

Distr.
RESTRINGIDA

LC/R.1541
30 de mayo de 1995

ORIGINAL: ESPAÑOL

C E P A L

Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**LOS PROCESOS DE DETERIORO DE BOSQUES, SUELOS, BIODIVERSIDAD Y
AGUAS CONTINENTALES EN MEXICO**

Este documento fue preparado por los señores Carlos Toledo y Salvador Anta, consultores de la Unidad Conjunta CEPAL/PNUMA de Desarrollo y Medio Ambiente de la División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos y por el señor Hugo Contreras de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca de México, en el marco del proyecto "Aplicación de instrumentos de política económica para la gestión ambiental y el desarrollo sustentable en países seleccionados de América Latina y el Caribe", que realiza la CEPAL con el apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Las opiniones expresadas en este trabajo, el cual no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

95-06-760

INDICE

	<u>Pág.</u>
Resumen	v
INTRODUCCION	1
I. LOS BOSQUES Y LA DEFORESTACION EN MEXICO	3
1. Situación actual de los recursos forestales	4
2. Perspectivas del recurso forestal	5
II. DEGRADACION DEL SUELO EN MEXICO	8
1. Erosión hídrica	9
2. Erosión eólica	10
3. Salinización	11
4. Degradación biológica	12
5. Degradación química	13
6. Degradación física	13
III. BIODIVERSIDAD	15
1. La biodiversidad y el endemismo en México	16
2. Descripción del conocimiento de la biodiversidad	17
3. Gestión ambiental y factores socioeconómicos que inciden en la pérdida de la biodiversidad	21
IV. AGUAS CONTINENTALES EN MEXICO. CARACTERIZACION DEL RECURSO	25
A. DIVISION HIDROLOGICA DEL PAIS	25
1. Disponibilidad relativa del agua	25
2. Volúmenes de aguas continentales	26
3. Clasificación de cuencas de acuerdo al balance hidráulico	27
B. MARCO SOCIOECONOMICO	27
C. DEMANDA NACIONAL DE AGUA	29
D. CARACTERIZACION DEL DETERIORO RELACIONADO A LAS AGUAS CONTINENTALES EN MEXICO	32
1. Factores que inciden en el deterioro	32
E. ACCIONES GUBERNAMENTALES PARA FRENAR EL DETERIORO DE LAS AGUAS CONTINENTALES	34
V. CONCLUSIONES	37
VI. BIBLIOGRAFIA	39
ANEXOS	47

Resumen

El presente trabajo describe y analiza cuatro aspectos concretos del deterioro ambiental en México: la deforestación, la degradación de los suelos, la pérdida de la biodiversidad y el deterioro del agua continental.

Se bosqueja un panorama que muestra la situación de México con respecto a esas cuatro facetas de la degradación ecológica, que se encuentran estrechamente vinculados con la problemática rural, señalando en cada caso los factores directos que están provocando los procesos de deterioro, para finalmente hacer una reflexión acerca de los procesos socioeconómicos que están sobredeterminando a esos factores directos.

El tema de los bosques y la deforestación en México se aborda tanto respecto a la situación actual de los recursos forestales, como desde las perspectivas futuras del recurso.

La degradación del suelo es tratada para los procesos de erosión hídrica, erosión eólica, salinización, degradación biológica, degradación química y degradación física.

El tema de la biodiversidad, fundamental en el caso de México por su riqueza en la materia, es tratado con especial énfasis en la gestión ambiental y los factores socioeconómicos que inciden en su pérdida.

Las aguas continentales son caracterizadas según la división hidrológica del país, para abundar enseguida en el marco socioeconómico y la demanda nacional de agua. Sobre estos elementos se caracteriza el deterioro relacionado a las aguas continentales en México, para presentar luego la acciones gubernamentales para frenar dicho deterioro.

Una nota final destaca el hecho de la interrelación existente entre estos cuatro procesos de degradación ambiental, enfoque que subyace en todo el desarrollo del trabajo.

INTRODUCCION

La degradación de los recursos naturales es un grave problema que es necesario atender utilizando todos los recursos que se tengan al alcance. La importancia que la dimensión ambiental ha adquirido en los procesos de planeación del desarrollo se ha incrementado significativamente en los últimos años, acicateada por el agravamiento de los problemas ecológicos. Sin embargo, se requiere con urgencia que las medidas que se tomen tengan una mayor efectividad en la reversión de los procesos de deterioro del medio, que a pesar del mayor interés mostrado por los gobiernos y las sociedades, continúan avanzando dramáticamente.

En el afán por hacer más eficiente la acción del gobierno y la sociedad en materia ecológica, el asunto de los instrumentos de política ambiental resulta central, ya que es de gran importancia la reflexión acerca de la evaluación de los que se aplican comunmente y la exploración de otros más novedosos, que pueden tener gran impacto en la lucha contra el deterioro ambiental.

El presente trabajo busca analizar la perspectiva del uso de instrumentos fiscales y no fiscales en relación con cuatro aspectos concretos del deterioro ambiental que se encuentran estrechamente vinculados con la problemática rural: la desforestación, la degradación de los suelos, la pérdida de la biodiversidad y el deterioro del agua continental.

En esta primera parte del trabajo se presenta un panorama que muestra la situación de México con respecto a esas cuatro facetas de la degradación ecológica, señalando en cada caso, los factores directos que están provocando los procesos de deterioro para finalmente, hacer una reflexión acerca de los procesos socioeconómicos que están sobredeterminando a esos factores directos.

Es importante señalar, en principio, la estrecha relación que existe entre los diferentes aspectos del deterioro considerados, especialmente entre la desforestación, la degradación edáfica y la pérdida de biodiversidad. En efecto, los procesos de destrucción de la vegetación, además del daño que por sí representa, constituyen el inicio de un conjunto de efectos deteriorantes; sobre el suelo, al desaparecer su función protectora; sobre la diversidad, ya que implica la desaparición o el deterioro del hábitat de las especies; y sobre la dinámica de los escurrimientos superficiales y en

general la dinámica hídrica de las cuencas. A su vez, la contaminación de los cuerpos de agua representa también un factor que deteriora la biodiversidad, y por su parte la degradación edáfica disminuye fuertemente la capacidad de la vegetación para regenerarse. La interrelación entre esos aspectos del deterioro ecológico ocasionan que los factores que directamente determinan a uno de ellos, se convierte también en factor indirecto para el resto. Por ello, se hace una revisión del estado de cada aspecto por separado, indicando los factores directos que los provocan, analizando primero la deforestación, después la degradación del suelo, para seguir con la biodiversidad y finalizar con el agua continental. Se trabaja con los factores directos para relacionarlos con los procesos socioeconómicos de carácter más general.

Finalmente, se deja constancia que en este documento colaboraron además, los siguientes profesionales: Por el Programa de Aprovechamiento Integral de Recursos Naturales de la Universidad Autónoma de México: Anairamis Aranguren, Virginia Cervantes y Teresa Rodríguez; por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca: Paola Arredondo, Santiago Lobeira, Rafael Obregón, Monserrat Ramiro, Lilian Saade, Adalberto Santin, Juan Carlos Zacarías y María Zorrilla; por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Silvia Ozuna.

I. LOS BOSQUES Y LA DEFORESTACION EN MÉXICO

La República de México cuenta con un complicado mosaico ambiental que es resultado de una heterogeneidad topográfica que se caracteriza por ser predominantemente montañoso, mostrando fuertes pendientes, llanuras y altiplanicies localizadas a la sombra de grandes sierras. Esto, unido a la ubicación del territorio nacional a ambos lados del Trópico de Cáncer, así como por la influencia de los vientos y aguas cálidas provenientes del Golfo de México y el Mar Caribe, además de las aguas frías procedentes del Océano Pacífico, producen importantes diferencias en la distribución de la precipitación, la humedad y en general del clima, situación por la cual se conforman grandes diferencias regionales. Por otra parte, el Trópico de Cáncer, además de ser una línea significativa desde el punto de vista térmico, también constituye la franja de transición entre los climas áridos y semiáridos, y los climas húmedos y subhúmedos (Rzedowski, 1978).

Esta variabilidad ambiental se puede delimitar, a grandes rasgos, con la ubicación de 4 extensas zonas ecológicas: árida, templada, trópico húmedo y trópico seco. En donde se expresan, entre otros, una gran diversidad florística. (Véase cuadro 1 del anexo 4).

De acuerdo con el Atlas Nacional del Medio Físico (1988) en México se cuentan hasta con 45 tipos de vegetación, sin embargo, en términos más generales la cubierta vegetal se puede clasificar en nueve tipos de vegetación, teniendo mayor importancia por su extensión la vegetación tipo matorral xerófita y desértico, los bosques de coníferas y encinos, el bosque tropical caducifolio y el bosque tropical perennifolio (Rzedowski, 1978).

De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal de Gran Visión 1991-1992 (Sarh, 1992), 141.5 millones de hectáreas se encuentran forestadas, lo que equivale a que el 72% del territorio nacional presente algún tipo de vegetación, entre las que se incluye, el 25% de áreas arboladas, en donde se comprenden los bosques de coníferas y latifoliadas y los distintos tipos de selvas; el 36% de áreas no arboladas, que abarcan los matorrales y chaparrales de las zonas áridas y semiáridas; y el 11% de vegetación perturbada. (Véase cuadro 2 del anexo 4).

1. Situación actual de los recursos forestales

En México, el proceso de deterioro de los recursos naturales repuntó a partir de los años cuarenta a finales de la Segunda Guerra Mundial, momentos en que el país encontró un ambiente propicio para su crecimiento. Se inició así, una ola de industrialización, con el afán de lograr su modernización. Este proceso aceleró la acumulación de capital a través de la explotación masiva de los recursos naturales, subordinándose el desarrollo de los diversos sectores de la producción al desarrollo industrial.

Desde esos años hasta la fecha, las tecnologías que se han empleado no han respetado el funcionamiento de la naturaleza, atentando contra la capacidad de regeneración de los ecosistemas, propiciando fuertes problemas de degradación del suelo y agua, pérdida de biodiversidad y contaminación.

Es quizá en las últimas cinco décadas, donde se ha causado el peor estrago sobre la cubierta vegetal y en el suelo, superando en mucho lo que se había conseguido antes de ese momento.

A pesar de que se reconoce que México es un país con inminente vocación forestal, éste es un sector que en poco ha contribuido al desarrollo del país, lo que se refleja en el bajo aporte a la economía nacional, que ha oscilado entre el 0.3% en los años cuarenta, el 0.6% en los sesenta y en la actualidad no rebasa el 1%, además de mostrar una balanza comercial negativa.

Se estima que el potencial maderable de las áreas arboladas asciende a 2,799.2 millones de m³ en rollo, y el incremento anual de los bosques de coníferas se estima en 25.2 millones de m³ (Sarh, 1992). No obstante este potencial, México está produciendo sólo entre 7 y 9 millones de m³ e importando entre el 30 y 40% de su demanda de productos forestales. (Véase cuadro 3 del anexo 4).

Muchos de estos rezagos se deben a la forma de explotación del recurso, y a la falta de políticas institucionales que fomenten y apoyen el desarrollo de la actividad. Otro de los problemas que repercuten en la baja actividad forestal, es que si bien el 80% de la superficie de bosques y selvas son de propiedad social, alrededor del 60% de los aprovechamientos son privados. El 40% de los ejidos forestales tienen concesionados sus recursos, recibiendo sólo el 1% de las ganancias por derecho de monte, y sólo el 1% de las comunidades cuenta con aserraderos y con una industria de productos terminados (González-Pacheco, 1992).

A diferencia de la agricultura y la ganadería, la actividad forestal requiere de una fuerte capitalización para su desarrollo, es por esta razón, que los pobladores de las áreas forestales del país, se inclina más por hacer un cambio de uso de suelo, diferente al forestal (Carabias, et al. 1994).

La falta de sistemas de explotación forestal que contemplen la recuperación ecológica del recurso, aunado a que, en la mayoría de los casos no son los propietarios de los bosques los que se benefician de la explotación, propicia que en el entorno de las áreas que han sido aprovechadas, se empieza a dar un proceso de cambio de uso de suelo a agropecuario, iniciándose así, fuertes procesos de deforestación. De acuerdo con Leec (1993), en el periodo 1970-1990 el área agrícola cultivada creció en cerca de 39 %; el hato ganadero creció en un 15 % y el área total forestal se redujo en un 13 %. (Véase cuadro 4 del anexo 4).

2. Perspectivas del recurso forestal

Esto nos lleva a que, indirectamente, los impactos de la actividad forestal sobre la deforestación sean mayores que los de su desarrollo directo.

Por otra parte, la actividad forestal no sólo contempla la producción de maderables, también se encuentra una amplia gama de productos no maderables que están siendo aprovechados. Sin embargo, éstos últimos muestran peores resagos, al grado que en sólo tres décadas el valor de los no maderables descendió de proporcionar el 20.7 al 7.6 del valor de la producción del sector. Esto se debe a que no se han creado mercados para estos productos, y los que lo tienen, reportan por lo general precios excesivamente bajos; en otros casos, los productos han sido sustituidos por productos sintéticos.

La explotación no forestal además ha sido muy selectiva desaprovechando innumerables recursos, ésto sobre todo es cierto para el caso de la explotación maderable de los bosques tropicales, en donde se aprovechan sólo unas cuantas especies con valor comercial y se ignoran cuantiosos recursos potenciales.

Asimismo, el aporte de madera está concentrado en unas cuantas especies de pino, ocupando éstas alrededor de un 80% del volumen total de producción, quedando en un plano secundario, las demás especies templadas y tropicales, sin importar su gran potencial. Esta actitud del sector, en parte, es resultado de la importación de tecnología de los países desarrollados, que sólo cuentan con bosques templados. Como generalmente ocurre, se transfiere tecnología y se capacitan recursos humanos para operarla, pero no se realiza un esfuerzo similar para adaptarla a las condiciones particulares del país (Carabias et al., 1994).

Una actividad que reviste gran importancia por el volumen que alcanza es la extracción de leña y carbón. Se reconoce que ésta puede superar en volumen a la producción maderera hasta en un 140% (Toledo et al., 1989) lo que significaría, aproximadamente, que el 65% del volumen de extracción maderable es leña y carbón.

En cuanto a la población que utiliza leña como combustible, en las tres décadas pasadas, los censos correspondientes señalan una cantidad del orden de los 20 millones de mexicanos. Esto ha dado pie para que a esta extracción se le señale como una de las principales fuentes de deforestación y se le trate de contrarrestar con programas de estufas ahorradoras de leña y programas de reforestación. No obstante, sería muy aventurado considerar que ésta es la principal causa de deforestación, ya que en México no existen suficientes estudios que lo demuestren.

Lo que sí se puede asegurar es que su impacto es diferencial y depende de varios factores como son: los métodos de apropiación del recurso leñero, la disponibilidad de abasto del recurso y su accesibilidad, el tamaño de la población local que hace uso de ella y la preferencia por especies en función del uso (Arias y Cervantes, 1994).

En conclusión, se puede decir que, la actividad forestal impacta fuertemente al medio ambiente, más que por su desarrollo, por sus vicios y rezagos que no ha logrado superar, lo cual lleva a los poseedores del bosque a cambiar sus predios de forestales a agropecuarios y a los concesionarios que lo explotan forestalmente a hacer un uso minero y selectivo del recurso natural, en donde no está contemplado su uso sustentable.

