

Aguas continentales y diversidad biológica

Freshwater and biological diversity

# MEXICO





La diversidad biológica de nuestro país es tanto un privilegio como una responsabilidad de cara a la comunidad de las naciones. Por ello, los retos de la conservación y el desarrollo sustentable involucran a toda la sociedad mexicana.<sup>1</sup>

La vida en los ecosistemas acuáticos continentales tiene particularidades biogeográficas y ecológicas que deben considerarse al poner en práctica políticas públicas relativas a su conservación y aprovechamiento. La disparidad en la distribución de los recursos hidrológicos en México<sup>2,3</sup> contribuye a profundizar un doloroso contraste que en las últimas décadas del siglo XX se acentuó: regiones de gran riqueza natural y biológica que coinciden con las áreas rurales de mayor pobreza. El reconocimiento del valor de los servicios ambientales que nos proveen la vegetación y los ecosistemas acuáticos traza uno de los caminos que pueden contribuir a disminuir la desigualdad social en el México rural.

The biological diversity of our country is as much a privilege as it is a responsibility that we face towards the community of nations. Thus, the challenges of conservation and sustainable development involve all Mexican society.

Life in continental aquatic ecosystems has biogeographic and ecological particularities that should be considered when implementing public policies related to their use and conservation. The disparity in the distribution of hydrologic resources deepens the painful contrast that sharpened during the last decades of the 20th century: regions of major natural and biological richness that overlap with the poorest rural areas. Recognizing the value of the environmental services provided by vegetation and aquatic ecosystems signals a path that may contribute to diminish social inequities in rural Mexico.

## El bienestar de nuestra sociedad depende de la integridad de los ciclos hidrológicos

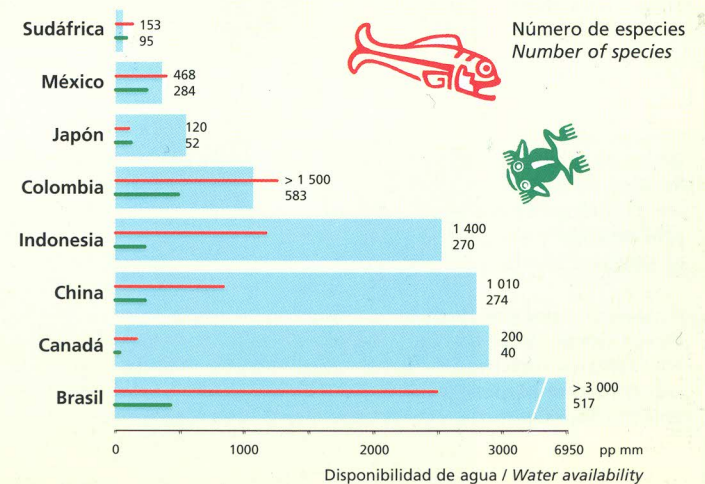
## The welfare of our society depends on the integrity of the hydrological cycles

### El agua y la biodiversidad

no guardan una relación simple. Con la misma cantidad de agua disponible que China, Canadá tiene tres veces menos peces y anfibios. Colombia es inusualmente rica en anfibios. México no aparece entre los 15 primeros países en riqueza de peces pero sí resalta por su endemismo y por su riqueza de anfibios. La clave de estas diferencias biológicas está en la manera en que el agua superficial interactúa con la geología y los climas para crear la diversidad de los ríos, los lagos y los humedales.<sup>4,6</sup>

### Water and biodiversity

are not related in a simple manner. With the same available water than China, Canada has three times less fish and amphibians. Colombia is unusually rich in amphibians. Mexico does not appear among the 15 richest in fish but does highlight due to their endemism and amphibian richness. The key to this biological differences lies in the way in which runoff water interacts with geology and climate to create the diversity of rivers, lakes and wetlands.





# Ríos Rivers

Porcentaje del flujo superficial y principales ríos  
Percentage of runoffs and main rivers

Cuencas interiores /  
Interior watersheds: 1%  
Nazas, Santa María,  
Casas Grandes y del  
Carmen.



Vertiente del Golfo de  
México y Caribe / Gulf of  
Mexico and Caribbean  
drainages: 59.8%  
Bravo, Pánuco, Tuxpan,  
Papaloapan, Coatzacoalcos,  
Grijalva y Usumacinta.

Vertiente del Pacífico /  
Pacific drainages: 39.2%  
Colorado, Yaqui, Fuerte,  
Culiacán, Lerma-Santiago,  
Verde, Balsas, Papagayo,  
Ometepec, Tehuantepec y  
Suchiate.

De las 37 principales cuencas por su volumen de agua, 19 vierten al Pacífico, 12 al Golfo de México y 6 son endorreicas. Cuatro vastas zonas carecen de drenaje superficial permanente debido a la escasa precipitación y el tipo de sustrato: el Bolsón de Mapimí y El Salado en el altiplano central y las penínsulas de Baja California y Yucatán.<sup>8,9</sup>

Considering volume there are 37 main watersheds, 19 drain to the Pacific Ocean, 12 to the Gulf of Mexico and 6 are endorreic. Four wide areas lack surface runoff due to scarce rain and the underlying substrate: the Mapimi Bolson and El Salado in the central highlands and the Baja California and Yucatán peninsulas.

En tan solo ocho ríos fluye 32.2%  
del agua superficial de México:  
Only 8 rivers carry 32.2% of  
Mexico's runoffs:

Balsas, Bravo, Coatzacoalcos,  
Grijalva, Lerma-Santiago, Pánuco,  
Papaloapan y, en la foto / in the  
picture, Usumacinta.

El complejo relieve de México y su diversa geología interactúan con las variaciones latitudinal y altitudinal de la precipitación y la temperatura para dar lugar a una gran diversidad de ecosistemas acuáticos. Nuestras 320 cuencas hidrológicas difieren entre sí por su flujo de agua, la composición de su diversidad biológica, la intensidad del uso que les damos y las amenazas que enfrentan.

En los sistemas fluviales habitan comunidades diversificadas y ricas en especies nativas de plantas, peces, crustáceos, moluscos e insectos, que son recursos clave para las redes alimentarias y sustentan la capacidad productiva de estos sistemas para el hombre.

