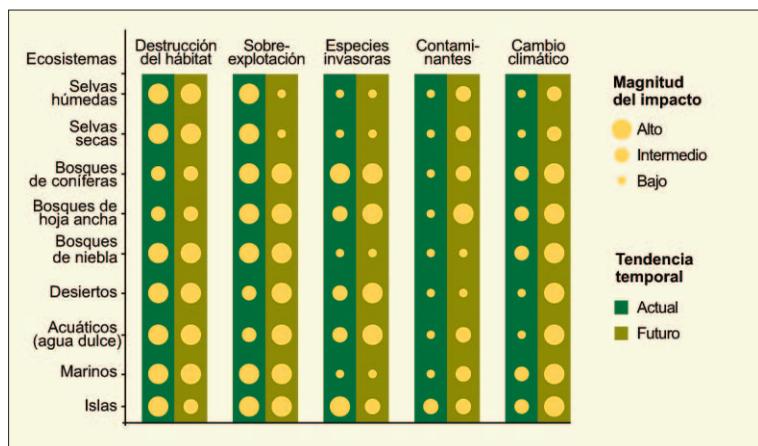
en la NOM-059-SEMARNAT-2001<sup>63</sup> es previsiblemente muy alto; en ocasiones ese daño es irreversible, como en el caso de las especies que sabemos se han extinguido de nuestro territorio. Estos ejemplos reflejan un costo ambiental y de oportunidad considerables y los cálculos que hay de este costo son simplemente estimativos en el mejor de los casos. En términos económicos, se ha calculado que en México los costos monetarios del deterioro ambiental (incluyendo los desastres naturales) representan un promedio anual en el periodo 1996-2003 de aproximadamente 10.36% del PIB.<sup>64</sup> Sin embargo, esta cifra, que no es en nada despreciable a pesar de su cruda estimación, no tiene repercusión alguna en las decisiones sobre políticas de desarrollo del país.

La deforestación y fragmentación de los ecosistemas naturales es particularmente crítica en México. En contraste con otros países como Brasil o India, no contamos en el nuestro con información en tiempo real sobre cambios en la cobertura de vegetación del territorio nacional. Incluso las estimaciones de cambio se hacen en periodos no menores de cinco o diez años, con frecuencia utilizando información no comparable entre sí. En consecuencia, no tenemos datos confiables de la pérdida o ganancia de cobertura vegetal del país. Se calcula que en México la tasa de deforestación entre 1970 y 1990, incluyendo la conversión de la vegetación original y su reemplazo por vegetación perturbada (la llamada vegetación secundaria), fue de alrededor de 800 000 ha por año. Para la década posterior, la Semarnat considera que se deforestaron 348 000 ha por año.<sup>65</sup> Es indudable que requerimos metodologías e información más adecuadas para evaluar la efectividad de las políticas ambientales.

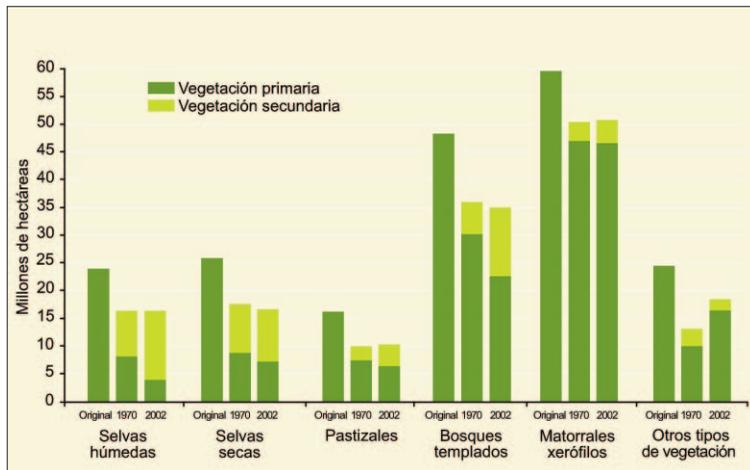
Las selvas tropicales son los ecosistemas terrestres que han sufrido las mayores transformaciones antropogénicas entre los grandes tipos de vegetación de México (figura 13).