Actualmente, las estimaciones sobre las tasas de deforestación en México son muy inciertas (véase cuadro 4). De acuerdo con Maserá, Ordoñez y Dirzo (1992), lo anterior se debe en parte a las distintas definiciones sobre tipos de bosque; algunas solamente toman en cuenta los bosques tropicales, otras los bosques cerrados y abiertos y la mayoría los bosques perennifolios con poca información sobre los caducifolios.

Algunos autores (Maserá et al., 1992 y Anónimo, 1992), coinciden en señalar que los procesos de deforestación están actuando de manera diferencial en los variados ecosistemas presentes en el país, y que son los bosques tropicales los más afectados, a razón de una tasa de 2 % anual, en contraste con la tasa de 1.31 % anual para los templados. (Véase cuadro 5 del anexo 4). De acuerdo con Dirzo y García (1992), los estados que muestran las tasas más altas de deforestación son: Campeche, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca, Tabasco, Veracruz y Yucatán. (Véase cuadro 6 del anexo 4).

La tasa de deforestación se ha acelerado en las últimas décadas, en especial en los ecosistemas tropicales. De acuerdo a Vargas et al. (1991), a nivel local la deforestación ocasiona una reducción drástica en la biodiversidad y una alteración entre los procesos y relaciones que se establecen entre los diferentes componentes del ecosistema. La destrucción gradual de los ecosistemas se manifiesta a través de su fragmentación y del aumento en las pérdidas del suelo y nutrimentos como resultado de

la pérdida de cubierta vegetal. A nivel regional, la deforestación causa una alteración en el ciclo hidrológico y en las condiciones microclimáticas, al reducir el intercambio de agua entre el suelo y la atmósfera y al aumentar la capacidad reflectiva de la superficie terrestre. La deforestación, también contribuye al calentamiento global del planeta (efecto de invernadero) al ser una fuente de liberación de CO₂ en la atmósfera.

II. DEGRADACION DEL SUELO EN MEXICO

El suelo es el resultado de la interacción de varios factores ambientales entre los que se encuentran: el geológico, el fisiográfico, el clima, el material parental y el edafón del suelo.

La gran diversidad ambiental presente en la República de México, también se manifiesta en una gran variedad de suelos existentes. De las 25 categorías de suelos clasificados en el sistema FAO-UNESCO, 21 de ellas se encuentran representadas en el país, siendo dominantes 16 (UNAM, 1990). Aunque existen discrepancias en la superficie ocupada por cada una de estas categorías, de manera general se puede decir que 10 de éstas conforman el 74% de la superficie nacional. (Véase cuadro 7 del anexo 4).

Tomando como criterio de regionalización las provincias fisiográficas de México (Soto-Mora et al., 1992), en el cuadro 8 del anexo 4, se presenta un resumen de los suelos dominantes en cada una de ellas.

Ante la presión de la frontera agropecuaria y urbano-industrial sobre el territorio nacional, se han alterado irreversiblemente vastas superficies. Esto es particularmente evidente en el estado de degradación que muestran los suelos del país.

Los factores que favorecen la degradación del suelo son: la explosión demográfica, la sobreexplotación; los cambios inadecuados de uso del suelo; la tecnología inadecuada; las presiones socioeconómicas y políticas; y la pérdida de tradiciones culturales (Ortiz et al., 1994).

Entre las causas antropogénicas que desencadenan el proceso de degradación se pueden mencionar las relacionadas con la pobreza y el subdesarrollo, como son: el cultivo en suelos frágiles, la reducción del tiempo de descanso de la tierra, la falta de prácticas de fertilización orgánica, el sobre pastoreo y la explotación inmoderada de los recursos.

Otro tipo de impactos son causados por la aplicación de tecnologías modernas para la producción agropecuaria, impulsadas por la búsqueda de altas tasas de rentabilidad en el corto plazo, como son: los cultivos comerciales, el mal manejo del riego, y el uso excesivo de maquinaria agrícola, entre otros.

La degradación del suelo es un fenómeno complejo que involucra componentes sociales, económicos, físicos, biológicos y climáticos. La degradación del suelo no sólo puede manifestarse por la disminución de la productividad primaria, sino también por la invasión de especies menos deseables, la disminución en la diversidad y en ocasiones el cambio en la estructura de la comunidad de un sitio (Castellanos, 1993).

La Metodología Provisional para Evaluar la degradación (FAO, 1980), considera que para evaluar y cartografiar la degradación de la tierra es necesario describir y cuantificar los siguientes criterios: estado actual, velocidad y riego de la degradación.

Para cada uno de los criterios de degradación, así como para cada proceso se tienen indicadores para clasificar la magnitud del proceso de degradación. (Véase cuadro 9 del anexo 4).

Con base en esta metodología, la Universidad Autónoma de Chapingo y el Colegio de Postgraduados (Estrada y Ortiz-Solorio, 1992), han venido realizando estudios (escala 1: 2 000 000) tendientes a estimar el estado que hoy en día muestran los recursos en el país, así como la velocidad de los procesos y el riesgo de degradación. Particularmente, se han analizado los procesos de erosión hídrica, erosión eólica, salinización, degradación física, degradación biológica y degradación química. (Véase cuadro 10 del anexo 4).

A continuación se describirán cada uno de los procesos de degradación presentes en el territorio nacional.

1. Erosión hídrica

La erosión hídrica se refiere a la remoción del suelo de las tierras en declive ocasionada por el agua. Este proceso incluye la caracterización y cuantificación de las siguientes modalidades: erosión laminar, formación de surcos, erosión en cárcavas, y movimiento masivo de tierras.

En México los antecedentes de la cuantificación de la erosión a nivel nacional se remontan a un estudio realizado por FAO y USDA en la década de los cincuenta (Anónimo, 1954) y los dirigidos por la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua en la década de los sesenta (Anónimo, 1972). Ambos estudios señalan que el país presenta agudos problemas de erosión, pues entre un 66% y 80%

(respectivamente) del territorio del país está afectado por diversos grados de erosión.

Estudios más recientes utilizando la Metodología Provisional para Evaluar la Desertificación de la Tierra de la FAO muestran que el 90% de la superficie del territorio nacional presenta erosión hídrica en diferentes grados. Así, se encuentra que el 36.4% presenta erosión ligera; el 34.32% erosión moderada; el 20.46% erosión severa y sólo el 8.62% erosión muy severa. El Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Occidental y la Sierra Madre Oriental, presentan las áreas con mayor erosión en la República, destacando la primera por la mayor concentración de erosión (Estrada y Ortiz-Solorio, 1979; 1992; Ortiz et al., 1994).

Las áreas que muestran los valores de erosión hídrica muy severa se registran en los estados de: Michoacán, Jalisco, Sonora, Durango, Chihuahua y Guanajuato. Por otra parte, los tres estados con más erosión (más del 90% de su superficie erosionada) son Baja California Sur, Guanajuato y Coahuila (op. cit.).

Estos estudios también mostraron que México es un país con moderada erosividad por lluvia. En el país sólo tres áreas presentan erosividad por lluvia severa, las cuales se localizan en los estados de Guerrero, Oaxaca y Chiapas. Asimismo, únicamente en Veracruz se detectó una área con muy severa erosividad. En cuanto a la erosividad del suelo se encontró que en el altiplano mexicano se presentan los mayores índices (Tipo II).

Los mismos autores señalan que, el mayor riesgo de erosión se localiza en La Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico.

2. Erosión eólica

Este tipo de erosión se define como el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo ocasionadas por el viento y opera en una gran variedad de ambientes naturales que presentan escasa cubierta vegetal, siendo particularmente importante en las zonas áridas y semiáridas.

La erosión eólica como un proceso de la degradación del suelo es un problema importante en México, ya que aproximadamente el 60% del territorio mexicano es árido y semiárido. Pese a esta situación, en el país se le ha dado muy poca importancia, lo cual se debe al desconocimiento que este fenómeno tienen sobre la producción de los cultivos.

Los principales factores involucrados en el proceso de erosión eólica son: el clima, el suelo, la vegetación y la topografía. La conjugación de éstos, bajo condiciones determinadas, propician o restringen este tipo de erosión.

Con base en la Metodología para la Evaluación de la Degradación del Suelo (FAO, 1980) en México se han realizado estudios para evaluar la velocidad y el riesgo de erosión eólica (Ortiz y Estrada 1993; Ortiz et al., 1994).

Estos estudios muestran que aproximadamente el 80% de la superficie del país está afectado en diferentes grados por este fenómeno. Así se encuentra que sólo el 1.06% no presenta alteración alguna; 5.09% presenta erosión eólica ligera; 33.24% moderada; 43.04% severa; y 17.57% erosión eólica muy severa.

Los estados de la República que presentaron los mayor porcentajes de superficie muy severamente afectada son: Campeche, Chihuahua y Sonora (40.9%, 36.2%, 34.9% respectivamente). Los estados que presentan afectación severa son: Nuevo León, San Luis Potosí, Baja California Norte, Hidalgo, y Coahuila (81.7%, 81.7%, 79.8%, 79.7%, 71.3% respectivamente).

Considerando la superficie severa y muy severamente afectada en el país se tienen que los estados con mayores problemas de erosión son: San Luis Potosí, Hidalgo, Nuevo León, Baja California Norte, Queretaro, Zacatecas y Tlaxcala.

En cuanto al riesgo de erosión los mismos autores reportan que la República mexicana se considera con un severo riesgo a la erosión eólica, ya que las cifras globales muestran que la superficie de riesgo ligero sólo ocupa el 1.2%; la moderada 8.68%; la severa 45.64%; y la muy severa 44.48%.

Las áreas con mayor riesgo de pérdida de suelo causada por el viento se localizan en el oeste y sur del Estado de Sonora, parte del Estado de Chihuahua, Puerto de Veracruz, centro del Estado de Michoacán, noreste del Estado de Yucatán, en el Estado de Oaxaca y al sur del Estado de Coahuila.

En conclusión los estados con mayor riesgo a la erosión eólica son: Aguascaliente, Durango, Nuevo León, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tamaulipas, Zacatecas y Jalisco.

3. Salinización

La salinización se refiere al deterioro de los suelos por el incremento en el nivel de las sales solubles que reduce la capacidad productiva del suelo. En este proceso se incluyen los procesos secundarios como son la sodificación y la concentración de sustancias tóxicas.

Aunque en México existen extensas áreas que por naturaleza son salinas, debido a sales provenientes de: sustratos geológicos salinos, cuencas endorreicas de las zonas áridas y de las costas con influencia marina. Por otra parte, las causas de la

salinización inducida en México son: la aplicación excesiva de agua de riego sin drenaje adecuado, el riego con agua de mala calidad, la mala nivelación del terreno y la extracción desmedida de agua de los acuíferos.

La superficie total del país con problemas de ensalitramiento es de aproximadamente 20% (Estrada, 1991). En los distritos de riego, asciende a más de medio millón de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 10% del total de la superficie de riego del país. El 68% de esta superficie se ubica al noreste de México (Toledo et. al., 1989). Los estados con mayor incidencia de este proceso son: Tamaulipas, Sonora, Baja California, Chihuahua, Coahuila y Colima, con índices superiores al 2% de su superficie. Por otra parte, Estrada (1991) menciona que el mayor riesgo de ensalitramiento se presenta en los estados de Tamaulipas, Baja California, Sonora, Chihuahua, y Coahuila.

La salinización al igual que la sodificación o alcalinización disminuye la fertilidad y productividad de los suelos, ya que este proceso ocasiona la defloculación de las partículas y reduce la infiltración del agua al suelo. Esta se presenta cuando el sodio intercambiable del suelo excede valores superiores al 15%, y se desarrolla a partir de materiales geológicos sódicos, o bien por la aplicación de riego con aguas sódicas, y/o cuando las aguas subterráneas tienen un contenido elevado de carbonato de sodio y son pobres en calcio.

La misma metodología permitió apreciar que la salinización se extiende en un 15% del territorio Nacional (CONAZA, 1993). Los estados más afectados en su superficie son: Campeche (40%); Sonora (35%); Quintana Roo (25%); Tabasco (15%); Yucatán (15%) y México (13%). (Estrada, 1991).

4. Degradación biológica

La degradación biológica es el segundo proceso de degradación más importante en los suelos mexicanos, ocurriendo en un 80% del territorio nacional. Consiste en el aumento de la velocidad de mineralización de la materia orgánica. El riesgo de mineralización del humus del suelo se evalúa como una función directa del clima. Asimismo, la reducción del manto vegetal, el cultivo excesivo, y la remoción de partículas finas de la capa arable son factores que influyen en este proceso. La disminución de la materia orgánica favorece la degradación física, lo que a su vez acelera la erosión (CONAZA, 1993).

La metodología citada, señala que los estados con mayor velocidad de degradación biológica, por extenderse en más del 90% de su superficie, son: Colima, Morelos, Tabasco, Chiapas, Veracruz, Jalisco, Michoacán, Nayarit, y Sinaloa (Estrada, 1991; CONAZA, 1993).

5. Degradación química

Se refiere a la degradación del suelo, por pérdida de nutrientes. En sitios con pendientes ligeras (menores al 3%) y donde la precipitación es mayor a la evapotranspiración se presenta la lixiviación de bases en valores menores del 50%. El clima, la topografía y la remoción de la cubierta vegetal son factores que favorecen la pérdida de bases, provocando que el suelo presente una reacción más ácida y en ocasiones originando toxicidad por aluminio (CONAZA, 1993).

Al aplicar la metodología de la FAO (1980), para evaluar la velocidad de este proceso, se encontró que el 15% del territorio nacional está siendo afectado por la degradación química. Los estados con mayor superficie afectada por este proceso son: Tabasco con 67%, Campeche con 35%, Veracruz con 27%, Nayarit y Oaxaca con 20% de la superficie de suelo afectado (Estrada, 1991; CONAZA, 1993).

6. Degradación física

Este tipo de degradación incluye al encostramiento y compactación del suelo. El primero es el resultado de la degradación de la cubierta vegetal y la erosión hídrica. El segundo se refiere a los cambios adversos en las propiedades físicas de los suelos como son: la porosidad, permeabilidad, densidad aparente y estabilidad estructural. El encostramiento y compactación resulta del paso continuo de maquinaria pesada y/o ganado en el terreno, o bien, por efecto de la erosión hídrica. Otro aspecto importante es la falta de materia orgánica en los suelos (Ortiz et al., 1994).

La aplicación de la metodología FAO (1980) determinó que este proceso de deterioro está afectando aproximadamente el 20% de la superficie total del territorio del país. Los estados con mayor velocidad de degradación física son: Colima con el 90% de su superficie afectada y Veracruz e Hidalgo con el 40% (Estrada, 1991; Conaza, 1993). Por otra parte, Estrada (1991) señala como afectados severamente también a los estados de Tamaulipas y Sinaloa con un 30 y 15% de su superficie afectada, respectivamente. Asimismo, el Atlas Nacional de México (UNAM, 1990) muestra que la degradación física se presenta en una extensa superficie del Altiplano Potosino-Zacatecano, y en porciones de los estados de Durango, Baja California Sur, Puebla, Tlaxcala, Chihuahua, Hidalgo, México y Guanajuato.

Considerando los diferentes procesos de degradación que están incidiendo en México, se puede decir que prácticamente el 97% de la superficie del país está afectado en diferentes grados por algún procesos de degradación del suelo. Aproximadamente el 60% del territorio nacional presenta un grado severo o muy severo de

degradación; además, en algunas áreas varios procesos están actuando en ese nivel (Estrada, 1991; CONAZA, 1993).

Los procesos más importantes que están influyendo en la desertificación de la tierra de la República mexicana son: la erosión eólica que afecta el 85% del país en diferentes grados; la disminución de la materia orgánica del suelo, con un 80% del territorio; y la erosión hídrica, que afecta un 60% de su área total (Estrada, 1991; Conaza, 1993).