The complex topography and diverse geology of Mexico interact with the variations in rainfall and temperature related to latitude and altitude to produce a great diversity of aquatic ecosystems. Our 320 watersheds differ in water availability, the composition of their biological diversity, the intensity of the uses we give them and the threats they face.

Fluvial ecosystems are home to rich and diversified communities of plants, fish, crustaceans, mollusks and insects that are key resources to food webs and sustain the productive capacity of these systems for human societies.





## Riqueza y endemismo de ictiofauna en siete cuencas<sup>10-11</sup>

### Richness and endemism of fresh water fish in seven watersheds

| Cuenca<br>Watershed | Especies<br>Species | % endémicas<br>% endemic |
|---------------------|---------------------|--------------------------|
| Tunal               | 13                  | 62                       |
| Lerma-Santiago      | 57                  | 58                       |
| Balsas              | 20                  | 35                       |
| Pánuco              | 75                  | 30                       |
| Papaloapan          | 47                  | 21                       |
| Conchos             | 34                  | 21                       |
| Coatzacoalcos       | 53                  | 13                       |

Familias de peces con mayor número de especies endémicas:  
Fish families with the greatest number of endemic species:

Petromyzontidae, Clupeidae, Cyprinidae, Cichlidae, Cyprinodontidae, Goodeidae, Atherinidae, Poeciliidae.

*Nuestros ríos son notables por el endemismo de su ictiofauna*

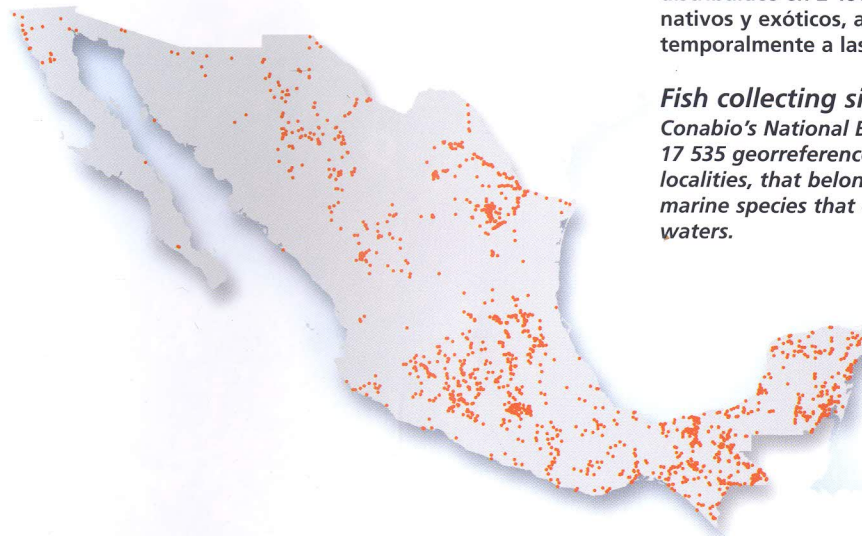
*Our rivers show a remarkable fish endemism*

## Sitios de recolecta de peces

El Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la Conabio cuenta con 17 535 registros curatoriales distribuidos en 2 198 sitios de recolecta; incluye peces nativos y exóticos, así como los marinos que entran temporalmente a las aguas epicontinentales.<sup>12-21</sup>

## Fish collecting sites

Conabio's National Biodiversity Information System has 17 535 georeferenced curatorial data, distributed in 2 198 localities, that belong to native and exotic fish, as well as marine species that occasionally enter epicontinental waters.



Rana de los manantiales de Santa Elena, Hidalgo.  
Frog from the springs of Santa Elena, Hidalgo.

*Hyla sp.*



Cachorrito de la Media Luna, San Luis Potosí, especie endémica de la cuenca del Pánuco, sujeta a protección especial.  
Pupfish of the Media Luna, San Luis Potosí, endemic species of the Pánuco Basin subject to special protection.

*Cualac tessellatus*



# Lagos Lakes

## Cuerpos de agua<sup>23</sup> / Water bodies: 57 604 km<sup>2</sup>

| Clase / Class             | %    |                                   |     |
|---------------------------|------|-----------------------------------|-----|
| Zona inundable / Wetlands | 34.7 | Presa / Dam                       | 6.2 |
| Marisma / Marsh           | 21.3 | Estero / Estuary                  | 2.9 |
| Laguna / Pond             | 16.9 | Lago temporal / Temporal lake     | 2.6 |
| Lago / Lake               | 7.5  | Presa temporal / Temporal dam     | 0.8 |
| Pantano / Swamp           | 6.7  | Laguna temporal / Temporal lagoon | 0.4 |



### Jalisco

Mayor número de presas o reservorios, con 14% del volumen nacional almacenado.

*Highest number of dams and reservoirs with 14% of the national volume.*

### Principales lagos / Main lakes

Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro, Catatzajá, Del Corte, Bavicora, Bustillos, Catemaco.

### Principales embalses / Main dams

La Amistad, Falcón, Vicente Guerrero, Álvaro Obregón, Infiernillo, Cerro de Oro, Temascal, Caracol, Requena, Venustiano Carranza.

### Chiapas

Almacena 28% del total nacional en tres embalses / Stores 28% of the national total in three dams:

Chicoasén, La Angostura, Malpaso.<sup>24</sup>

México cuenta con 70 lagos mayores de 1 000 ha, que cubren apenas 0.21% del territorio nacional. En los ecosistemas lacustres habitan 285 especies de anfibios, 38 de tortugas y 3 de cocodrilos<sup>25</sup>, una flora acuática de más de 763 especies agrupadas en 262 géneros y 86 familias<sup>26</sup>, así como innumerables especies de invertebrados y microorganismos poco conocidos. El mayor de los lagos mexicanos, Chapala, en Jalisco, cuenta con una ictiofauna de 39 especies, 19 de ellas endémicas y 4 introducidas.<sup>11</sup>

Los embalses mayores de 10 000 ha construidos para abastecer extensas zonas de riego y presas hidroeléctricas suman 66% de la superficie inundada del país. Además, existen cerca de 14 000 reservorios de agua de los que 84% tienen una superficie menor de 10 hectáreas.<sup>27</sup>