De su extensión original, sólo 17% de las selvas húmedas y 26% de las selvas secas actualmente existentes presentan un grado de conservación y de estructura similares al de la selva intacta.<sup>66</sup>

Los manglares son también un ecosistema crítico, pero difícil de evaluar debido a



**Figura 12.** Impacto de la actividad humana sobre la biodiversidad en México: magnitud del cambio y tendencia temporal.<sup>60</sup>



**Figura 13.** Estado de conservación de los principales ecosistemas de México que compara la cobertura original potencial con la remanente en la década de 1970 y en 2002.<sup>67</sup>

su distribución tan estrecha a lo largo de las costas. Sin embargo, algunos estudios reportan para el periodo de los años setenta y principios de los noventa tasas promedio de deforestación cercanas a 5% anual para el Caribe, Pacífico y golfo de México, con una variación muy alta entre localidades.<sup>68</sup> De mantenerse esta tendencia, en 20 años prácticamente habremos perdido todos los manglares de México. Esto tendrá severas repercusiones sobre la diversidad y abundancia de especies pesqueras, de importancia económica como el camarón y la langosta, sobre los arrecifes que son importantes atractivos turísticos y sobre la protección de las costas, que se vuelven más vulnerables al efecto de los huracanes.

El fuego ha sido un factor crítico en la transformación de los ecosistemas en México, especialmente durante los últimos 35 años. El área quemada entre 1970 y 2000 varió entre 150 000 y 280 000 ha al año, y el número de incendios por año fue de entre 5 000 y 9 700, con años críticos como 1988 y 1998 en los que se afectaron 518 265 y 849 632 ha de bosques, respectivamente (figura 14). En su gran mayoría, los incendios forestales son resultado de las quemaduras agrícolas mal controladas o son provocados intencionalmente.

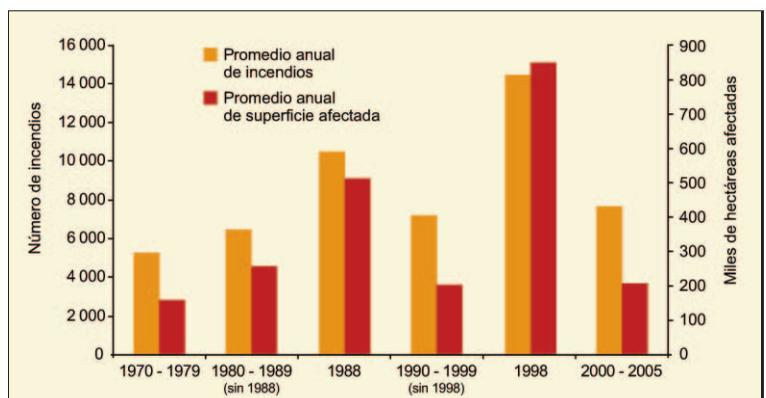
Una consecuencia directa de la destrucción de la cobertura vegetal es la erosión del suelo, sobre la cual tampoco contamos con datos completos y comparables a escala

nacional. La información disponible para el año 2005<sup>44</sup> menciona un total de 88.1 millones de hectáreas con algún tipo de degradación, cifra equivalente a 45.2% del territorio nacional.<sup>65</sup> Las zonas áridas son el tipo de vegetación más afectada por la degradación de los suelos, así como las áreas destinadas a la agricultura de temporal. La salud de los ecosistemas terrestres y de su respectiva biodiversidad depende estrechamente de la salud del suelo<sup>44</sup> (figura 15).

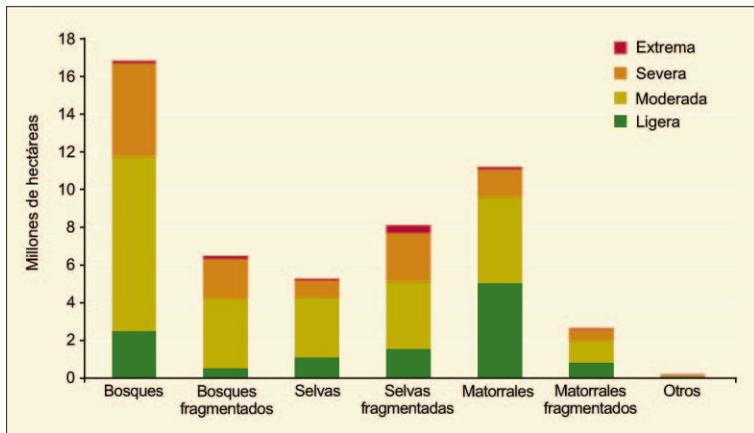
La extracción ilícita o mal planeada de los recursos son dos causas principales de sobreexplotación que ocasionan daños severos a la integridad de los ecosistemas; una

amplia gama de especies mexicanas se exportan ilegalmente a diversos países. La extracción ilícita de plantas y animales sigue mostrando una marcada tendencia creciente, que en su año pico se aproximó a los 330 000 especímenes, particularmente de plantas, las cuales representaron entre 60 y 70% de ese comercio.<sup>69</sup> No obstante, hay que reconocer que el hecho de que aumente el número de especímenes asegurados no forzosamente significa que el tráfico ilegal esté creciendo: bien puede ser que los operativos sean ahora más eficientes.