Los estados que presentan la mayor velocidad de degradación, en el mayor número de los procesos (seis de siete) son: Chihuahua, Coahuila, Colima, Jalisco, México, Sinaloa y Sonora (Estrada, 1991; Conaza, 1993).

III. BIODIVERSIDAD

La pérdida de la diversidad biológica del planeta, de la riqueza de especies, ecosistemas y procesos ecológicos se ha convertido en uno de los problemas más importantes a nivel mundial. La biodiversidad, en su acepción más general, incluye a la totalidad de los genes, las especies y los ecosistemas de una región. Esta se puede manifestar en tres niveles: la riqueza de especies (α), los ecosistemas (β) y en la heterogeneidad a nivel geográfico (Γ) (Halffter y Ezcurra, 1992). Son importantes otras expresiones de la biodiversidad, como la abundancia relativa de las especies, la estructura de edades de las poblaciones, la estructura de las comunidades en una región, la variación de la composición y la estructura de las comunidades a lo largo del tiempo y hasta procesos ecológicos tales como depredación, parasitismo y mutualismo. También se puede hablar de la biodiversidad cultura o humana (WRI, UICN, PNUMA, 1992).

Un término estrechamente relacionado con la biodiversidad es el endemismo. La endemidad corresponde a taxa que se encuentran únicamente en un lugar, región o país, según la unidad territorial en que basemos nuestro análisis. En México, muchos de los grupos tanto de plantas como de animales se han diversificado, lo que hace que haya ecosistemas con un elevado número de endemismos, razón que contribuye a la excepcional riqueza biológica del país (Williams-Linera et al., 1992).

La mejor forma de mantener a las especies es mediante la conservación sus hábitats, de tal forma que el mantener la biodiversidad debe involucrar medidas encaminadas a impedir la degradación de ecosistemas naturales claves, mantenerlos y protegerlos eficazmente. La propuesta actual es que la conservación de la biodiversidad no puede dar buenos resultados a menos que los grupos humanos reciban una proporción justa de los beneficios y asuman un papel más destacado en la gestión de sus recursos bióticos, trátase de áreas protegidas y no protegidas por un sistema legal.

1. La biodiversidad y el endemismo en México

México es uno de los países de América Latina que cuenta con los inventarios más completos de sus recursos biológicos. En su territorio se encuentran muchos de los grupos de organismos como plantas, hongos, vertebrados terrestres y mariposas. Se estima que México cuenta con el 12% de la bióta terrestre del mundo (Toledo y Ordoñez, 1993).

Esta notable biodiversidad, ha llevado a Mittermier (1988) a clasificar a México entre los siete países biológicamente más diversos en el mundo después de Brasil y Colombia y por encima de Indonesia, Madagascar, Zaire y Australia. México es el primer país en cuanto a número de especies de aves (Williams-Linera et al., 1992 y Toledo y Ordoñez, 1993), reptiles (Flores-V., 1993) y el segundo lugar en mamíferos (Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1988 y Williams-Linera et al., 1992), es excepcionalmente rico en plantas con flores (Toledo y Ordoñez, 1988), pastos marinos (Lot, 1971), musgos (Delgadillo, 1993) y posiblemente crustáceos. Además posee una gran número de endemismos. (Véase cuadro 11 del anexo 4).

Es evidente que esta descripción de la riqueza biológica y la endemidad con que cuenta México señala al territorio como un área prioritaria para su conservación a nivel mundial.

Sin duda una de las facetas más importante de la diversidad florística de México es la que corresponde al conocimiento de las propiedades y usos de las plantas y sobre todo la que tiene que ver con especies cultivadas y a las semicultivadas en el mundo. Para el caso de las fanerógamas se menciona que al menos 7,000 especies nativas han tenido o ningún algún uso. (Rzedowski, 1992 y Bye, 1993). Por esta razón es necesario conjuntar los esfuerzos para conservar la diversidad de dichas especies, así como a sus parientes silvestres, con el fin de asegurar el alimento para ésta y las futuras generaciones.

Sin embargo, la extinción de las especies no se limita a la evidente destrucción física de ellas, sino también a la restricción de las condiciones de viabilidad como especies. En este caso, datos recientes muestran que en el país se han extinguido 38 especies de vertebrados y 11 de plantas vasculares (CONABIO citado por SEDESOL, 1994).

A nivel de las regiones geográficas, es de resaltar que el sur de México es particularmente importante en término de riqueza de especies, ya que es ahí donde se entrelazan dos de las principales regiones biogeográficas del planeta, la Neártica y la Neotropical (Gómez-Pompa y Dirzo, 1994). En esta gran zona de contacto asentada en el Istmo de Tehuantepec, encontramos una mezcla de elementos faunísticos y florísticos del norte y el sur de América, así como una fauna endémica que se encuentra en esta zona de transición (Gómez-Pompa y Dirzo, 1994).

A nivel estatal los datos muestran que los estados con mayor diversidad son Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán (Gómez-Pompa y Dirzo, 1994). Por ejemplo, una sola hectárea de selva alta en Bonampak, Chiapas contiene 267 especies de plantas (Meave del Castillo, 1983). A nivel de endemismos los estados más ricos son Baja California Sur y Norte y Oaxaca (Williams-Linera et al, 1992).

La situación global en relación con los problemas ambientales y la conservación de la diversidad biológica de México es uno de los temas de importancia entre los científicos, los investigadores, las instituciones gubernamentales y no gubernamentales. Al parecer, estamos entrando a una etapa de una marcada sensibilidad social sobre el daño que provoca la práctica poco planeada e incontrolada de las diferentes actividades como la producción agrícola, ganadera y forestal, el crecimiento demográfico, el impacto per cápita que trae el desarrollo tecnológico y económico de los países más industrializados y de los cambios sobre el equilibrio ecológico regional y global.

Cuando se habla de la pérdida de la diversidad biológica, no solamente se hace referencia a la pérdida total de especies, sino también a la reducción de la diversidad genética dentro de cada especie, así como la pérdida del conocimiento de sus características, comportamiento y formas de aprovechamiento y conservación. Esto enfocado también a la cultura (tradicional y moderna) que las diferentes sociedades tienen sobre las características y propiedades de las plantas y animales que usan y de los que dependen para su sobrevivencia. De tal forma que, las plantas y los animales se convierten en recursos no solamente porque sean utilizados por el hombre, sino también porque el hombre los entiende como entidades biológicas variables (aunque no siempre las reconozca como tales) y sabe utilizar esa variabilidad para obtener el máximo aprovechamiento de estos recursos (Sarukhán, 1990).

2. Descripción del conocimiento de la biodiversidad

a) Ecosistemas

Un componente importante de la biodiversidad se contempla a nivel de la riqueza de ecosistemas. Por lo que se refiere a comunidades naturales, la diversidad biológica de México sobresale por el hecho de que incluye la mayoría de los ecosistemas reconocidos en el mundo; esta diversidad de ecosistemas incluye a comunidades que van desde los desiertos, a las comunidades alpinas y las exuberantes selvas tropicales perennifolias y caducifolias (Gómez-Pompa y Dirzo, 1994).

En lo que a tipos de vegetación se refiere, Miranda y Hernández X. (1963), reconocen la existencia de 32 tipos mayores de

vegetación para el país. De éstos sobresalen los bosques de pino-encino como los más diversos de la tierra (55 especies), de las cuales 85 % son endémicas de México; seguido por los bosques de encinos que son los segundos más diversos (138 especies), con un 70 % de endemismos.

Una clasificación detallada de las 5 zonas ecológicas del país y su diversidad y endemismos, es la siguiente (Toledo y Ordoñez, 1993):

- **Trópico húmedo:** dentro de esta zona se encuentran las selvas trópicas perennifolias, los que antiguamente constituían un corredor de selva más o menos continuo desde el sur de Tamaulipas hasta la frontera con Guatemala (Estrada, 1992) y que ahora se han visto restringidas sensiblemente (Dirzo y Miranda, 1993). Se han reportado al menos 5,000 especies de fanerógamas, de las cuales un 5 % son endémicas. Dentro de esta zona parecen ser especialmente ricos en especies las selvas de: Los Tuxtlas en el estado de Veracruz; Tuxtepec en el estado de Oaxaca; el área incluida en Uxpanapa, Chimalapas, al sur de Tabasco y norte de Chiapas; la selva Lacandona, en Chiapas y el sur de la península de Yucatán (Went, 1993 citado por Flores-V. y Gerez, 1994).

- **Trópico sub-húmedo:** dentro de esta zona se encuentran los sitios de selvas medianas, y bajas caducifolias.

En la escala α diversidad es de poca importancia en grupos de plantas como las orquídeas, helechos y musgos, presentando un carácter estacional que está definido con relación a la precipitación. Por otro lado, esta zona posee grandes endemismos que han sido estimados por Rzedowski (1993) en un 40 %, y en la que se encuentra representada una diversidad florística declarada en 6,000 especies.

- **Templado húmedo:** esta zona es importante para algunos grupos de plantas (orquídeas, helechos y los musgos) ya que representa un hábitat con una gran riqueza de especies y altos endemismos. Vista globalmente puede encontrarse una flora fanerógama estimada en 3,000 especies con un endemismo de 30% (Rzedowski, 1993). También es notable por su gran número de endemismos en mamíferos, anfibios, reptiles y mariposas. Esta es una de las razones por la que es considerada uno de los principales centros de distribución de especies nativas, resultado de su historia y distribución insular.

- **Templado sub-húmedo:** esta zona constituye la zona biológica más importante de México, su distribución va a lo largo de las principales cadenas montañosas del país, presenta una gran riqueza de especies y endemismos de plantas con flores, (Rzedowski, 1993), coníferas (Styles, 1993), vertebrados terrestres (Flores-V. y Gerez, 1989), mamíferos, anfibios y reptiles (Flores-V, 1993). De especial importancia es la gran diversidad de especies de mamíferos que esta zona alberga a lo largo del Cinturón trans-volcánico, ya

que en éste se encuentra una de las más altas concentraciones de endemismos de las especies conocidas actualmente (Fa, 1989; Fa y Morales, 1993). Según Rzedowski (1993) se pueden encontrar 7,000 especies de plantas con flores de las cuales 4,900 o sea un 70% son endémicas. La zona alpina, que se encuentra dentro de esta región alberga una riqueza florística propia con un 75 % de las especies endémicas (Rzedowski, 1978; Mc Donald, 1993).

- **Zona árida y semiárida:** estas zonas comprenden casi la mitad del territorio nacional, incluye dos grandes zonas bioclimáticas: a) la zona árida que está definida por una precipitación anual de 40 mm o menos y con 8-12 meses secos; b) la zona semi-árida con una precipitación anual de 400 a 700 mm y con 6-8 meses secos. Rzedowski (1993) estima que la flora de la zonas árida y semiárida de México contiene 6,000 especies; y con esto se colocan después de la zona templada sub-húmeda como el hábitat con el mayor número de endemismos (aproximadamente 70 % del total de la flora). El fenómeno de especiación ha tenido lugar en grupos vegetales como las Cactáceas, las Compuestas y los Pastos. Este hábitat presenta una diversidad relativamente alta de especies de vertebrados terrestres y es especialmente rica en endemismos de anfibios y reptiles (Flores-V., 1993).

Finalmente, estos datos permiten concluir que la zona ecológica más importante en cuanto a riqueza florística y endemismos es la zona tropical húmeda y la templada subhúmeda.

Vale la pena destacar de manera similar, a los ecosistemas marinos, como el Golfo de California y los arrecifes coralinos de la costa de Quintana Roo y Yucatán, que contribuyen a la gran diversidad biológica de México. Aproximadamente un 35 % de los mamíferos marinos del mundo (28 especies), han sido encontradas en el Golfo de California, una de las zonas más diversas en ballenas. Estos ecosistemas albergan también poblaciones importantes de aves marinas, como es el caso de Isla Rasa en el Golfo de California, que con una superficie de sólo 2 km cuadrados es el área de anidación del 90 % de las golondrinas marinas elegantes (*Sterna elegans*) y de las gaviotas pardas (*Larus heermani*) (Gómez-Pompa y Dirzo, 1994).

b) Especies

La riqueza florística, medida por el número de especies nativas, es quizás el parámetro más usado para comparar la diversidad biótica de diferentes lugares y regiones. Se ha calculado de manera indirecta que la cantidad de especies de fanerógamas nativas se encuentra entre las 25,000 y 30,000 especies (Rzedowski, 1992a y b; Williams-Linera et al., 1992 y Toledo y Ordoñez, 1993).

Dentro de las formas de rareza ecológica de las especies, es pertinente resaltar algunos ejemplos especiales. Como especie que

sólo crece en regiones muy específicas y forman endemismos biogeográficos tenemos a *Heterotheca thiniicola*, compuesta que sólo crece en las dunas del Gran Desierto de Altar, Sonora (Rzedowski y Ezcurra, 1986 citado por Halffter y Ezcurra, 1992). Como especies con un hábitat raro tenemos a la yerba de manso (*Anemopsis californica*) que crece en los manantiales de agua del Desierto Sonorense y es colectada intensamente como planta medicinal (Ezcurra et al., 1988 citado por Halffter y Ezcurra, 1992). Como ejemplos de especies de rareza demográfica se encuentra *Lacandonia schismatica* que crece en tan sólo una hectárea de la selva lacandona en el estado de Chiapas. Otro ejemplo es el escarabajo *Liatingus monstrosus* que sólo se conoce en una pequeña áreas cercana al Lago de Chapala en el estado de Jalisco (Halffter y Ezcurra, 1992).

Por otra parte, es sabido que México, junto con una parte de Centroamerica, ha sido uno de los centros importantes de iniciación de la agricultura y génesis de las plantas cultivadas. Como el maíz, el frijol, la calabaza, el algodón y el chile fueron seleccionados y domesticados en este país, al igual que frutales como la papaya, el cacao, el mamey y el aguacate y otras especies como la vainilla, el camote y el chayote.

La lista de importantes cultivares, muchos de los cuales ya no se conocen en estado silvestre, está integrada por más o menos 32 especies, y un número muy alto de razas y variedades, a las que hay que agregar varios cientos adicionales de plantas semicultivadas, que se encuentran principalmente en huertos familiares (Rzedowski, 1992a).

Con relación a la vulnerabilidad de las especies y utilizando las categorías propuesta por la UICN sobre el estado de conservación y protección de éstas, la SEDESOL menciona que en México existen 336 especies de flora y fauna que se encuentran en la categoría de peligro de extinción, de éstas un 51 % son especies endémicas; de las 801 que están amenazadas, un 55 % son especies endémicas; de las 1130 raras, un 53 % son especies endémicas y de las 154 especies sujetas a protección especial un 28 % son endémicas (SEDESOL, 1994). (Véase cuadro 12 del anexo 4).

c) Genes

De acuerdo con la propuesta de estrategia global para la biodiversidad la pérdida de la diversidad genética puede poner en peligro entre otras cosas a los sistemas agrícolas. Actualmente es difícil aún estimar el deterioro que ha sufrido la base genética en nuestro país, ya que a partir de los años cincuenta, la propagación de las variedades mejoradas de maíz, trigo, arroz y otros cultivos promovidos con la Revolución Verde marginaron una gran parte de las variedades nativas de estos cultivos (WRI, UICN, PNUMA, 1992). Posteriormente se promovieron los bancos de germoplasma de algunas especies cultivadas como el maíz, la papa, el arroz en centros

internacionales de investigación como es el caso del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México (González, 1991).