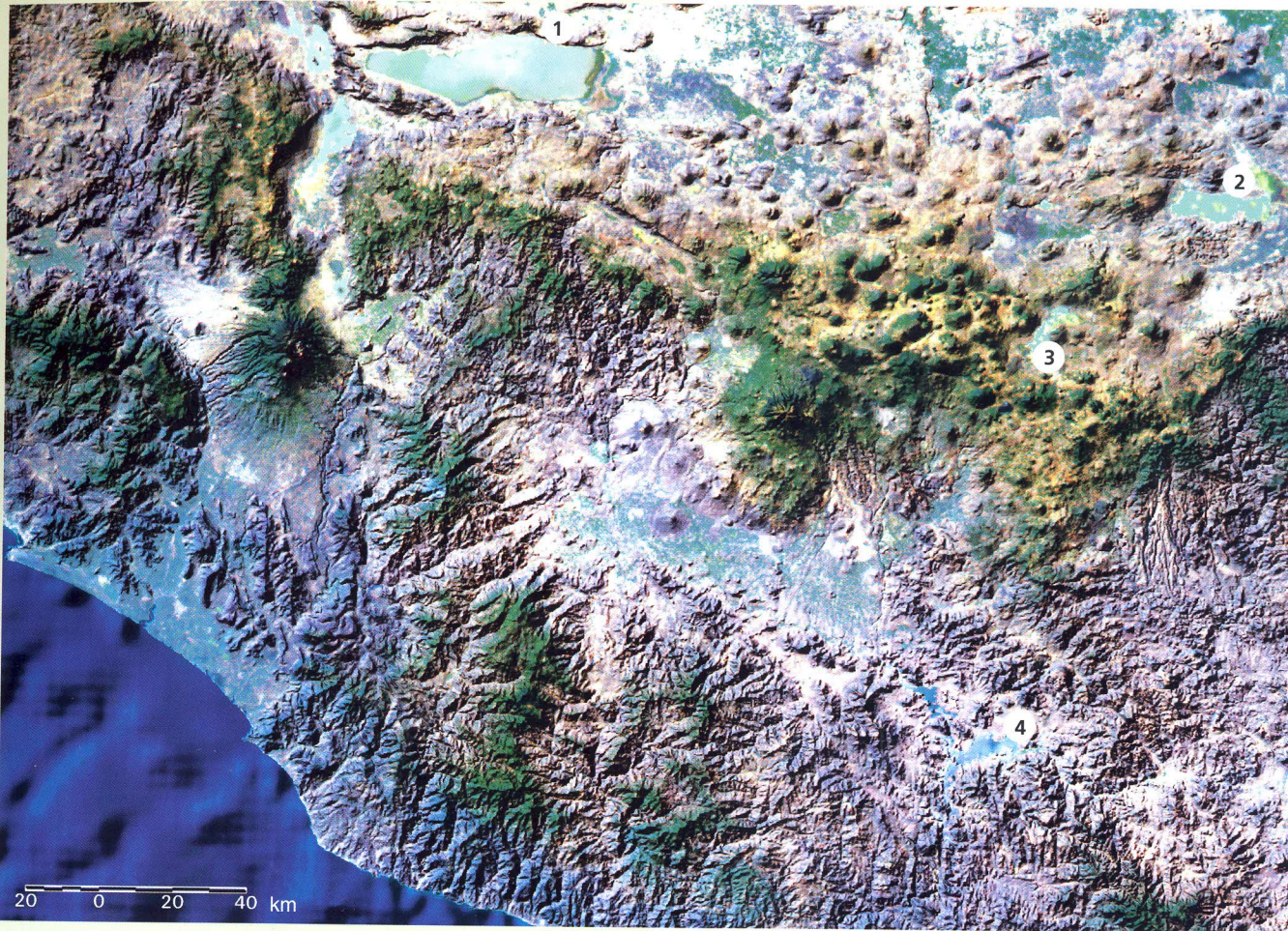
Mexico has 70 lakes larger than 1 000 hectares that cover less than 0.21% of the territory. Aquatic ecosystems are home to 285 amphibian species, 38 turtles and 3 crocodiles; a flora of 763 species grouped in 262 genera and 86 families; as well as an indefinite number of scarcely known invertebrates and microorganisms. 39 fish species, 19 endemic and 4 exotic, inhabit our largest lake, Chapala, in Jalisco.

Reservoirs larger than 10 000 hectares account for 66% of the total surface-water area of the country and they supply extensive areas of agriculture and hydroelectricity production. There are close to 14 000 reservoirs of which 84% are smaller than 10 hectares.

*Hoy los reservorios artificiales son nuestra principal fuente de agua*

**Artificial reservoirs are today our main water resource**





Modelo digital del terreno con imagen MODIS de la región centro-oeste de México, en la que se aprecia el lago de Chapala y las cuencas endorreicas cercanas (1), el somero lago de Cuitzeo (2), el lago de Pátzcuaro entre los conos volcánicos (3) y el embalse de la presa del Infiernillo en la cuenca del río Balsas (4). La diversidad de los ecosistemas lénticos de México incluye lagos de origen volcánico, lagos-cráter y lagos alpinos de zona tropical.<sup>28,29</sup>

*Digital terrain model with MODIS image of the west-center region in which the water related highlights are the Chapala lake and its neighboring endorreic watersheds (1), the shallow Cuitzeo lake (2), Pátzcuaro among the volcanic cones (3) and the catchment of the Infiernillo dam in the Balsas river (4) watershed. The diversity of Mexico's lentic ecosystems includes lakes of volcanic origin, crater lakes and tropical alpine lakes.*

El Lago de Catemaco en Veracruz, el más importante del trópico húmedo, cuenta con 12 especies de peces, 9 de ellas endémicas; 2 especies de tortugas y una de cocodrilo.<sup>30,31</sup>

361 especies de aves habitan en ambientes acuáticos como lagos, charcas, ríos, arroyos, pantanos y manglares. En la foto, el lago de Texcoco.<sup>32</sup>