Las especies invasoras, aquellas que se establecen fuera de su área natural de distribución, modifican los ecosistemas a los que llegan, afectan a las especies nativas y provocan daños ambientales y económicos severos. Los efectos de las especies invasoras sobre nuestros ecosistemas y especies están documentados de manera incipiente,<sup>70</sup> lo que dificulta la estimación de su impacto económico. El caso de los ecosistemas de agua dulce es



**Figura 14.** Número de incendios y superficie afectada.<sup>71</sup>



**Figura 15.** Superficie erosionada e intensidad de la erosión en tres ecosistemas, comparando la cobertura conservada con su parte fragmentada.<sup>72</sup>

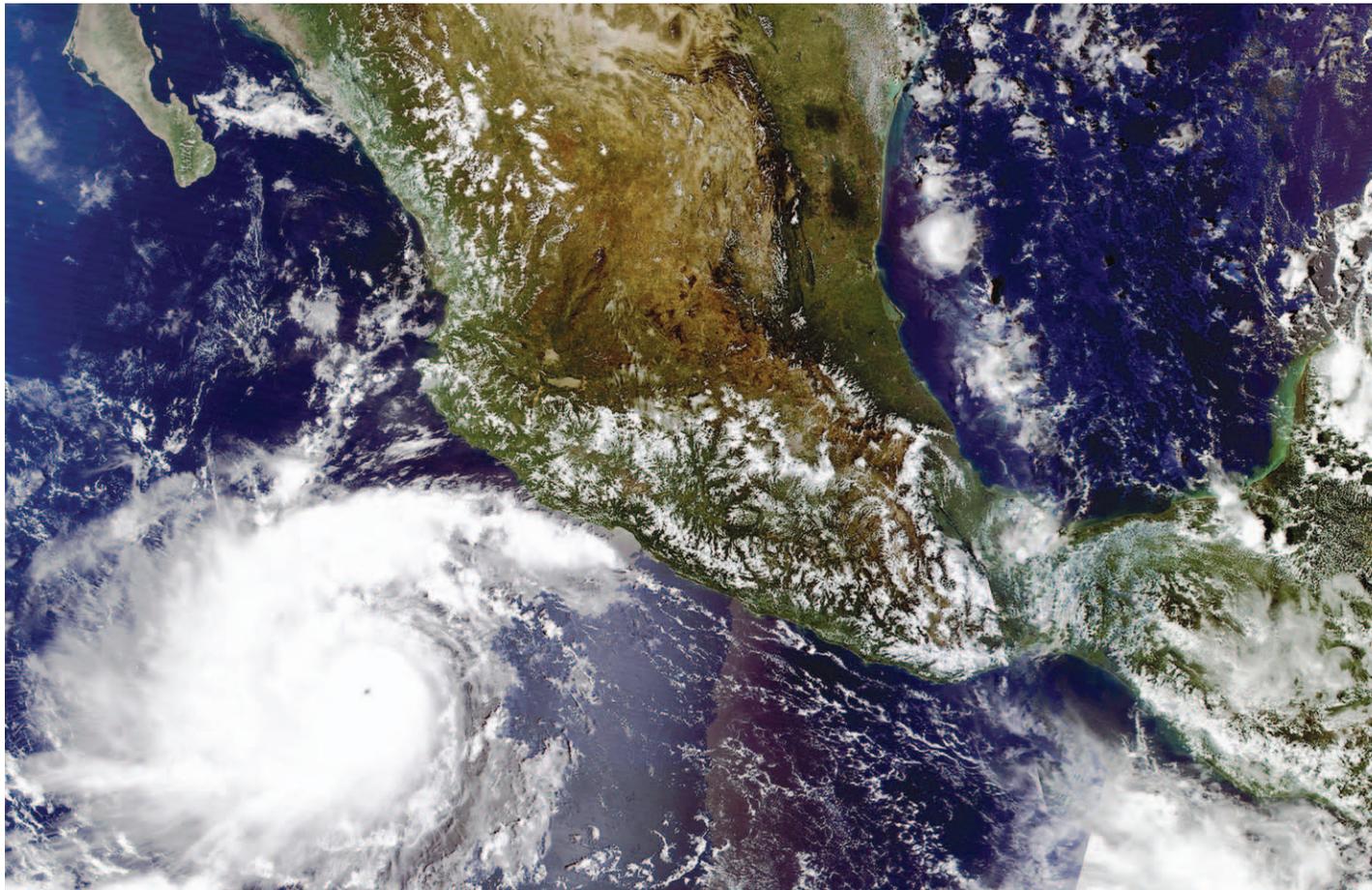
impresionante, ya que 31% de las especies –la mayoría de ellas peces– han sido incluidas bajo algún grado de amenaza por la norma oficial mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2001) debido, entre otras causas, a la invasión de peces exóticos. En otros grupos ya se han presentado extinciones derivadas de la presencia de organismos exóti-

cos y el efecto ha ido en aumento, al punto de que actualmente están involucrados en la extirpación de especies nativas en más de 100 localidades dispersas en el país, siendo en particular notable el caso de las islas.<sup>73</sup>