Otra propuesta para la conservación de recursos genéticos es a través de la agricultura tradicional y de la conservación in situ propuesta por E. Hernández X. (Hernández, X. E. y Zarate, 1991) en donde se promueve la idea de que la conservación del germoplasma, en particular de la plantas cultivadas, ha sido llevada a cabo de manera natural por las poblaciones indígenas y campesinas desde hace mucho tiempo.

Es indispensable la existencia de estos acervos y de los esfuerzos para realizarlos, pero debe tenerse en cuenta las limitaciones del esquema tradicional de bancos de germoplasma, ya que los genomas así preservados no están en las condiciones de continuar evolucionando, al menos al ritmo que lo hacen en su propio hábitat. Estas consideraciones conducen directamente a valorar la superioridad de la conservación in situ y así, a la idea de conservar no sólo algunas de las especies de mayor y más evidente importancia, sino además condiciones de hábitat que simultáneamente hagan viables a numerosas manifestaciones vivas (Halfpter y Ezcurra, 1991).

3. Gestión ambiental y factores socio-económicos que inciden en la pérdida de la biodiversidad

El actual deterioro de la biodiversidad proviene de causas directas e indirectas. Los mecanismos directos incluyen:

i) El deterioro y la fragmentación del hábitat, incluidos:

- la desforestación;
- la introducción e invasión de especies;
- la contaminación de agua, suelos y atmósfera;
- el cambio de clima a nivel mundial.

ii) La sobreexplotación de especies de plantas y animales

a) Destrucción y fragmentación del hábitat

Al comenzar el siglo XXI el escenario que nos aguarda, si la tendencias de transformación y degradación del paisaje natural continúan, es el de un vasto territorio modelado por el uso humano de la tierra, con intercalaciones de algunas extensiones de bosque natural (Ortiz, 1992). Gentry (1992) menciona que la desforestación es la principal causa de la pérdida de la biodiversidad en las zonas tropicales. México no es una excepción a esta situación mundial, evidenciada en las altas tasas de desforestación estimadas y discutidas en el capítulo de recursos forestales. La tala de los bosques para ser convertidos en potreros o incorporados en las

prácticas agrícolas se volvió la principal causa de pérdida de biodiversidad durante la década de los setentas y ochenta (Tudela, 1989). Se tiene poca información sobre la pérdida de especies causada por la deforestación, en particular en la Estación Biológica de Los Tuxtlas se ha estimado que se ha perdido el 36 % de las aves, el 64 % de mamíferos voladores y el 44 % de mamíferos no voladores que existían en la región en 1984 (Estrada, 1992).

La fragmentación de los ecosistemas continuos en hábitats fragmentados, como si fueran islas en medio de océanos de cultivo, pastos y tierras degradadas, hace que sea necesario entender los diferentes modelos que han surgido a partir de la teoría de biogeografía de islas (Ortiz, 1992). En México, se tiene poca información sobre el efecto de la fragmentación sobre los ecosistemas, y las especies, sin embargo, algunos datos muestran la gran importancia de los árboles en pie dentro de los potreros y pastizales ya que actúan como perchas para las aves y la dispersión de semillas de las especies del bosque natural (Guevara et al., 1992).

Iñigo-Elias, (1992) menciona que en la región de Chiapas la fragmentación y destrucción del hábitat puede cambiar la diversidad y densidad de especies de aves.

La alteración de los ecosistemas de agua dulce a partir de la construcción de represas ha destruido muchos de los hábitats en ríos y arroyos. Algunos datos muestran que hay un cambio en la composición de peces y aves migratorias relacionado con la construcción de represas, como por ejemplo, en la presa "Cerro de Oro", en Oaxaca se ha observado en cinco años la disminución de la especies de peces como la guavina (*Goviomorus dormitor*), el jolote (*Ictalurus meridionalis*), robalo (*Centropomus undecimalis*), roncador (*Bairdiella ronchus*), mojarra blanca de mar (*Eugerres plumieri*) y pejeperco (*Ictiobus meridionalis*) (T. Rodríguez, com. per.). En los ecosistemas marinos, el desarrollo urbano en la franja costera ha contaminado y como consecuencia ha eliminado a las poblaciones más susceptibles que habitan los arrecifes coralinos (WRI, UICN, PNUMA, 1992). Esta situación es visible hoy día en gran parte de las zonas costeras de nuestro país como en la costa del Caribe en el estado de Quintana Roo, Oaxaca, Jalisco y Guerrero.

b) Extinción y disminución de sus poblaciones

Dado que se carece de un inventario completo de las especies que habitan en el territorio mexicano es muy difícil seguir o precisar la extinción de algunas especies. Los datos más cercanos son los estimados por la CONABIO y citados por SEDESOL (1994) en donde se mencionan 38 especies de vertebrados y 11 de plantas vasculares. Sin embargo es probable que esta estimación se quede corta si se considera que Rzedowski y Rzedowski (1993) registran 69 especies desaparecidas del Valle de México, entre las que 5

especies se suponen completamente extintas y 10 más con muchas probabilidades de haber desaparecido.

Naturalmente que existen especies más susceptibles que otras a la extinción y algunas cuyas poblaciones se encuentran disminuidas a tal grado que pueden estar en el proceso de extinción pero aún desconocemos su existencia.

c) Introducción y manejo de especies mejoradas

Son muchas las causas de la erosión genética de los cultivos, en cualquiera de estos casos, la agricultura comercial tiende a incrementar la uniformidad genética y ésta, a su vez, genera la erosión genética. Las comunidades rurales (indígenas y campesinas) utilizan la biodiversidad por que la necesitan y significan para ellas opciones y oportunidades productivas (Crucible Group, 1994).

Los recursos genéticos de las plantas cultivadas no tienen una distribución uniformes, están concentrados en las regiones tropicales y subtropicales, en mayor número de especies y variedades, y son escasos en áreas muy extensas de las zonas templadas.

d) Propuesta y conclusiones

Es necesario ubicar y entender los patrones de destrucción, o sea el conjunto de factores sociales, económicos, demográficos y culturales que provocan la desaparición individual o masiva de especies. Dado en gran parte que la extinción y/o desaparición de especies vegetales y animales tiene como causa principal la destrucción del hábitat natural; es urgente que todas las políticas dirigidas a mantener la biodiversidad, cuenten con información confiable acerca de los procesos de transformación de los hábitats, sus causas, características y proyecciones. Por lo general la transformación de los hábitats naturales se provoca por el establecimiento de diversos fenómenos sociales, económicos y culturales, tales como el incremento y la expansión de núcleos humanos, diferentes formas de percibir y utilizar los recursos naturales o la expansión de la producción rural (agrícola, forestal y pesquera) y sus efectos, como incendios forestales, contaminación por agroquímicos y fragmentación de masas vegetales.

No es factible cuidar de la integridad de un conjunto tan vasto y heterogéneo como es el universo biológico de México, sin poseer su inventario detallado y sin hacer un propuesta de conservación diferencial. El cual debe incluir el conocimiento detallado de la flora; las comunidades vegetales; la autoecología de las principales especies; el germoplasma seleccionado y mejorado; los usos y propiedades de las especies (Rzedowski, 1992a).

De acuerdo con Falk (1990) la conservación no debe consistir en una sola táctica u objeto, sino en un abanico de métodos usados combinadamente. Para el caso de la alta diversidad y altos endemismos como es el caso mexicano se proponen las siguientes medidas:

- Generalizar y profundizar en los programas de ordenamiento territorial a fin de establecer áreas de conservación dentro de acciones integradas de uso del suelo.
- Cumplir lo establecido en la legislación vigente en relación a los programas de ordenamiento territorial que se deben realizar dentro del SINAP. (Véase anexo 1 y 2).
- Rescatar la propuesta de los bancos de germoplasma in situ con especies que utilizadas por el hombre y con especies potencialmente útiles.
- Incorporar al SINAP aquellas áreas que sean importancia en términos de la biodiversidad. (Véase anexo 3).
- Incorporar de manera activa a los pobladores en la administración y manejo de las áreas naturales protegidas.

IV. AGUAS CONTINENTALES EN MEXICO. CARACTERIZACION DEL RECURSO

A. DIVISION HIDROLOGICA DEL PAIS

La división hidrológica del país tiene como unidad básica de planeación a la cuenca hidrológica, ya que en ella se pueden considerar todos los efectos de las acciones efectuadas para el aprovechamiento del agua. Para efectos de análisis regional se dividió al país en 14 regiones tomando como base la división por cuencas hidrológicas, de manera que cada región se constituye por la cuenca de un río importante o por varias cuencas homogéneas de importancia secundaria.

En las regiones así definidas, el agua es el elemento integrador de los análisis, porque las distintas actividades económicas que se generan en ellas interactúan entre sí, conforme al uso que hacen del agua y de las obras construidas para su manejo.

El organismo ordenador ejecutivo para la administración y regulación del recurso a nivel nacional es la Comisión Nacional del Agua creada en 1989. Esta Comisión ha utilizado la regionalización antes descrita y que fue creada en el año de 1975, con el objeto de mantener una continuidad estadística. Para el manejo adecuado de la información estadística disponible a nivel municipal, se han asignado cada uno de los 2,840 municipios del país a la cuenca a que pertenecen; en el caso de los municipios que son cruzados por un parteaguas y en consecuencia están ubicados en dos cuencas, han sido asignados a la cuenca que más los caracterizan.

De lo anterior se tiene como resultado la regionalización que se muestra en el cuadro 13 del anexo 4.

1. Disponibilidad relativa del agua

En el contexto del Programa Nacional Hidráulico 1994, se llevó a cabo la estimación del escurrimiento superficial natural o virgen. El Nivel Central conjuntó la información nacional y la integró en las 14 regiones de planeación.

El volumen anual de agua resultó ser de 410 km³. Este escurrimiento presenta una distribución espacial muy variable. El 50% del volumen escurrido se genera en tan sólo el 20% de la superficie del país localizada en la región Sureste, mientras que el 4% del escurrimiento se genera en la parte norte del país en una superficie del orden del 30% del territorio nacional.

2. Volúmenes de aguas continentales¹

México, con una extensión cercana a los dos millones de kilómetros cuadrados que aloja a poco más de 82 millones de habitantes, recibe una precipitación pluvial promedio cercana a 777 mm, la cual se traduce en un volumen de 1640 km³ de agua. De este volumen, 27 % (alrededor de 478 km³) escurre por corrientes superficiales en las 37 regiones hidrológicas que conforman el territorio nacional. Otra parte de la lluvia se infiltra y recarga los acuíferos, cuyo volumen de renovación anual se estima en 48 km³. Los escurrimientos de los ríos, al igual que la lluvia, se distribuyen irregularmente en el territorio nacional, lo que determina escasez o abundancia con problemas por sequía o inundaciones.

El panorama es más complejo por la distribución en el territorio nacional de centros de población, polos de desarrollo industrial y áreas de infraestructura para riego. Por ejemplo, la cuarta parte de la población está asentada por encima de los 2000 msnm, en donde se dispone de 4% del escurrimiento superficial. En cambio, por debajo de los 500 msnm, con una población similar a la anterior, se cuenta con 50 % del mismo. Esta situación es aún más severa incluso si se considera la limitación del uso que se da incluso en regiones con disponibilidad de agua debido a la calidad.

Por estas características, en varias regiones del país se presentan ya problemas entre los diversos sectores que requieren el agua, puesto que todos necesitan disponer de ella en volumen y calidad adecuados para el desarrollo.

A nivel nacional, los recursos hidráulicos disponibles representan un volumen anual de aproximadamente 5 125 m³ por cada mexicano.

Aunque el balance nacional entre la oferta y la demanda del agua hay superávit, las cifras regionales demuestran un déficit considerable en casi la mitad del territorio, principalmente en los estados de Baja California, Sonora, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León y San Luis Potosí, en ese orden, así como en las entidades que comparten la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y la cuenca de Lerma - Chapala. Bajo esta perspectiva, se estima que para fines de este siglo, más de la mitad del país tendrá un volumen per cápita limitado, similar al de naciones que sufren estrés por falta de líquido.

¹ SEDESO, Informe de la situación General en Materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1993-1994.

3. Clasificación de cuencas de acuerdo al balance hidráulico

El balance nacional muestra la disponibilidad relativa de 6.5. km³ anuales a nivel nacional. Las regiones Cuencas Cerradas del Norte y Valle de México tienen balance negativo, sin embargo las regiones Baja California, Noroeste y Bravo tienen condiciones críticas o cercanas a las críticas pues presentan déficit de 23 km³ y 1,676 km³ respectivamente. (Ver cuadro 14 del anexo 4).

- Agua superficial:² Los almacenamientos naturales del país representan una capacidad de 14 km³. Adicionalmente, se han construido presas y otros vasos de almacenamiento o control con una capacidad de alrededor de 120 km³, equivalente a cerca del 30% del escurrimiento medio anual. Las corrientes superficiales representan 450 km³ .

- Agua subterránea:³ La explotación intensiva del agua subterránea en México se inicia a principio de los años 50, con la creación de grandes Distritos de Riego. Para finales de esta década, ya se presentaban los primeros problemas de sobreexplotación de acuíferos. Aunado a lo anterior el ritmo acelerado del crecimiento demográfico y económico del país produjo que se aumentara el problema de acuíferos sobreexplotados; en la actualidad, 80 de los 425 acuíferos estudiados conforman la problemática social de agotamiento de manantiales, reducción de la cámara de bombeo en los pozos, intrusión salina, agrietamiento y hundimiento de terrenos y la migración de aguas de mala calidad por la extracción de zona acuífera y conteniendo aguas más antiguas.

La sobreexplotación se presenta mayoritariamente en las zonas áridas y semiáridas del país, de cuyo almacenamiento no renovable se extraen cerca de 5 Km³/año. La sobreexplotación ha ocasionado, además de un incremento permanente de los costos de bombeo como resultado del descenso progresivo de los niveles de agua, la aparición de problemas de instrusión salina en 17 acuíferos costeros, la ocurrencia de asentamientos y agrietamientos del terreno en 9 acuíferos y la migración de aguas de mala calidad hacia las zonas sobreexplotadas. (Ver cuadro 15 del anexo 4).

B. MARCO SOCIOECONOMICO

El comportamiento del sector hidráulico y su política se han visto condicionados por los cambios que ha experimentado la estructura

² CNA, Informe 1989-1994. Panorama del agua en México, pág. 16.

³ CNA, Idem.

socioeconómica del país durante las dos últimas décadas, reflejados entre otras cosas en el incremento demográfico y de los niveles de consumo, así como en la evolución acelerada de las ramas productivas.

Uno de los cambios más importantes fue la alteración en la dinámica poblacional a partir de los años setenta, en que la política gubernamental se enfocó con mayor intensidad en la reducción de las tasas de crecimiento demográfico.

Los resultados más notorios de este proceso han sido:

a) Un descenso de la tasa anual de crecimiento de 3.4% en 1970 a una tasa de alrededor de 2% en 1990 y de acuerdo a las estimaciones que se reportan en el Plan Nacional Hidráulico, para la primera década del siglo XXI se espera una trayectoria probable de 1.2%.

b) La reducción del crecimiento de la población repercutió en un cambio de la estructura de edades, en la que se incrementó la proporción del sector económicamente activo (entre 15 y 64 años).

c) Los cambios también se dieron hacia la composición de los sectores rural y urbano debido a los procesos migratorios que experimentó el país desde los '70, en que los residentes de centros urbanos representaban el 58.7% de la población (28.3 millones de habitantes) y para 1990 se había incrementado al 71.3% (58 millones de personas). La concentración hacia los centros urbanos y la gran dispersión de las poblaciones rurales ha representado grandes problemas para la satisfacción de la demanda por un lado y la dotación del servicio por otro.