*Lake Catemaco in Veracruz, the most important one in our humid tropics, contains 12 species of fish, 9 of them endemic, 2 species of turtles and one of crocodile.*

*361 bird species inhabit aquatic ecosystems such as lakes, ponds, rivers, streams, swamps and mangroves. In the picture, Texcoco lake.*

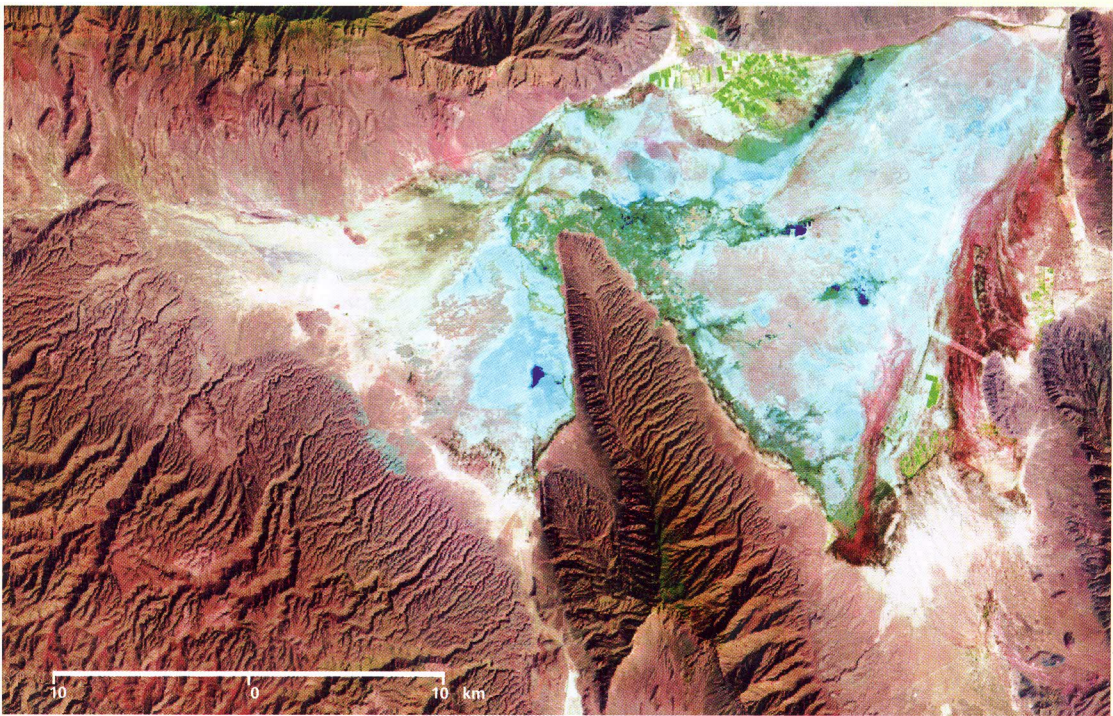
## Riqueza y endemismo de anfibios<sup>25</sup> Richness and endemism of amphibians

| Regiones tropicales<br>Tropical regions                      | Especies<br>Species | % endémicas<br>% endemic |
|--|---------------------|--------------------------|
| Tierras altas del centro<br>Center highlands                 | 123                 | 80                       |
| Tierras bajas del Pacífico<br>Pacific lowlands               | 29                  | 48                       |
| Tierras bajas del Golfo de México<br>Gulf of Mexico lowlands | 20                  | 65                       |





# Humedales Wetlands



Son cuerpos de agua de escasa profundidad en los que se desarrollan ecosistemas diversos, complejos, dinámicos y altamente productivos que proveen de hábitat, alimento, refugio y áreas de crianza y reproducción a peces, aves, anfibios, reptiles, mamíferos e invertebrados. Los humedales desempeñan papeles ecológicos tan importantes como el control de erosión, sedimentación e inundaciones, el abastecimiento y depuración del agua, así como el mantenimiento de pesquerías. Los humedales han sido intensamente transformados para diversos usos. El de Cuatrociénegas, en Coahuila, sobresale por su biodiversidad en el ámbito mundial.<sup>7</sup>

These shallow water bodies constitute diverse, complex, dynamic and highly productive ecosystems that provide habitat, food, and shelter and breeding areas for fish, birds, amphibians, reptiles, mammals and invertebrates. Wetlands carry out ecological roles as important as the control of erosion, sedimentation and flooding; they provide and purify water, and contribute to the maintenance of fisheries. Wetlands have been intensely transformed for different uses. The biodiversity of the Cuatrociénegas wetland, in Coahuila, is globally outstanding.

| Grupo<br>Group   | Riqueza y endemismo en Cuatrociénegas<br>Richness and endemism in Cuatrociénegas   |
|--|--|
| Crustáceos <sup>33</sup><br>Crustaceans                      | 12 especies / species, 6 endémicas / endemic   |
| Moluscos <sup>33</sup><br>Mollusks                           | 9 géneros / genera, 5 endémicos / endemic<br>13 especies / species, 9 endémicas / endemic  |
| Peces <sup>34,35</sup><br>Fish                               | 16 especies / species, 8 familias / families<br><small>La mayoría endémicas y en peligro de extinción<br/>Most of them endemic and in danger of extinction</small> |
| Anfibios y reptiles <sup>36</sup><br>Amphibians and reptiles | 70 especies / species, 8 endémicas / endemic   |
| Aves acuáticas <sup>32</sup><br>Aquatic birds                | 61 especies / species  |
| Flora acuática <sup>37,38</sup><br>Aquatic flora             | 75 especies / species, 33 familias / families  |

Imagen LANDSAT que muestra cómo el agua de manantiales y arroyos temporales forma el humedal al fondo de una cuenca endorreica en el noreste árido de México. Su rica fauna acuática y semiacuática se integra por especies que aquí encuentran refugio y por grupos biológicos relictuales y endémicos.<sup>39</sup>

LANDSAT image that shows how the water coming from springs and temporal runoff forms the wetland in the bottom of an endorreic basin in arid northeastern Mexico. Its rich aquatic and semiaquatic fauna assemblage is composed by species that find shelter here and by relict and endemic fish, invertebrates and microorganisms.