Los costos de los fenómenos hidrometeorológicos en México, especialmente el efecto de ciclones y tormentas, son considerables debido a la vulnerabilidad creada por la remoción de la cobertura boscosa. Dichos costos fueron de alrededor de 700 vidas humanas y cerca de 700 millones de dólares por año<sup>74</sup> durante el periodo 1980-

1999. Los desastres hidrometeorológicos causaron un daño acumulado de 4 547 millones de dólares, incluyendo los directos e indirectos generados, que equivalen a 44% de los daños totales sufridos por desastres durante este periodo, y consumieron más de 70% de los recursos del Fondo Nacional de Desastres.

IMAGEN DEL SATÉLITE MODIS, 13 DE SEPTIEMBRE DE 2004. CONABIO-NASA



Huracán Iván y tormenta tropical Javier en 2004

Como se ha demostrado en otras partes del mundo, la integridad de los ecosistemas puede reducir los costos humanos y económicos ocasionados por los fenómenos naturales, como fue evidente durante el tsunami en el sureste de Asia a fines del año 2004, cuyos efectos no fueron mayores gracias a que estaban bien conservados los manglares y arrecifes de coral.<sup>75</sup>

Los modelos de cambio climático global sugieren que estos cambios tendrán un severo impacto sobre la biodiversidad en las siguientes décadas. Si bien la aplicación a escala local de estos modelos analíticos es difícil por su baja resolución espacial, algunos estudios específicos para México muestran que los tipos de vegetación del país serán afectados de manera diferencial. En general, los ecosistemas más afectados serán los bosques de coníferas ubicados en las grandes elevaciones, los bosques templados de las sierras y los bosques de niebla. Los ecosistemas tropicales terrestres serán afectados en menor medida. Es probable que

ocurran modificaciones importantes en la interfase mar-tierra y en los manglares y los arrecifes coralinos, que podrán ser afectados por el aumento del nivel del mar pronosticado por los modelos de calentamiento global.<sup>76</sup> Es difícil, por el momento, predecir con mayor precisión las consecuencias del cambio climático sobre la biodiversidad actual, incluidas las zonas agrícolas; sin embargo, dada la certidumbre de que habrá un impacto negativo, es esencial empezar a elaborar programas integrales de mitigación y adaptación al cambio.

El aporte de nitrógeno y fósforo por el uso de fertilizantes artificiales ha aumentado desde 1950 y representa un factor de cambio importante en los ecosistemas terrestres, dulceacuícolas y costeros. La introducción de nutrientes a los ecosistemas puede tener efectos benéficos (incremento en la productividad) y efectos adversos (eutroficación). El uso de nitrógeno en fertilizantes sintéticos ha incrementado la producción de alimentos en los últimos 50 años; sin embargo ha ocasionado impactos ambientales severos tanto en sistemas terrestres como marinos. Los humanos ahora introducimos al ambiente una y media veces más nitrógeno (biológicamente disponible) que el producido por todas las vías naturales. La eutroficación produce anoxia (falta de oxígeno) en los cuerpos de agua y en el mar, lo que impide la presencia de vida animal y de esa manera reduce severamente la pesca. En adición, la presencia de otros contaminantes químicos como el sulfuro de hidrógeno ha sido responsable de la muerte masiva de moluscos de interés económico en Bahía Concepción, Baja California Sur.<sup>77</sup>

La contaminación por las emisiones de procesos industriales está presente en todos los ecosistemas del país, y es un importante factor de degradación de suelos, lagunas y corrientes de agua, y daña severamente la flora y fauna terrestres y acuáticas. En el caso de estas últimas, las concentraciones de metales pesados como el plomo y el cromo registrados recientemente en el golfo de México superan hasta en 20 veces los niveles detectados dos décadas antes. En el camarón blanco, la especie pesquera comercial más importante de esta región, y en ostiones de lagunas de Tabasco se alcanzan niveles de metales pesados (plomo, cobre y cromo) por encima de la norma aceptada.<sup>78</sup>