Año	Población censal (miles de hab.)	Tasa de crecimiento %
1950	25,791	
1960	34,923	
1970	48,225	3.4
1980	66,848	2.5
1990	81,250	2
2000	95,274	1.5
2010	108,688	
2015	115,379	1.5

El perfil actual de México es predominantemente urbano, ya que alrededor del 60% de su población vive en localidades de más de 15,000 habitantes. La zona metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) constituye un problema particular por su elevada concentración poblacional (en el censo de 1990 se reportan 15 millones de habitantes), como lo son también las Ciudades de Guadalajara y Monterrey; de hecho el 26% de la población se asienta en estas tres ciudades.

En el marco de la crisis económica que vivió el país durante la década de los ochenta, se marca un período para el sector hidráulico nacional caracterizado por la reducción drástica de sus programas de inversión y el gasto corriente que provocaron atrasos en los trabajos de conservación y mantenimiento de la infraestructura hidráulica así como la postergación de los programas de ampliación de la misma.

C. DEMANDA NACIONAL DE AGUA

El volumen disponible como recurso renovable se estima en 1,640 Km³ de agua, del cual se extraen anualmente a nivel nacional 185 Km³ de aguas tanto superficiales como subterráneas para diversos usos. Esto representa 43% del volumen total anual.⁴

Entre los usos a los que se destina el recurso hidráulico están el doméstico, el agrícola, energético, industrial, conservación y desarrollo de flora y fauna acuáticas, recreación y navegación.

El porcentaje de la demanda de agua por actividad es de 61% para generación de energía hidroeléctrica, 30% se emplea para riego, 5% para la industria y 4% para uso urbano que incluye el suministro de agua potable.

El consumo o cantidad de agua que no retorna a las corrientes una vez utilizada es de 53 km³ anuales, de los cuales el 88% corresponde al sector agrícola, 7% al industrial y 5% a las poblaciones. En el caso de la generación de energía hidroeléctrica no hay propiamente consumo de agua, pero el aprovechamiento de su energía potencial, implica la modificación del régimen de los ríos.

a) Uso doméstico

Conforme a la legislación actual, el doméstico tiene preferencia por sobre las otras clases de usos y su abastecimiento

De acuerdo a los datos que reporta el sistema de información de Agua Potable y Alcantarillado, en el Plan Nacional Hidráulico 1994 se infiere que el caudal suministrado por habitante por día equivale a una dotación de 270 litros.

Del caudal total que se extrae para suministro aproximadamente el 60% proviene de fuentes subterráneas y el 40% de aguas superficiales.

⁴ CNA, Programa Nacional Hidráulico, 1994.

El volumen total que se extrae para uso urbano, 49% corresponde a las tres principales áreas metropolitanas, a algunas ciudades medias y a ciudades de la frontera norte. Las regiones en las que se tienen registros más altos de extracción de agua para uso potable se indican en el cuadro 16 del anexo 4.

Los volúmenes totales reportados para 1994 de extracción total a nivel nacional son de 8,662.74 millones de m³ de los cuales 3,326.38 corresponden a fuentes superficiales y 5,326.38 a subterráneas. Del volumen de descarga estimado, se reporta que aproximadamente el 41% recibe algún tipo de tratamiento (véase cuadro 16).

b) Uso industrial

La cantidad de agua utilizada en la mayor parte de las industrias primarias y secundarias es considerable en procesos de elaboración, transformación y en algunos casos para enfriamiento.

Se estima que en 1980 se ocupó un volumen anual de 4,600 millones de m³. Para 1990 y 2000 se estimaron 9,500 y 22,700 millones de m³ respectivamente, estos datos se obtuvieron por medio de proyecciones del crecimiento de la demanda de productos y el volumen requerido para no declinar la tasa de desarrollo general.

La extracción de agua para usos industriales es reportada en el PNH 94 como una estimación a partir de datos disponibles de 1990, en la que alrededor de 7,121 establecimientos empleaban un volumen anual de 6.7 Km³. De éste descargaban 4.7 Km³ por año, de los cuales sólo el 8% recibía tratamiento antes de su descarga. A partir de esta información se proyectó que para 1994, la demanda total se incrementaba a 7.4 Km³ por año con una descarga de 5.7 Km³.

Del total de establecimientos industriales se calcula que 958 de estos, aportan el 90% del caudal total vertido a cuerpos de agua nacionales.

Los giros industriales que consumen más agua son en orden de importancia: azúcar, producción química, celulosa y papel, petróleo, bebidas, textil, siderúrgica y alimentaria.

La mayor concentración de establecimientos se tiene registrada para las zonas Golfo y Sureste (PNH 94), aunque los mayores volúmenes de extracción para uso industrial se localizan en la ZMCM, en la cuenca del río Lerma y en el noroeste del país.

c) Uso agrícola

Las tierras agrícolas de riego han representado alrededor del 30% de la superficie que se cosecha anualmente. Para 1993, la superficie irrigada fue de más de 6 millones de hectáreas, de las cuales el 60% (3.3 millones de hectáreas), corresponden a 80

distritos de riego (DR) y el 40% (2.8 millones de has.) correspondientes a pequeñas unidades de riego (UR) y aprovechamientos particulares.

Hasta 1994 se reporta la construcción de infraestructura hidroagrícola para el riego del total de dicha superficie, con lo que actualmente México ocupa el séptimo lugar entre los países que cuentan con infraestructura de riego.

El 55% de la producción nacional y el 70% de las exportaciones agrícolas se generan en las tierras de riego, las cinco regiones de planeación con mayor consumo de agua para irrigación se concentran en el norte y noroeste del país así como en el Bajío.

Los volúmenes de agua empleados para riego durante 1994, fueron estimados por CONAGUA en base a los utilizados en 1992, esto es 47,483 millones de m³. (Véase cuadro 17 del anexo 4).

El agua destinada para riego a nivel nacional, proviene principalmente de fuentes de agua superficial (aprox. 67%) y el 32% restante de acuíferos subterráneos, a diferencia de la procedencia del agua potable que es extraída en mayor porcentaje de estos últimos.

Uno de los problemas que ha enfrentado la agricultura de riego, es la mayor competencia por el agua y situaciones de escases y contaminación, agravadas por el uso ineficiente del recurso. Las presiones más fuertes en este sentido se han presentado en las regiones áridas y semiáridas, donde se ubica la mayor parte de las superficies bajo riego.

d) Energía eléctrica

Una de las principales actividades desde el punto de vista de demanda de agua, es la generación de energía hidroeléctrica, (utiliza tres veces más agua que las centrales termoeléctricas), no se conoce el volumen de agua empleada para este fin porque el agua utilizada solo es de paso.

La capacidad instalada en México es de 4,175 millones de kw y la energía asciende a 14,717 millones de kw/h anuales, que se obtiene a razón de 8 637 millones en plantas hidroeléctricas, 5,700 en termoeléctricas, 377 en plantas de combustión interna y 3 en plantas geotérmicas.

Aproximadamente el 20% de la energía hidroeléctrica se genera en las plantas instaladas en presas destinadas a diversos propósitos, especialmente riego y control de avenidas. La mayoría de las hidroeléctricas se encuentra ubicada en el sureste. (Véase cuadro 18 del anexo 4).

d) Otros

-Acuacultura. Se estima la existencia de un potencial importante para desarrollo de la acuacultura considerando la existencia de 1.3 millones de has. de aguas embalsadas continentales, 1.6 millones de hectáreas de aguas costeras protegidas y 0.7 millones de has. de terrenos con vocación acuícola.

-Navegación. Se considera que varios embalses son apropiados para la navegación turística y hay muchos tramos de ríos que resultan navegables la mayor parte del año, lo que es aprovechado principalmente por la población local.

D. CARACTERIZACION DEL DETERIORO RELACIONADO A LAS AGUAS CONTINENTALES EN MEXICO

1. Factores que inciden en el deterioro

a) Contaminación: Los principales tipos de escurrimientos que aportan contaminantes a los cuerpos de agua receptores del país, pueden agruparse así:

- descargas de alcantarillados que aportan una mezcla de efluentes sanitarios domésticos, descargas de industrias, comercios y otros servicios conectados a las redes municipales;
- descargas industriales directas a los cuerpos de agua nacionales;
- escurrimientos provenientes de actividades pecuarias.
- drenes agrícolas;
- descargas no puntuales ocasionadas por escurrimientos pluviales que arrastran contaminantes de zonas agrícolas y mineras.

De los 250 m³/s de agua con que se abastece a las zonas urbanas del país, el 69% (172 m³/s) regresa a cuerpos de agua a través de las redes municipales, la carga orgánica que esto representa equivale a 1.1 millones de toneladas de DBO al año.

El 40% de esta aportación (440 000 toneladas), proviene de las ciudades de México, Guadalajara y Monterrey, en tanto que alrededor de 80 ciudades medias aportan un 30%.

El sector industrial genera 150 m³/s de agua residual que contienen alrededor de 3.7 millones de toneladas de DBO/año. El 61% de este volumen es descargado directamente a diversos cuerpos de agua, las descargas industriales que no pasan por redes municipales

equivalen a un gasto medio de 77 m³/seg con una carga de 4,900 ton/día⁵.

El sector agrícola es el que genera el mayor volumen de descargas a cuerpos de agua (46%), aportando principalmente residuos agroquímicos y restos de suelos producto de la erosión.

Los ríos de la mayor parte de las cuencas del país reciben en muchos casos efluentes directos sin ningún tratamiento. Para 1974 la SARH reportaba 11 cuencas altamente contaminadas que incluían una carga de DBO mayor a las 10 000 toneladas por año cada una. Desde entonces, para la cuenca del río Pánuco se estimaba que tenía el 46% de toda la carga orgánica de las cuencas más altamente contaminadas. En todos los ríos donde hay asentamientos humanos, actividad agrícola-ganadera e industrial, muestran algún grado de contaminación. La cuencas con registros más altos de DBO (en miles de toneladas-año) a 1988 son las siguientes:

Pánuco	590.1
Lerma-Santiago	319.9
San Juan	135.5
Balsas	120.4
Blanco	116.5
Papaloapan	113.2

Los datos que hay sobre los volúmenes de DBO de 1974 hasta 1988 muestran un incremento progresivo relacionado principalmente al incremento poblacional e industrial. Los valores más altos se localizan en las provincias ecológicas del centro, este y sureste del país, aunque la distribución de las más afectadas es más bien dispersa y corresponde con los polos de mayor crecimiento de la población así como con las regiones agrícolas de riego y de mayor actividad industrial. (Véase cuadro 19 del anexo 4 y Fig. 1).

Parte de la problemática que se genera en las regiones agrícolas comerciales tiene que ver por un lado con el uso intensivo de agroquímicos que pueden afectar los mantos freáticos por infiltración y por otra parte porque los escurrimientos de estas zonas y de algunas ciudades no son fijos, lo que dificulta la posibilidad de control de sus descargas hacia el cauce de los ríos. Uno de los casos en donde se detectan intensidades de contaminación muy alta por este motivo, se encuentra en la región del Valle de Culiacán y del Fuerte en Sinaloa en donde la agricultura es muy tecnificada.

De acuerdo a las estimaciones de Miranda-Fuentes (1990), más de 10 000 km de tramos de ríos presentan los problemas por contaminación orgánica más fuertes, en el caso de los embalses la

⁵ Espino, E., Comisión Especial para atender la contaminación del Agua, Senado de la República, 1995.

mayoría tienen altos niveles de eutroficación. Las 124 zonas estuarino-lagunares del país reciben gran cantidad de elementos tóxicos y desechos y en los puertos, prácticamente no se han implementado medidas para disminuir la contaminación de sus aguas. En 1979 Coatzacoalcos ya era el puerto más contaminado del país con 34 000 toneladas de DBO por año reportados por Cano-Vicario, 1979.

Las provincias con mayor cobertura de cuencas con contaminación alta en aguas superficiales se localizan más hacia el oeste, centro y sureste del territorio nacional.

La erosión es otro de los grandes problemas ambientales que repercute directamente sobre la calidad y comportamiento del recurso hídrico ya que afecta las áreas de escurrimiento de agua provocando azolvamientos e incrementando la cantidad de sólidos disueltos y suspendidos en el agua, así como los riesgos de inundación de las partes bajas; la pérdida o disminución de la cubierta vegetal disminuye la cantidad y calidad de agua que aportan las cuencas debido a la modificación que provoca sobre el ciclo hidrológico y por que se reduce la capacidad de recarga de los acuíferos.

b) Malezas

La infestación de cuerpos de agua por malezas acuáticas es un efecto de la eutroficación de los mismos y que a su vez tiende a agudizar el deterioro que presentan. Se estima que en México existe una superficie infestada por maleza de 62,000 has. correspondientes a presas, lagos, canales de riego y drenes.

Para el control de este tipo de problema, se han empleado la mayoría de los métodos desde la cosecha manual o mecanizada hasta la trituración, empleo de herbicidas y algunos agentes biológicos.

El lirio acuático (*Eichoenia crassipes*) tiene una cobertura estimada de 40,000 has. en 1994 se lograron controlar 2,100 has., le siguen en importancia la cola de caballo con 30%; el tule con 4 %; y la hidrila, lechuga y lenteja con 2%.

E. ACCIONES GUBERNAMENTALES PARA FRENAR EL DETERIORO DE LAS AGUAS CONTINENTALES

Haciendo un análisis muy general de los indicadores del deterioro del agua como son contaminación, azolvamiento, modificaciones al balance hidrológico de las cuencas, salinización, desecación de mantos freáticos, etc., es evidente que son un reflejo de pautas de comportamiento humano, del tipo de patrones de producción y consumo y la aplicación de políticas más orientadas a la maximización del crecimiento económico en el corto plazo que no consideran la

búsqueda de un equilibrio entre los límites naturales y la presión humana que se ejerce sobre los ecosistemas.

A pesar de las acciones que se han realizado para combatir el problema ambiental, en las cinco cuencas hidrológicas más contaminadas el Índice de la Calidad del Agua cayó 5.3% en sólo dos años (entre 1989 y 1991).⁶

Una de las medidas gubernamentales para hacer frente a la problemática generada por el aprovechamiento del agua, tiene que ver con la actualización del marco jurídico y de la política hidráulica. En diciembre de 1992 se pone en vigor la Ley de Aguas Nacionales (LAN), cuyos objetivos van más allá de la prevención y control de la contaminación del recurso, pues busca también su manejo adecuado dentro de una política de desarrollo sustentable. (El Reglamento de la Ley fue expedido por el Ejecutivo Federal el 12 de enero de 1994).

Los objetivos básicos de la política hidráulica del país se centran en tres puntos: el desarrollo de infraestructura hidráulica para atender rezagos y nuevas demandas; inducir el uso eficiente del agua incluyendo su reúso, recirculación y preservación de calidad; restaurar y mejorar la calidad de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos del país, así como asegurar la calidad del agua para suministro a la población.

En términos de las acciones concretas que se han realizado o programado cabe mencionar de manera muy resumida algunas de éstas:

a) Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales

A fines de 1994 se estimó la capacidad de tratamiento de este tipo de aguas en 21 m³/seg, es decir, 13% de lo generado⁷. Este caudal se trató en más de 500 plantas de servicio con capacidad nominal de 28 m³/seg. Existen además 150 plantas de tratamiento, principalmente lagunas de estabilización con una capacidad nominal de 7 m³/seg. que se encuentran fuera de servicio y de las cuales aproximadamente el 50% es recuperable.