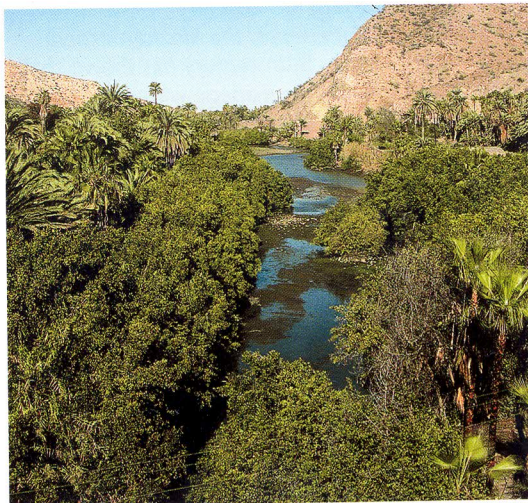
# Oasis y Cenotes Oasis and Cenotes

Los oasis de México son exclusivos de la Península de Baja California y se presentan donde los manantiales del desierto crean hábitat con mayor humedad. Su importancia biogeográfica y evolutiva radica en la presencia de especies relictuales de tiempos pasados de menor aridez.<sup>40</sup> A pesar de ser ambientes modificados por el intenso uso que les da el hombre, los oasis aún albergan una gran riqueza de especies nativas e introducidas. Su flora se compone de 67 familias, 170 géneros y 238 especies, incluyendo el humedal y el matorral xerófilo circundante.<sup>41</sup> Entre su fauna se cuentan 32 especies de anfibios y reptiles, 9 de ellas endémicas<sup>42</sup>, y de las 94 especies de aves que los habitan 40% son migratorias.<sup>43</sup>

*Mexico's oasis are exclusive to the Baja California Peninsula and they are found where desert springs create habitat of less aridity. Their biogeographic and evolutionary importance lies in the presence of species that are relicts of less drier times. Although these environments have been modified by the intense use given by men, they still house a great variety of native and introduced species. Including the wetland and the closely surrounding desert shrub, their flora is composed by 67 families, 170 genera and 238 species. Their fauna has 32 species of amphibian and reptiles, 9 of them endemic; and 40% of the 94 species of birds are migratory.*

En la Península de Yucatán, con sus calizas y dolomías permeables y sus yesos y anhidritas solubles, se han producido fallas, fracturas y cavidades de disolución que han creado una compleja red de corrientes subterráneas. Al disolverse las calizas se provocan desplomes que forman depósitos de agua conocidos como cenotes; los interiores son completamente dulces y hacia la costa se producen gradientes de salinidad e influencias de las mareas que contribuyen a su diversidad ecosistémica. Su riqueza biológica y endemismo se refleja en el hecho de que 50% de las especies de rotíferos, 28% de las de cladóceros y 45% de las de copépodos hasta ahora descritas para México habitan en cenotes.<sup>44</sup>

*In the Yucatan Peninsula, with its permeable limestone and dolomites, and soluble anhydrites and gypsum, there are faults, fractures, and dissolution hollows that form a network of underwater currents. When limestone dissolves it produces fallings that form water deposits known as cenotes. The interior ones are freshwater systems, towards the coasts salinity gradients and tide influence contribute to ecosystems diversity. Their biological richness is reflected in the fact that 50% of rotifera species, 28 of cladocera and 45% of the copepoda described for Mexico dwell in cenotes.*



Principales oasis  
Main oasis  
San Ignacio, Santiago,  
La Purísima, Mulegé,  
San José del Cabo,  
Boca de la Sierra.



Los cenotes, como Dos Ojos en Quintana Roo, son muy sensibles a la contaminación. Actualmente cuatro especies de peces endémicos están clasificadas como vulnerables o en peligro de extinción.

*Cenotes like Dos Ojos in Quintana Roo, are very sensitive to contamination. Nowadays four endemic species of fish are classified as vulnerable or in danger of extinction.*

Especies cuyos nombres atestiguan el endemismo de la Península de Yucatán.<sup>44</sup>  
*Species whose names testify to the endemism of the Yucatán Peninsula.*

Anfípodo / Amphipod: *Mayaweckelia cenoticola*

Isópodo endémico / Endemic isopod: *Bahalana mayana*

Crustáceos decápodos / Decapod crustaceans:  
*Yagerocaris cozumel, Janicea antiguensis*

Peces / Fish: *Gambusia yucataka, Petenia splendida*



# El agua como recurso Water as a resource

## Balance hídrico / Water balance

Precipitación anual / Annual rainfall 1 570 km<sup>3</sup>

100%



**Escorrentamiento**  
**Runoff**  
**26.1%**



**Evapotranspiración**  
**Evapotranspiration**  
**71.4%**



**Recarga subterránea**  
**Underground recharge**  
**2.5%**

**Descarga al mar**  
**Sea discharge**  
**16.8%**



**Extracción**  
**Extraction**  
**9.3%**



**Extracción**  
**Extraction**  
**1.7%**



**No aprovechada**  
**Not used**  
**0.8%**

La gran variación latitudinal y altitudinal en la distribución del agua se añade el hecho de que 90% de la precipitación cae entre mayo y octubre. La mayor parte de los recursos hidrológicos se encuentra distante de las regiones de más alta densidad de población y actividad económica, contraste que provoca fuertes desequilibrios entre la oferta y la demanda. Estas presiones nos han llevado a sobreexplotar los acuíferos y a transferir agua entre cuencas.<sup>45</sup> La Organización de las Naciones Unidas señala que en México el agua es un recurso sujeto a presión moderada; en las tierras altas, el Centro y el Norte están sujetos a fuertes presiones que son limitantes del desarrollo. Con 4 500 reservorios, que incluyen 840 grandes presas, nuestra capacidad de almacenamiento es de 150 km<sup>3</sup> de agua dulce.<sup>46</sup> La construcción y operación de esta infraestructura ha tenido altos costos debido a la alteración de los patrones de flujo y la morfología de las cuencas, a los cambios en el uso de suelo, el desplazamiento de población y la pérdida de tierras bajas productivas y hábitat para la vida silvestre.<sup>7,46</sup> Contraria al sentido común, la experiencia mexicana del siglo xx ha mostrado que es posible manejar el agua como un recurso natural no renovable.