A raíz de la nueva legislación ambiental durante el sexenio pasado se promovió un programa de construcción de plantas de tratamiento, pero por la situación económica actual se quedaron 50 plantas en construcción y 75 en proyecto. E. Espino de la O., en ponencia presentada en mayo de 1995 ante la Comisión de Ecología y Medio Ambiente del Senado, estima que aun cuando éstas se

⁶ SEDESOL-INE, "Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993-1994".

⁷ Espino, E., Senado de la República, 1995.

concluyeran en los próximos dos años, la capacidad de tratamiento se incrementaría en 50 m³/seg (29% de lo generado).

Se estima que en México el 40% del sistema de agua potable necesita rehabilitación al igual que el 70% de los sistemas para uso rural. Según datos de la OCDE de 1992, sólo funcionaban correctamente un tercio de las 265 plantas de tratamiento de aguas residuales que había.

b) Red de monitoreo de la calidad del agua

La operación de la red nacional de monitoreo se empezó a operar en 1974 con 239 estaciones, actualmente cuenta con 793 (569 para aguas superficiales y 224 para subterráneas). La red forma parte del Programa Mundial de Monitoreo de Calidad del Agua dependiente del PNUMA.

V. CONCLUSIONES

La discusión acerca de los procesos socioeconómicos que impulsan hacia el deterioro ambiental, debe iniciarse con la desforestación. El cambio de uso del suelo hacia agrícola y pecuario, es sin duda, el factor directo más importante de la pérdida de cubierta vegetal natural, aunque el mal aprovechamiento forestal, y el crecimiento urbano y en general de infraestructura, entre otros factores, provocan también una buena parte de la pérdida forestal.

Es claro que el crecimiento demográfico es un factor de presión sobre la naturaleza, al demandar mayores cantidades de bienes y servicios. Sin embargo, el aumento poblacional solo demanda mayores flujos energéticos y materiales, los que pueden ser incrementados en la medida en la que se haga un uso adecuado de los recursos. Aunque la tasa de crecimiento demográfico mantiene una tendencia a disminuir, nuestro crecimiento es aún intenso y la sociedad mexicana es una sociedad joven con cerca de la mitad de la población menores de 18 años. Por ello en el corto y mediano plazos la tendencia demográfica variará poco por lo que se debe considerar como un proceso de crecimiento constante.

Pero la relación entre el crecimiento de la población en las últimas décadas y el cambio de uso del suelo no es una relación lineal ni directa, sino que se encuentra mediada por otros factores. La predominancia de patrones extensivos de uso de recursos, es sin duda un factor que provoca que el crecimiento demográfico impacte las zonas forestales. Las dos formas de manejo extensivo de los recursos más importantes en su papel desforestador, son la ganadería extensiva y la agricultura campesina maicera.

Como ha sido documentado ampliamente, el proceso de crecimiento vertiginoso de la ganadería, especialmente en el trópico húmedo, ha sido la principal causa de la desastrosa destrucción de las selvas (citas), que han sido sustituidas por pastizales ineficientes ecológicamente, pero muy rentables económicamente. El proceso de ganaderización extensiva fue impulsado con créditos internacionales, y el régimen de propiedad ganadera, que fue dejado intacto en la reforma reciente al art. 27 constitucional, permite y fomenta el crecimiento horizontal de la actividad pecuaria.

Por su parte, aunque con menor intensidad, la economía del cultivo de maíz de temporal en las regiones campesinas, también contribuye a los procesos de desplazamiento de la vegetación, ya que a la par de mantener una tasa de crecimiento poblacional todavía significativa, padece también estancamiento tecnológico y la desestabilización de los sistemas tradicionales de producción agrícola. La crisis en la que ha vivido en los últimos años la economía maicera ha sido un importante factor que ha impedido su modernización tecnológica. Sin apoyo eficaz por parte de las instituciones, más interesadas en los cultivos comerciales y especializados, la expansión horizontal de la agricultura maicera ha tenido otro grave efecto ambiental, relacionado con la erosión de los suelos, ya que las regiones maiceras coinciden con los terrenos con mayor riesgo a la erosión, que son las inclinadas laderas de las montañas de las zonas subhúmedas y el cultivo de este cereal de escarpa favorece especialmente la remoción del suelo.

La deforestación a su vez provoca el deterioro del suelo, lo que por su parte limita fuertemente las posibilidades de regeneración de la vegetación natural. La disminución de zonas naturales impacta también a la biodiversidad que ve en el deterioro de su hábitat una de las causas más importantes de su afectación. Finalmente el deterioro de la vegetación y el suelo, provocan también desequilibrios sobre los escurrimientos y sobre la dinámica hídrica así como azolves en las presas.

La biodiversidad también se ve afectada por la sobreexplotación de ciertas especies en forma de caza, o aprochamiento forestal intenso. Asimismo, la contaminación de los cuerpos de agua también son un factor que influye en la pérdida genética.

En caso del agua, los dos más graves procesos de deterioro, la contaminación y el agotamiento, tienen que ver con cuatro factores directos: el desarrollo urbano; el crecimiento de industrias sin sistemas de tratamiento ni tecnologías limpias; el uso agrícola intensivo y especializado y la ganadería intensiva con fuertes descargas orgánicas. En todos estos casos se trata de actividades de gran dinamismo económico, en las que se debe buscar la forma de incluir con más efectividad los aspectos ambientales.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Ballin Cortés, J.R., 1990, Estudio preliminar de la desertificación en el límite sur del desierto chihuahuense, Vol. XII. No.2, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. pp. 133-160.
- Batiz, A.I. y J. Carabias, 1992, "Los problemas ambientales del desarrollo en México", en Ecología y Educación, Centro de Estudios sobre la Universidad, México. pp. 129-166.
- Bye, R., 1993, "The role of human in the diversification of plants in Mexico", en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds), Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution, Oxford University Press, Inc., pp. 707-732.
- Carabias, J. y L. Arizpe, 1993, "El deterioro ambiental: Cambios nacionales y globales" en Azuela, A. et al., Desarrollo sustentable. Hacia una política ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 43-59.
- Carabias, J., V. Arriaga y V. Cervantes, 1994, "Los recursos naturales de México y el desarrollo" en Pascual, P. y J. Woldenberg (Coord.) Desarrollo, desigualdad y medio ambiente, Ed. Cal y Arena. México. pp. 303-345.
- Castellanos, A., 1993, Antecedentes y criterios ecológicos de la desertificación, México, mimeo, 11 pp.
- Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1993, Plan de Acción Nacional para Combatir la Desertificación en México. Secretaría de Desarrollo Social, México, pp. 160.
- Crucible Group, 1994, Gente, plantas y patentes, Editorial Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, Ottawa, Canadá. 106 pag.
- Fa, J., 1989, "Conservation-motivated analysis of mammalian biogeography in the Trans-Mexican Neovolcanic", *Belt. Nat. Geogr. Res* 5(3): 296-316.
- Fa, J. y L. Morales, 1993, "Patterns of mammalian diversity of Mexico" en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds),

Biological diversity of Mexico. Origins and distribution.
Oxford University Press, Inc.

- Falk, D.A., 1990, "The theory of integrated conservation strategies for biological diversity", Ecosystem management: rare species and significant habitats, Bull. No. 471. New York State Museum.
- FAO, 1992, "Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492", Ed. J.E. Hernández Bermejo y J. León. Colección FAO Producción y protección vegetal, Número 26, 339 pag.
- Flores-V., O., 1993, "Herpetofauna of Mexico: Distribution and endemism" en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds), Biological diversity of Mexico. Origins and distribution, Oxford University Press, Inc.
- Flores-V, O. y P. Gerez, 1989, "Conservación en México: Síntesis sobre vertebrados terrestres, vegetación y uso del suelo", INIREB-Conservation International.
- Flores-V., O. y P. Gerez, 1994, "Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo", Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México, Ediciones técnico científicas, México, 439 pag.
- Gaceta Ecológica, 1989, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología.
1:1
- Gentry, A., 1992, "El significado de la biodiversidad". Memorias I Seminario Internacional Biodiversidad, 28-29 de Octubre, Xalapa, Veracruz.
- Gómez-Pompa, A., R. Dirzo, 1994, "Proyecto sobre áreas naturales protegidas", Estudio del subsector forestal en México. Segundo Informe presentado al Banco Mundial, mimeografiado.
- González, L., 1991, "El papel del IBPGR en la conservación y utilización de recursos fitogenéticos" en Ortega, G. Palomino, F. Castillo, V. González y M. Livera (eds), Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México, SOMEFI. Chapingo, México. pp. 411-415.
- Guevara, S., J. Meave, P. Moreno-Casasola y J. Laborde, 1992, "Floristic composition and structure under isolated tree in neotropical pastures", Journal of Vegetation Sciences. 3: 655-664.
- Delgadillo, C., 1993. "Diversity in the mexican bryoflora" en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds), Biological diversity of Mexico. Origins and distribution, Oxford University Press, Inc.

- Estrada, A., 1992, "Las selvas de los Tuxtlas: ¿Islas de extinción o de conservación de la flora y fauna en Veracruz?", 59-68 pp. Boege, E. y H. Rodríguez (eds), Desarrollo y medio ambiente en Veracruz, CIESAS-Golfo. Instituto de Ecología y Fundación Ebert. México. 303 pag.
- Estrada, B.W.J. y Ortiz S.M.L.M., 1992, "La desertificación en México", Universidad Autónoma de Chapingo, México. 4 pp.
- Estrada, B.W.J. y C. Ortiz S., 1982, "Plano de erosión hídrica del suelo en México", Revista de Geografía Agrícola No.3, Universidad Autónoma de Chapingo, México. pp. 23-28.
- Estrada, B.W. J., 1991, "Diagnóstico y perspectivas sobre el suelo en México", Seminario: Transformaciones del agro mexicano en los noventa, Universidad Autónoma de Chapingo, Departamento de Suelos, México.
- FAO, 1980, Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos, UNESCO/PNUMA, Roma, Italia. 86 pp.
- FAO, 1954, "Estudio de la erosión del suelo en América Latina" en "Journal of soil and water conservation", Sobretiros de julio, septiembre y noviembre. Roma, Italia.
- Fuente de la J., M. González, M.L. Jiménez y E. Mascorro, 1992, "La ganadería nacional, nueva encrucijada en su desarrollo. Crisis, modernización y TLC" en Encinas, A., J. Fuente de la y H. Mackinlay (Coord.) La disputa por los mercados. TLC y sector agropecuario. Territorios, Ed. Diana. México. pp. 221-283.
- García, R. y Cols., 1988, Modernización en el Agro: ¿Ventajas comparativas para quién?, UAM-X, UNRISD, COLMEX. 225 pp.
- García, B., "Tiempo y espacio en México: las últimas décadas del siglo XX" en Blanco, J.J. y J. Woldenberg (Eds.), México al final del milenio, Fondo de Cultura Económica, México. En prensa.
- García R. y Cols., 1988, Deterioro ambiental y pobreza en la abundancia productiva, IFIAS. México. 140 pp.
- González-Pacheco, C., 1992, "Los Bosques y selvas de México, sus habitantes y las empresas forestales" en González-Pacheco, C. (Comp.), El sector agropecuario mexicano frente al Tratado de Libre Comercio, Juan Pablos. IIE-UNAM.
- Hernández, X. E. y M. Zarate, 1991, "Agricultura tradicional y conservación de recursos genéticos in situ, pp 7-28, en Ortega, G. Palomino, F. Castillo, V. González y M. Livera

(eds), Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México, SOMEFI. Chapingo, México.

- Halffter, G. y E. Ezcurra, 1992, "¿Qué es la biodiversidad?", pp. 3-24, en G. Halffter (compilador), La Diversidad Biológica en Iberoamérica 1, Instituto de Ecología. Jalapa, México.
- Inigo-Elias, E., 1992, "Ecological correlates of forest fragmentation and tropical forest bird communities in the selva Lacandona Region of Chiapas, México", Symposium Forest Remnants in the Tropical Landscape: Benefits and Policy Implications. Smithsonian migrations Bird center. Washington. Sept. 10-11 de 1992.
- INEGI, 1987, Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos 1987, SPP-INEGI.
- INEGI, 1992, Censo Agropecuario 1990 (preliminar). Instituto Nacional de Geografía e Informática.
- Instituto Nacional de Ecología, 1993, "Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1991-1992, Secretaría de Desarrollo Social, México, 379 pp.
- Lot, A., 1971, "Los pastos marinos de los Arrecifes de Veracruz", An. Inst. Biol. UNAM 42. Serie Botánica 1:1-44.
- Lot, A., 1985, Listados florísticos de México. III La Estación Biológica de Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, México. 46 pp.
- Meave del Castillo, J., 1983, "Estructura y composición de la selva alta perennifolia de Bonampak", Chiapas, Instituto Nacional de Antropología e Historia. Colección Científica. Serie Arqueológica. México. 147 pag.
- Mc Donald, J., 1993, "Phytogeography and history of the alpine-subalpine flora of Northeastern Mexico", pp. 681- 703, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds), Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution, Oxford University Press, Inc.
- Miranda, F. y E. Hernández, X., 1963, "Los tipos de vegetación de México y su clasificación", Boletín de la Sociedad Botánica de México, 28: 29-179.
- Mittermeir, R., 1988, "Primate diversity and the tropical forest case studies from Brazil and Madagascar and the importance of the megadiversity countries" en E.O. Wilson (ed), Biodiversity, Washington DC, National Academy Press, pp. 145-154.

- Ortiz, R., 1992, "Modelos de extinción y fragmentación de hábitat", La biodiversidad biológica en Iberoamerica 1, Instituto de Ecología, Jalapa, México, pp. 25-38.
- Masera, O.R., M.J. Ordoñez y R. Dirzo, 1992, "Carbon emissions from deforestation in Mexico: current situation and long-term scenarios" en Makundi, W. and J. Sathaye (Eds.) Carbon emissions and sequestration in forest: case studies from seven developing Countries: Summary. Lawrence Berkeley Laboratory Report No. LBS-32665, Universidad de California, Berkeley, California, agosto 1992. 1-26 pp.
- Ortiz, S. M. de la Luz, Anaya, G.M. y J. Estrada Berg, 1994, "Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra", Colegio de Posgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo y Comisión Nacional de Zonas Áridas, México, pp. 155.
- Ortiz, S. M. de la Luz y J. Estrada Berg, 1993, Evaluación y Cartografía de Erosión Eólica en la República Mexicana, Centro de Edafología, Colegio de Posgraduados, Montecillos, Colegio de Posgraduados, México. pp. 27.
- PNUMA-AECI-MOPU, 1990, Desarrollo y medio ambiente en América Latina y el Caribe. Una visión evolutiva.
- Ramírez-Pulido, J. y C. Müdespacher, 1987, "Estado actual y perspectivas del conocimiento de los mamíferos de México", Ciencia 38: 49-67.
- Rello, F., 1986, El campo en la encrucijada nacional, Secretaría de Educación Pública. México. 179 pp.
- Rutsch, M., 1984, La ganadería capitalista en México, Editorial Línea, Centro de Investigación para la Integración Social. 247 pp.
- Rzedowki, J., 1978, Vegetación de México, Limusa, pp. 432.
- Rzedowski, J., 1992a, "Diversidad y origen de la flora fanerogámica de México:", pp. 313- 359 en G. Halffter (compilador) La diversidad biológica en Iberoamérica 1, Instituto de Ecología, Jalapa, México.
- Rzedowski, J., 1993, "Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico" en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, J. Fa (eds), Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution, Oxford University Press, Inc.
- Rzedowski, J. y G.C. de Rzedowski, 1993, "Datos sobre la dinámica de la flora fanerogámica del Valle de México, con énfasis en especies nativas raras, en peligro de extinción y

- aparentemente extintas", Acta Botánica Mexicana (1993) 25:81-108.
- SARH, 1994, Inventario Nacional Forestal Periódico, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos-Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre, México, 81 pag.
- Rzedowski, J., 1978, Vegetación de México, Ciudad de México, Limusa, 432 pag.
- Rzedowski, J., 1992, "Diversidad del universo vegetal: perspectivas de un conocimiento sólido", pp 251-258, en J. Sarukhán y R. Dirzo (compiladores), "Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad", México, D.F.
- SARH. 1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión 1991-1992 (Preliminar), Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México.
- Sarukhán, J., 1990, Prólogo: Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México, Sociedad Mexicana de Fitogenética, SOMEFI, Chapingo, México.
- SEDESOL, 1994, Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente 1993- 1994, Secretaría de Ecología y Desarrollo - Instituto Nacional de Ecología, México D.F., pp. 89-108.
- Souza, M. y A. Delgado, 1988, "Fitogeografía de las leguminosas de México. Su estructura y posibles orígenes", Simposio Diversidad Biológica de México, 3-7 de Octubre, 1988, Oaxtepec, Morelos.
- Styles, B., 1993, "Genus pinus: A mexican purview", en T.P. Ramamoorthy; R. Bye; A. Lot; J. Fa (eds), Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution, Oxford University Press, Inc.
- Toledo y Ordoñez, V.M., 1988, "La diversidad biológica de México", Ciencia y Desarrollo, 81:17-30.
- Toledo y Ordoñez, V.M. y Ma. Ordoñez, 1993, "The biodiversity scenario of Mexico: A review of terrestrial habitats" en T.P. Ramamoorthy (ed), Biological Diversity of Mexico. Origins and Distribution, Oxford University Press, Inc.
- Tudela, F., 1989, "La modernización forzada del trópico: el caso de tabasco. Proyecto Integrado del Trópico", F. Tudela (coord.), Federación Internacional del Instituto de Estudios Avanzados, Instituto de Investigaciones de la Naciones Unidas para el Desarrollo Social, Centro de Investigaciones de Estudios Avanzados, Colegio de México. México, D.F.

- Williams-Linera, G., G. Halffter y E. Ezcurra, 1992, "El estado de la diversidad en México", 285- 312 pp. en G. Halffter (compilador), La Diversidad Biológica en Iberoamérica 1, Instituto de Ecología, Jalapa, México.
- Wood, P., "Community forest reserves in Mexico", en Symposium Forest Remnants in the Tropical Landscape: Benefits and Policy Implications, Smithsonian Migrations Bird Center, Washington, Septiembre 10-11 de 1992.
- Soto Mora, C., Fuentes, L., Coll-Hurtado, 1992, Geografía agraria de México, Universidad Autónoma de México, pp 273.
- Soto Izquierdo, E., A. de Haro, U.F. Guajardo y J. Ruíz, 1983, "Panorama de la ganadería mexicana", Centro Nacional de Investigaciones Agrarias, México, 357 pp.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco, 1989, La producción rural en México: alternativas ecológicas, Fundación Universo Veitiano, México, pp. 402.
- Toledo, V., J. Carabias, C. Mapes, y C. Toledo. Ecología y autosuficiencia alimentaria, Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. México, 118 pp.
- Trocoli, M.A., M. de la L. Ortiz S., R. Rodarte G. y S. Meneses F., 1989, "El crecimiento urbano e industrial sobre el suelo agrícola en el valle de Puebla", CEDERU-CEDAF, Colegio de Posgraduados, Montecillos, México, 125 pp.
- UNAM-Instituto de Geografía, 1990, Atlas Nacional de México, Vol. II, UNAM, México.
- Wellhausen, E., 1977, "La agricultura en México", Ciencia y Desarrollo, 2(13), México.
- WRI, UICN, PNUMA, 1992, "Estrategia global para la biodiversidad. Pautas de Acción para salvar, estudiar y usar en forma sostenible y equitativa la riqueza biótica de la tierra", Documento del Instituto de Recursos Mundiales, Unión Mundial para la Naturaleza, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 243 pag.

ANEXOS

Anexo 1. Descripción de cada una de las áreas de manejo existentes en México y objetivos de conservación para cada una de ellas.

Categoría de Manejo	Objetivos	No. de áreas
Reservas de la Biósfera	Conservar áreas representativas biogeográficas relevantes a nivel nacional, de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del hombre y al menos, una zona no alterada, en que habiten especies consideradas endémicas, amenazadas o en peligro de extinción; y cuya superficie sea mayor a 10,000 ha.	16
Reservas Especiales de la Biosfera	Conservar zonas representativas de uno o más ecosistemas no alterados significativamente por la acción del hombre, que habiten especies que se consideren endémicas, amenazadas o en peligro de extinción, cuando su menor superficie o representación de ecosistemas no las haga candidatas a ser Reservas de la Biosfera.	13
Parques Nacionales	Conservar áreas de representación biogeográfica a nivel nacional, de uno o más ecosistemas que signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo o de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna de importancia nacional y por su actitud para el desarrollo del turismo. Pueden ser constituidos conforme a la ley del Equilibrio Ecológico y la Ley Forestal	44
Monumento Natural	Conservar áreas que contengan uno o varios elementos naturales de importancia nacional, consistente en lugares y objetos naturales que por su carácter único o excepcional, interés estético, valor histórico o científico, se resuelva incorporar a un régimen de protección absoluta. Se establezcan de acuerdo a la Ley del Equilibrio Ecológico y la Ley Forestal.	3
Parque Marino Nacional	Conservar zonas marinas, playas y áreas federales marítimas-terrestres contiguas. Sólo se permitirán actividades relacionadas con la preservación de los sistemas acuáticos y sus elementos, investigación, recreación y educación ecológica, así como el aprovechamiento racional de sus recursos, bajo normas específicas de la Ley del Equilibrio Ecológico y de otras aplicables como la Ley Federal de Pesca, la Ley Federal del mar y otras internacionales.	2
Área de Protección de Recursos Naturales	Conservar aquellas zonas destinadas a la preservación y restauración de zonas forestales y a la conservación de suelo y agua. Contiene 5 categorías de manejo establecidas en la Ley Forestal, Ley Federal de Aguas y otras aplicables.	
Área de Protección de Flora y Fauna Silvestres y Acuáticas	Conservar zonas que contienen los hábitats de cuyo equilibrio y preservación dependen la existencia, transformación y desarrollo de las especies de flora y fauna silvestres y acuáticas. Sólo podrá permitirse actividades de preservación, repoblación, propagación, aclimatación, refugio e investigación de las especies, así como la educación y la difusión.	4
Parque Urbano	Conservar áreas de uso público, en los estados, municipios y centros de población, con ecosistemas naturales, artificiales o elementos de la naturaleza dedicados a preservar un ambiente sano para el esparcimiento de la población y a proteger valores artísticos, históricos y de belleza natural de significación a nivel regional o local.	
Zonas Sujetas a Conservación Ecológica	Conservar aquellas áreas circundantes a los asentamientos humanos, en los estados y municipios en las que existen uno o más ecosistemas en buen estado de conservación, destinadas a preservar los elementos naturales indispensables al equilibrio ecológico y bienestar general.	

Fuente: Flores-V y Gerez, 1994 y SEDESOL, 1994.

Anexo 2. Categorías de Áreas Naturales Protegidas por la SARH

Categoría	No. de áreas
Parques Nacionales	56
Reservas Forestales	6
Reservas Forestales Nacionales	10
Zonas Protectoras Forestales	58
Zonas de Restauración y propagación Forestal	5
Zonas de Protección relacionadas con cuerpos de agua	139

Fuente: SARH, 1994.

Anexo 3. Áreas propuesta a ser consideradas dentro del sistema nacional de áreas protegidas por sus características biológicas particulares (de acuerdo a Williams-Linera et al., 1993)

1. Áreas de alta diversidad: como por ejemplo para los bosques templados subhúmedos y los arrecifes coralinos de Quintana Roo.

2. Áreas de alto endemismo: por ejemplo el matorral tamaulipeco, las selvas bajas de la mixteca o el bosque mesófilo de montaña en Chiapas.

3. Ecosistemas ricos en especies de baja tolerancia ambiental: como por ejemplo las comunidades gipsófilas de cuatrociénegas en Coahuila, los oasis del desierto sonorense y de Baja California. la vegetación y la Fauna de la alta montaña así como la Fauna de cuevas, cenotes y cavernas.

4. Áreas en las que existan especies demográficamente raras: en la sierra de manatlán, Jalisco, donde se encuentra el teosinte perenne (Zea diploperennis) y en la selva lacandona donde se encuentra Lacandonia schismatica.

4. Áreas donde existen una o varias especies excepcionalmente interesantes: por ejemplo, en el estado de durango, en la reserva de la biosfera de mapimí es importante la tortuga gigante y en la reserva de la Michilía aves y grandes mamíferos en los bosques de pino-encino.

Anexo 4

CUADROS

Cuadro 1. Superficie ocupada por cada zona ecológica.

ZONA ECOLÓGICA	SUPERFICIE EN Km ²	% DEL TOTAL NACIONAL
ÁRIDA	1'027,051	52.47
TEMPLADO	390,241	19.92
TROPICAL HÚMEDO	285,983	14.60
TROPICAL SECO	254,927	13.01
TOTAL	1'958,202	100.00

Fuente: SEDUE (1987).

Cuadro 2. Superficie en hectáreas, ocupada por diferentes tipos de vegetación.

TIPO DE VEGETACIÓN	Flores et al. (1971)	Garcia et al. (1990)	Rzedowski (en prensa)
Bosque tropical perennifolio	7'862,794	7'451,20	18'837,79
Bosque tropical subcaducifolio	16'646,771	3'560,00	6'059,24
Bosque tropical caducifolio	29'045,559	25'078,66	27'130,601
Bosque espinoso		4'870,40	1'133,45
Matorral xerófilo		58'571,64	65'571,31
Matorral desértico			70'579,54
Bosque de coníferas y encinos	36'511,569	33'697,2377	31'170,88
Bosque mesófilo	1'623,608	1,504	1'446,033
Vegetación acuática	1'224,800	2'280,482	1'836,414

Fuente: UNAM, 1990.

Cuadro 3. Volúmenes fijos estimados de madera.

TIPO DE VEGETACIÓN	millones de m ³
BOSQUE TEMPLADOS	
Coníferas	1408
Latifoliadas	356
Mesófilas	9
SELVAS TROPICALES	
Alta y Media	725
Baja perenne y semidecidua	45
Baja decidua	256
TOTAL	2800

SFF, 1994

Cuadro 4. % de cambio en las áreas agrícolas y ganaderas por cada estado (1970-1990)

ESTADO	Á R E A AGRÍCOLA	G A N A D O VACUNO
AGUASCALIENTES	29	9
BAJA CALIFORNIA	-4	40
NORTE	82	-1
BAJA CALIFORNIA	67	50
SUR	18	6
CAMPECHE	-9	34
COAHUILA	104	55
COLIMA	30	6
CHIAPAS	42	-17
CHIHUAHUA	15	6
DISTRITO FEDERAL	7	7
DURANGO	60	8
GUANAJUATO	58	1
GUERRERO	39	20
HIDALGO	77	17
JALISCO	29	34
MÉXICO	45	1
MICHOACÁN	12	32
MORELOS	4	13
NAYARIT	51	8
NUEVO LEÓN	36	7
OAXACA	0	8
PUEBLA	166	106
QUERÉTARO	101	10
QUINTANA ROO	45	12
SAN LUIS POTOSÍ	-2	7
SINALOA	49	26
SONORA	58	10
TABASCO	22	3
TAMAULIPAS	-2	8
TLAXCALA	203	5
VERACRUZ	74	9
YUCATÁN		
ZACATECAS		
TOTAL	39	15

Fuente: Ortiz, et al., 1994

Cuadro 5. Superficies desforestadas reportadas para México (miles de hectáreas).

FUENTE	TEMPLADO	TROPICAL	TOTAL
PND, 1983	sin datos	sin datos	400
Toledo, 1989	sin datos	sin datos	1500
Repetto, 1988	sin datos	460	460
Myers, 1989	sin datos	700	700
FAO, 1988	125	407	595
SARH, 1990.	127	202	329
Castillo et al. 1989	273	473	746
Masera, Ordoñez y Dirzo, 1992	167	501	668

Fuente: Macera, Ordoñez y Dirzo (1992).

Cuadro 6. Miles de hectáreas deforestadas y reforestadas para cada tipo de bosque y tasa de deforestación estimadas

ACTIVIDAD	TEMPL. DE CONÍFERAS	TEMP L. HOJA ANCHA	TROPI. PEREN.	TROP. CADUC.	TOTAL
BOSQUE	16,900	8,800		16,100	51,500
DEFORESTACION	108	59	195	306	668
REFORESTACIÓN	13	3	6	0.8	19
TASA DE DESFORESTACION (% AÑO)	0.64	0.67	2.0	1.90	1.29

Fuente: LEEC, 1993.

Cuadro 7. Principales unidades de suelo en México.

Unidad de suelo	Superficie (millones de hectáreas)	Proporción
Litosol	29.2	14.83
Luvisol	17.3	8.78
Rendzina	13.4	6.79
Catañozem	29.0	14.75
Vertisol	9.5	4.81
Regosol	9.3	4.72
Yermosol	16.9	8.59
Andosol	7.3	3.72
Cambisol	3.9	1.95
No determinado	50	25.96
Total	195.8	100

Fuente: Comisión Nacional de Zonas Áridas, 1993.

Cuadro 8. Suelos dominantes por región fisiográfica.

REGIÓN FISIAGRÁFICA	TIPO DE SUELO
Península de Baja California	Xerosoles
	Yermosoles Regosoles
Llanura Costera del Pacífico	Aluviales
Sierra Madre Occidental	Litosoles
	Cambisoles Regosoles
Altiplanicie Mexicana	Xerosoles
	Regosoles Litosoles
Sierra Madre Oriental	Litosoles
	Feozem Regosoles Vertisoles

Tabla 8. Continuación	
Llanura Costera del Golfo	Xerosoles
	Vertisoles Feozem Regosoles
Eje Volcánico Transversal	Andosoles
	Vertisoles Litosoles
Depresión del Balsas	Regosoles
	Litosoles Cambisoles
Sierra Madre del Sur	Cambisoles
	Litosoles Regosoles
Chiapas	Gleysoles Podzoles Lateríticos
Península de Yucatán	Rendzinas

Fuente: Soto Mora, et al., 1992.

Cuadro 9. Clases de degradación y sus equivalencias numéricas.

TIPO DE DEGRADACION	INTERVALOS		UNIDADES
Erosión Hídrica Erosión Eólica	Ligera Moderada Severa Muy severa	menor a 10 10-50 50-200 mayor de 200	Ton/ha/año
Salinización	Ligera Moderada Severa Muy severa	2 2-3 3-5 mayor a 5	mmhos/cm/año
Sodificación	Ligero Moderada Severa Muy Severa	menor a 1 1-2 2-3 mayor a 3	PSI/año
Medidas de Degradación Biológica	Ligera Moderada Severa Muy severa	menor a 1 1 a 2.5 2.5 a 5 mayor a 5	Disminución de Humus (%)
Degradación Química	Ligera Moderada Severa Muy severa	menor a 1.25 1.25 a 2.5 2.5 a 5.0 mayor a 5.0	Disminución Saturación de bases %/año

Fuente: Ortíz, et al., 1994.