In addition to the large latitudinal and altitude variation in water distribution in Mexico, 90% of the total rainfall concentrates from May to October. Most of the hydrologic resources are found distant to the regions of high density of population and economic activity, a contrast that provokes strong unbalance between offer and demand. These pressures have lead us to overexploit aquifers and to transfer water between basins. The United Nations indicate that in Mexico water is a resource subject to moderate pressure; in the highlands, Center and North, pressure on water is high and limits development. With 4 500 reservoirs, including 840 large dams, our freshwater storage capacity is 150 km<sup>3</sup>. The construction and operation of this infrastructure has had high costs due to the modification of water flow patterns and watershed morphology, changes in land use, the displacement of populations and the loss of productive lowlands and wildlife habitat. Contrary to common sense, the Mexican experience of the 20th century has shown that it is possible to manage water as a non renewable natural resource.

*La restauración de los ecosistemas acuáticos debe integrar la relación del agua con los bosques y la biodiversidad*

*The restoration of aquatic ecosystems must integrate the relationship*



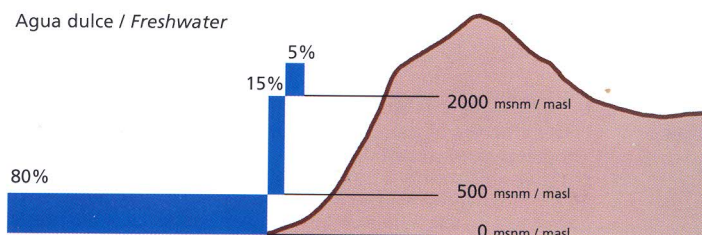


## Precipitación

La precipitación en México se incrementa de norte a sur y de oeste a este. Cuando los vientos secos o húmedos se encuentran con la topografía producen el patrón general de lluvia que muestra la heterogénea distribución de nuestros recursos acuáticos. El 31% de nuestro territorio es árido, 36% semiárido y 33% húmedo o subhúmedo.<sup>47,48</sup>

## Rainfall

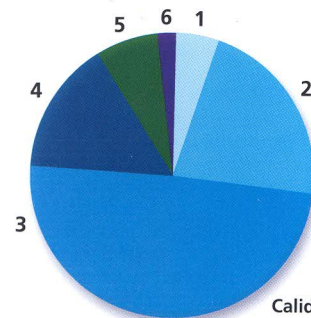
Rainfall in Mexico diminishes from north to south and from west to east. When the dry or humid winds face the topography they produce the general rainfall pattern that shows the heterogeneous distribution of water resources. 31% of our territory is arid, 36% semiarid and 33% humid or subhumid.



## Distribución altitudinal del agua / Altitudinal distribution of water

Tres cuartas partes de la población y dos terceras partes de las industrias de manufactura, agricultura y ganadería se encuentran en las tierras altas y en las regiones secas del Centro y Norte.<sup>7,46</sup>

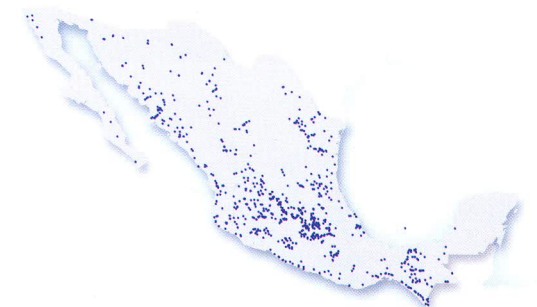
Three quarters of the population and two thirds of manufacture, agriculture and livestock industries are in the highlands and the dry regions of the Central and North.



## Calidad del agua<sup>46</sup> / Water quality

1. Excelente / Excelent
2. Aceptable / Acceptable
3. Poco contaminada / Low pollution
4. Contaminada / Polluted
5. Altamente contaminada / Highly polluted
6. Presencia de tóxicos / Toxics present

## Estaciones hidrométricas Hydrometric stations



La Comisión Nacional del Agua cuenta con más de 1 126 estaciones hidrométricas, infraestructura complementada por la Red Nacional de Monitoreo de Calidad del Agua, que cuenta con 403 estaciones.<sup>49</sup>

The National Water Commission has 1 126 hydrometric stations, an infrastructure complemented by a National Water Quality Monitoring Network with 403 stations.



# Usos del agua / Uses of water

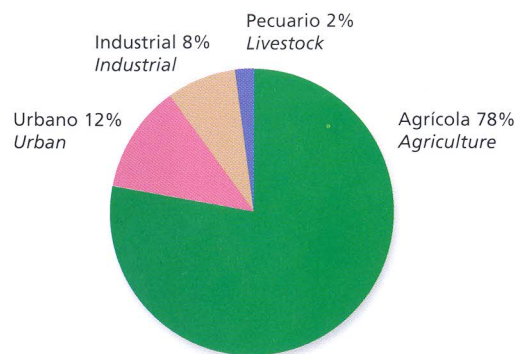
El agua adquiere distintos valores de acuerdo con las características ecológicas, la densidad de población y el tipo de actividad económica. Así, la problemática del agua adquiere matices regionales cuyas particularidades deben ser reconocidas al planear soluciones de largo plazo.<sup>7</sup>

Para realizar esta planeación debemos integrar de forma continua los inventarios de disponibilidad y calidad de las aguas superficiales y subterráneas, así como de los usos que se les dan.

Water acquires different values according to the ecological characteristics, population density and the dominant economic activity. Thus, the problems of water have regional meanings whose particularities must be recognized to plan long term solutions.

To carry out such planning we must permanently integrate the availability and quality inventories of superficial and underground waters, as well as the uses they are given.

## Uso consuntivo<sup>46</sup> Consumptive use



Extracción total de 72 km<sup>3</sup> que representa 15% de la disponibilidad natural.

The total extraction of 72 km<sup>3</sup> represents 15% of the natural availability.



## Agrícola / Agricultural

78% del agua extraída riega 3.4 millones de hectáreas distribuidas en 82 distritos y 2.9 millones de unidades pequeñas y medianas que representan 33% de la superficie agrícola del país y generan más de la mitad de la producción del sector.

Cerca de 55% del agua se pierde por conducción y aplicación parcelaria ineficiente. La frontera agrícola se ha extendido sin consideración de la disponibilidad de agua y la vocación del suelo, situación que ocasiona altos costos ambientales con escasos beneficios económicos de largo plazo.<sup>46</sup>

78% of the water extracted irrigates 3.4 million hectares distributed in 82 districts and 2.9 million small and medium units that represent 33% of the agricultural surface of Mexico and generate half of this sector's production.

Close to 55% of the water is lost because of inefficient conduction and application. The agriculture frontier has extended without consideration for water availability and land use suitability, a situation that causes high environmental costs with scarce long term economic benefit.

## Urbano / Urban

88% de la población cuenta con agua potable y 76% con alcantarillado; en el medio rural la cobertura es menor: 68% y 36.7%, respectivamente. La demanda de las ciudades es cada vez más difícil de satisfacer debido a que se sobreexplota y contamina el recurso hídrico a la par que la población crece. Cerca de 40% del agua suministrada se pierde en fugas y tomas clandestinas, hecho que sumado a tarifas bajas y sistemas deficientes de medición y factura refleja la escasa valoración real que hace la sociedad mexicana de sus recursos hidrológicos.

88% of Mexico's population has drinking water and 76% sewage, in the rural environment coverage is less with 68% and 37% respectively. The demand of cities is increasingly difficult to satisfy due to the overexploitation and contamination of hydrologic resources as the population grows.

Close to 40% of the supplied water is lost in leaks and illegal extractions, a fact that coupled with low prices and deficient measuring and billing systems, reflects the lack of recognition that Mexican society has for its hydrologic resources.

## Industrial / Industrial

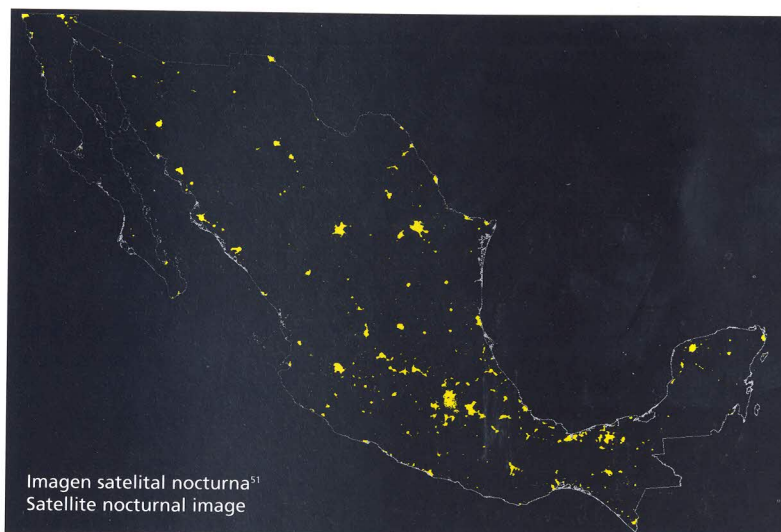
El sector usa 6 km<sup>3</sup> al año y descarga cerca del 90% de este volumen, junto con más de 6 millones de toneladas de carga orgánica. Únicamente tratamos 15% de estas descargas y entre las actividades industriales más contaminantes destacan la azucarera, la química, la petrolera, la metalúrgica y la del papel y celulosa.<sup>47</sup> Estas actividades se concentran en regiones donde el agua es escasa por lo que nuestro crecimiento ha resultado en sobreexplotación, contaminación, altos costos de abasto de agua y conflictos sociales sobre el uso del recurso.<sup>50</sup>

This sector uses 6 km<sup>3</sup> a year and discharges close to 90% of this volume together with 6 million tons of organic matter. Only 15% of these discharges are treated and among the most polluting industrial activities the following stand out: sugar, chemical, oil, metallurgy, and paper and cellulose. Because these activities are concentrated in regions where water is scarce our growth has resulted in overexploitation, contamination, high cost of water supply and social conflicts over the use of the resource.



## Ordenamiento ecológico integral compatible con las actividades económicas

### Integral ecological regulation compatible with economic activities



#### Acuicultura / Aquaculture

Aunque contamos con escasa información sobre la demanda de agua epicontinental para la acuicultura, se puede afirmar que su manejo ha sido ineficiente y con altos costos ambientales, y que el potencial acuícola se ha reducido debido a la contaminación y desecación de los cuerpos de agua. Evidencias de estos problemas se encuentran en los lagos de Chapala, Pátzcuaro y Cuitzeo, y los ríos Pánuco, Lerma, Coatzacoalcos, Fuerte y Mayo.<sup>46</sup>

*Although precise information on freshwater demands for aquaculture is lacking, it is possible to state that its management has been inefficient and with high environmental cost. The aquaculture potential has been reduced due to pollution and drying out of water bodies. Evidence of these problems are found in the Chapala, Patzcuaro and Cuitzeo lakes, and the Panuco, Lerma, Coatzacoalcos, Fuerte and Mayo rivers.*

#### Navegación, turismo e hidroelectricidad

##### Navigation, tourism and hydroelectricity

México cuenta con más de 850 sitios cuyos fines recreativos se asocian a cuerpos de agua. Ríos y estuarios siguen llevando embarcaciones de pequeño calado para el transporte de productos comerciales y de turistas. Las presas generan 17% de la energía eléctrica del país mediante la utilización no consuntiva de 143 km<sup>3</sup> de agua. La sustentabilidad de estas actividades requiere aportes mínimos de agua que no siempre se consideran al definir a los usuarios del recurso hídrico.<sup>7</sup>

*Mexico has over 850 sites whose recreational activities are related to water. Rivers and estuaries still carry low draught boats that transport goods and tourists. Dams generate 17% of the electricity through the non consumptive use of 143 km<sup>3</sup> of water. The sustainability of these activities requires minimum water provisions that are not always considered when defining the users of the hydrological resources.*