Cuadro 10. Velocidad de degradación de la tierra (%)

ESTADO	LIGERO	MODERADO	SEVERO	MUY SEVERO
BAJA CALIFORNIA NORTE	12	70	10	8
BAJA CALIFORNIA SUR	0	85	10	5
SONORA	7	13	30	50
SINALOA	0	10	60	30
CHIHUAHUA	10	40	25	25
COAHUILA	2	38	50	10
NUEVO LEÓN	3	20	70	7
TAMAULIPAS	1	10	79	10
DURANGO	0	30	40	30
ZACATECAS	0	33	33	33
NAYARIT	0	10	45	45
JALISCO	0	5	20	75
MICHOACÁN	0	10	20	70
COLIMA	0	0	25	75
AGUASCALIENTES	0	5	40	55
GUANAJUATO	0	25	30	15
SAN LUIS POTOSI	0	40	45	0
QUERÉTARO	10	50	40	25
HIDALGO	0	35	40	3
TLAXCALA	0	30	67	35
MEXICO	0	32	33	8
GUERRERO	0	32	30	40
OAXACA	5	25	30	55
VERACRUZ	0	3	42	85
TABASCO	0	0	15	45
CHIAPAS	5	0	50	70
CAMPECHE	0	20	10	30
YUCATAN	0	15	55	70
QUINTANA ROO	15	5	20	60
PUEBLA	0	25	60	15
MORELOS	0	0	95	5

Fuente: Ortiz et, al. 1994.

Cuadro 11. Número de especies y endemismos reportados para México.

GRUPO	LUGAR MUNDIAL	N° DE ESPECIES	N° ENDEMISMO	FUENTE
Fungi		4000 - 5000		(4)
Algas		2187		(4)
Angiosperma	4°	25,000-30,000	870	(5)
Orquídeas		953		(4)
Cactáceas		900		(4)
Compositae		2,600		(5)
Gramineae		197		(5)
Leguminosas		1,706		(3)
Gymnospermas	4° 1° en sp. de Pinus	80		(4) (5)
Pterydophytas		900 - 1000		(1)
Bryophytas		2000		(4)
Herpetofauna	1°	690 - 720	368 (3)	(1) (4) (5)
Mamíferos	2°	449	144 (2)	(2) (5)
Anfibios	4°	280 - 385	174 (3)	(1) (4) (5)
Aves	1°	961	111 - 74 (3)	(1) (4) (5)
Peces		506	163	(1)
Invertebrados		25,000 8,915 3345	880	(4)
Lepidóptera				(4)
Moluscos				(6)

Fuente: (1) Flores V. y Gerez, 1994; (2) Ramírez-Pulido y Müdespacher, 1988; (3) Souza y Delgado, 1988; (4) Toledo y Ordoñez, 1993; (5) Williams-Linera et al., 1992; (6) González, 1993.

Cuadro 12. Vulnerabilidad de las especies de acuerdo a las categorías de UICN.

CATEGORÍA	Nº DE ESPECIES	Nº DE ESPECIES ENDÉMICAS
En peligro de extinción	336	170
Amenazadas	801	442
Especies raras	1130	605
Sujetas a protección especial	154	43

Fuente: SEDESOL, 1994.

Cuadro 13. Balance nacional (millones de m³ anuales)

Cuenca Región Hidrológica Región PNH	Superficie km ²	Suministro*	Extracción	Consumo total			Balance		Disp. Relativa**	Calificación
				Demandas Consumibles	Evaporación Neta**	Export. Netas**	Sumin.-Cons. tot.	Relativa**		
I Baja California	142,697	4,201	3,578	3,578	3	0	621	1,200	Déficit	
II Noroeste	340,285	29,982	33,524	18,690	1,244	0	10,048	1,600	Equilibrio	
III Pacífico-Centro	82,728	26,160	2,720	2,696	127	0	23,337	9,700	Abundancia	
IV Balsas	108,828	25,750	37,096	6,638	891	388	17,833	3,900	Disponibilidad	
V Pacífico Sur-Istmo	87,956	81,870	3,177	2,969	6	0	78,895	27,500	Abundancia	
VI Bravo	381,216	12,699	13,671	9,916	1,085	432	1,266	1,200	Déficit	
VII Golfo Norte	146,094	39,674	7,140	4,262	814	70	34,528	9,000	Disponibilidad	
VIII Papaloapan	57,939	54,655	12,916	4,072	-633	0	51,216	13,300	Abundancia	
IX Grijalva-Usumacinta	96,332	132,262	49,138	754	3	0	131,505	175,300	Abundancia	
X Península de Yucatán	125,330	32,209	689	689	0	0	31,520	46,700	Abundancia	
XI C.C. del Norte	183,722	3,779	3,664	3,664	138	0	-23	1,000	Déficit	
XII Lerma	93,286	12,548	11,705	9,251	2,067	0	1,230	1,400	Déficit	
XIII Valle de México	27,520	4,518	6,152	6,097	97	0	-1,676	600	Déficit	
XIV Costa Centro	44,228	22,107	2,264	328	0	0	21,799	67,400	Abundancia	
Nacional	1'918,161	478,213	187,434	73,604	5,842	432	398,534	6,500	Disponibilidad	

*Suministro = Esc. Aguas Arriba+Escurrimiento Virgen+Recarga subterránea+Importaciones Netas

** = De vasos artificiales

*** = 432 Mm3 anuales exportados a EUA por convenio

**** Disponibilidad relativa = Escurrimiento Aguas Arriba + Escurrimiento Virgen + Recarga subterránea/ Demandas consuntivas

Fuente: Programa Nacional Hidráulico 1994

Cuadro 14. Recursos Subterráneos (millones de m³)

Cuenca, Región Hidrológica o Región PNH	Recarga Subterránea	Sobreexplotación	Recursos subterráneos	Núm. de regiones y/o Subregiones	Núm. de regiones y/o Subregiones con sobreexplotación
I Baja California	1,497	194	1,691	8	7
II Noroeste	3,604	445	4,049	18	7
III Pacífico-Centro	1,402	0	1,402	6	0
IV Balsas	2,064	0	2,064	3	0
V Pacífico Sur-Istmo	2,747	31	2,778	6	1
VI Bravo	4,122	657	4,779	9	6
VII Golfo Norte	617	111	728	5	1
VIII Papaloapan	1,474	0	1,474	2	1
IX Grijalva-Usumacinta	6,342	0	6,342	4	0
X Península de Yucatán	30,725	0	30,725	3	0
XI C.C. del Norte	1,297	559	1,856	4	0
XII Lerma	4,490	1,069	5,559	5	2
XIII Valle de México	1,956	1,077	3,033	4	4
XIV Costa Centro	199	0	199	3	2
Nacional	62,536	4,143	66,679	80	30

Fuente: Programa Nacional Hidráulico 1994

Cuadro 15. Población censal y porcentaje de crecimiento estimado para México.

Año	Población Censal (Miles de habitantes)	Tasa de crecimiento %
1950	25,791	
1960	34,923	
1970	48,225	3.4
1980	66,848	2.5
1990	81,250	2
2000	95,274	1.5
2010	108,688	
2015	115,379	1.2

INEGI, 1990.

Cuadro 16. Volúmenes de extracción para 1994, de acuerdo a las diferentes regiones de México.

REGION	EXTRACCION (millones de m ³)
Valle de México	1,393.63
Lerma	1,150.62
Papaloapan	1,072.17
Bravo	1,007.87
Noroeste	696.74

Fuente: PNH, 1994.

Cuadro 17. Consumo total de agua en 1994 por regiones hidrológicas

REGION	CONSUMO TOTAL (MILLONES DE m ³)
1994	
Noroeste	13,876
Bravo	9,963
Lerma	9,211
Balsas	6,691
Valle de México	4,272

Fuente: PNH, 1994.

Cuadro 18. Tabla resumen de usos de agua

PNH	Uso		Uso Industrial	Generación Ener. Elec.	Total	Total	% Incremento Extrac. 1980-1994
	Agrícola	Municipal			Región (1994)	Región (1980)	
I Baja California	3,974	264	40	0	4,278	3,649	17.23
II Noroeste	13,876	697	214	14,834	29,621	22,631	30.89
III Pacífico-Centro	3,433	530	18	26	4,007	3,314	20.91
IV Balsas	6,691	580	205	30,457	37,933	36,911	2.77
V Pacífico Sur-Istmo	1,899	206	705	208	3,018	2,248	34.27
VI Bravo	9,963	1,008	1,640	3,802	16,413	11,260	45.77
VII Golfo Norte	3,592	562	1,551	2,827	8,532	3,597	137.18
VIII Papaloapan	2,323	1,072	2,038	8,844	14,277	11,378	25.48
IX Grijalva-Usumacinta	437	247	182	48,383	49,249	35,755	37.74
X Península de Yucatán	376	268	36	5	685	503	36.21
XI C.C. del Norte	840	569	115	23	1,546	2,867	-46.06
XII Lerma	9,211	1,151	336	2,475	13,173	11,192	17.70
XIII Valle de México	4,272	1,394	382	96	6,144	5,820	5.56
XIV Costa Centro	252	116	4	1,936	2,308	3,476	-33.60
Nacional	61,139	8,663	7,445	113,916	191,163	154,601	23.65

Fuente: PNH, 1994

Cuadro 19. Resumen de los puntos a considerar para el mejoramiento del sistema de cobro del derecho por vertimiento de aguas residuales.

ACTUALMENTE	EFECTOS	RETOS
<p>Se aplica el cobro del derecho sólo a las empresas que están violando la normatividad ecológica, y solamente por las emisiones excedentes.</p>	<p>Al cumplir la norma, las empresas no tienen incentivos para reducir el volumen y grado de contaminación de sus descargas.</p>	<p>Ver la manera de cómo incentivar a las empresas a tratar sus aguas para dejar de contaminar y que se ajusten a la normatividad.</p>
<p>Exención del pago a contribuyentes que tengan en proceso un programa para establecer obras de control de calidad de sus descargas tales como plantas de tratamiento.</p>	<p>Alto costo para las empresas. Proyectos que no fueron debidamente analizados fracasaron por no considerar los altos costos de operación.</p>	<p>Diseñar otros esquemas cuya finalidad no se limite a la construcción de plantas de tratamiento. Lo que se debe fomentar es la reducción de la contaminación.</p>
<p>Los municipios son los responsables del pago de los derechos.</p>	<p>Las empresas tienen incentivos a vertir aguas contaminadas a redes municipales pues no tienen que pagar el derecho.</p>	<p>Apoyar a los municipios para que apliquen un sistema de cobro de derechos análogo al federal. Es necesario un reajuste en la mayoría de las legislaciones locales.</p>

Cuadro 19. Continuación.		
El monto de derechos por vertimiento de aguas residuales varía de acuerdo a la "zona de disponibilidad" donde esté el cuerpo de agua receptor.	La clasificación de las zonas no toma en cuenta el grado de contaminación ni asimilación de la misma. El monto no contempla el daño ecológico ni el costo de tratamiento por vertimiento de aguas residuales.	Redefinir zonas de cobro para que reflejen más el grado de contaminación del cuerpo de agua receptor y con apoyo de criterios ecológicos.
Solamente se cobra la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST).	Estos dos contaminantes no reflejan del todo el grado de contaminación de las aguas vertidas.	Ampliar la gama de contaminantes implicaría un costo mayor para los contribuyentes ya que el sistema es autodeclarativo.
El procedimiento para el pago del derecho es autodeclarativo.	La recaudación no ha sido del todo satisfactoria. El sistema de monitoreo y vigilancia no ha sido eficiente.	Buscar la instalación de equipos que midan directamente los volúmenes vertidos y crear instrumentos económicos que incentiven a quienes intervienen en el monitoreo y control.

Fuente: Comis* Nota: el dato de 1994 es estimado al término del año (CNA. Informe 1989-1994)

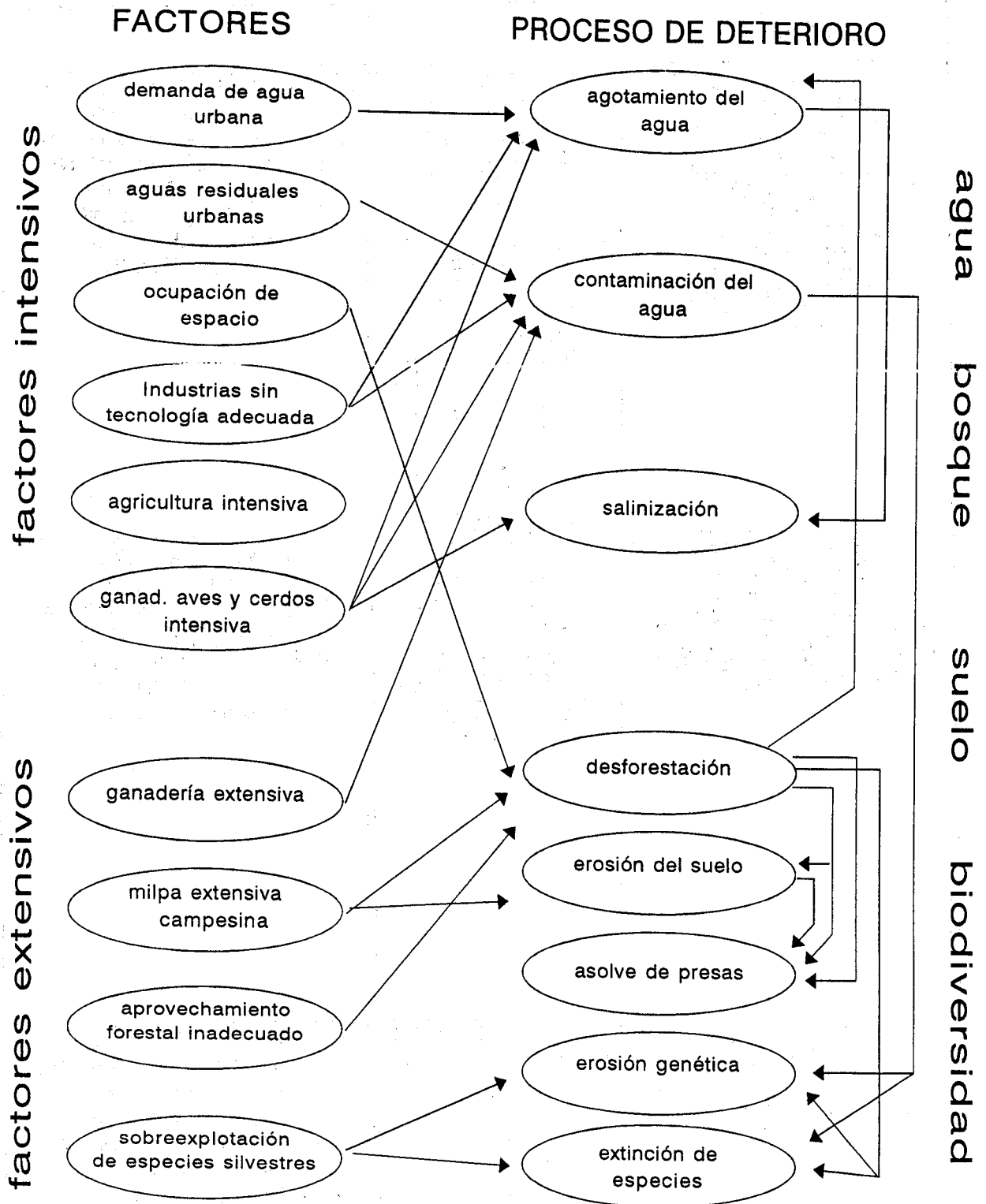


Fig. 1 Procesos de deterioro y factores que los ocasionan.