#### Ambiental / Environmental

Si consideramos al sector ambiental como usuario del agua podemos reconocer el papel de los ciclos hidrológicos en la conservación de los ecosistemas y su biodiversidad. No sólo se debe considerar la calidad, sino también estimar y asignar volúmenes mínimos de agua, respetar la geomorfología y los intercambios hídricos entre cuerpos de agua, y considerar la calidad y la productividad de los suelos y las áreas forestales antes de promover o aceptar cambios en el uso del suelo.<sup>7</sup>

*Considering the environmental sector as a user of water allows for the recognition of the role of hydrological cycles in the conservation of aquatic ecosystems and their biodiversity. Quality is not the only important aspect, but also the estimation and allocation of minimum water volumes, respect for geomorphological traits and the hydric interchange among basins, and consider the quality and productivity of the soils and forests before promoting or accepting land use changes.*



# Amenazas y extinciones Threats and extinctions



Las diversas actividades humanas provocan cambios en los parámetros bióticos y abióticos de los sistemas acuáticos que deterioran la calidad y la capacidad de carga de los ecosistemas, procesos que a su vez inciden de forma distinta sobre la ecología de las poblaciones de cada especie, y afectan su tamaño, densidad, crecimiento y estructura genética. Así, la extinción de una especie es un proceso poblacional determinado por numerosos factores. Por tanto, es urgente acelerar aquellos procesos que cambien las tendencias de deterioro por factores económicos, demográficos, tecnológicos y culturales ligados a la creciente y acelerada urbanización. Las acciones emprendidas deben tomar en cuenta el ordenamiento ecológico de las cuencas y el desarrollo de sistemas eficientes, con potencial predictivo, para un manejo sustentable de los recursos hídricos y biológicos.<sup>7</sup>

*Human activities provoke changes in the biotic and abiotic parameters of aquatic systems that affect the quality and carrying capacity of the ecosystems. These processes modify in different ways the population ecology of each species, changing their size, density, growth and genetic structure. The extinction of a species is a population process determined by numerous factors. Thus, it is urgent to promote those processes that stop degradation tendencies due to economic, demographic, technological and cultural factors related to the growing and accelerated urbanization. The actions undertaken must take into account the ecological regulation of watersheds and the development of efficient systems, with predictive capacity, for the sustainable management of hydrological and biological resources.*



## Actividades y mecanismos que amenazan la diversidad biológica

Pérdida y fragmentación de hábitat  
Erosión y sedimentación  
Sobreexplotación y contaminación  
Introducción de especies exóticas invasoras  
Prácticas ilegales de manejo de agua, flora y fauna  
Fenómenos naturales.

## Activities and mechanisms that threaten biodiversity

Habitat loss and fragmentation  
Erosion and sedimentation  
Overexploitation and pollution  
Introduction of exotic invasive species  
Illegal practices of water, flora and fauna management  
Natural phenomena

*Cada especie acuática extinta representa nuestro fracaso en el manejo del agua*

*Each extinct aquatic species represents our failure to manage water*



La extinción no es un certificado otorgado a una especie cuando el último de sus individuos muere. Es un proceso gradual de deterioro de las poblaciones que eventualmente termina para siempre con una especie. Dado el alto endemismo presente en los ecosistemas epicontinentales de México, muchas de las especies cuentan con una sola población cuya desaparición implica una extinción definitiva. En nuestro país se sabe de 16 especies de peces extintas, 14 de las cuales eran endémicas. Actualmente 126 especies de aguas epicontinentales se encuentran dentro de las categorías de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción.

*Extinction is not a certificate given to a species when the last of its individuals dies. It is a gradual process of population deterioration that eventually ends with a species. Given the high endemism present in the freshwater ecosystems of Mexico, many species have only one population whose disappearance implies extinction. Sixteen species of freshwater fish are known to have become extinct in Mexico, 14 where endemic. At present, 126 fish and amphibian species are considered rare, threatened or in danger of extinction.*

#### Extinciones de peces en el suroeste de Nuevo León *Fish extinctions in southwestern Nuevo León*

| Especie<br>Species              | Descubierta<br>Discovered | Extinta<br>Extinct |
|---------------------------------|---------------------------|--------------------|
| <i>Cyprinodon longidorsalis</i> | 1984                      | 1994*              |
| <i>Cyprinodon inmemoriam</i>    | 1984                      | 1986               |
| <i>Cyprinodon ceciliae</i>      | 1988                      | 1990               |
| <i>Megupsilon aporus</i>        | 1948                      | 1994               |
| <i>Cyprinodon alvarezii</i>     | 1961                      | 1994               |

En 1984 las poblaciones de *Cyprinodon veronicae* y los caracoles *Valvata beltrani* y *Valvata* sp. tenían entre 10 000 y 12 000 individuos cada una. De los caracoles quedan ahora sus conchas, y el pez cachorrillo *C. veronicae* apenas sobrevive.<sup>52</sup>

*In 1984 the populations of Cyprinodon veronicae and the snails Valvata beltrani and Valvata sp. had between 10 000 and 12 000 individuals each. Only the shells of the snails remain and the pupfish C. veronicae barely survives.*



#### CITES

México es miembro de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y en ella se encuentran registradas 17 especies acuáticas: 2 moluscos, 2 peces, 2 anfibios, 9 reptiles y 2 mamíferos.

*Mexico is member to the Convention on the International Trade of Endangered Fauna and Flora Species. 17 aquatic species are currently registered: 2 mollusks, 2 fish, 2 amphibians, 9 reptiles and 2 mammals.*

#### Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001

Esta norma determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial. En el país existen 394 vertebrados (169 peces, 197 anfibios y 28 reptiles) correspondientes a ambientes acuáticos y subacuáticos que han sido incluidas en alguna de estas categorías.

#### Official Mexican Standard NOM-059-ECOL-2001

*This regulation determines the species and subspecies of flora and fauna in danger of extinction, threatened, rare and subject to special protection. 394 vertebrates (169 fish, 197 amphibians and 28 reptiles) that live in aquatic and semiaquatic environments are currently included in one of these categories.*

Ajolote endémico y amenazado de la Cuenca Oriental.

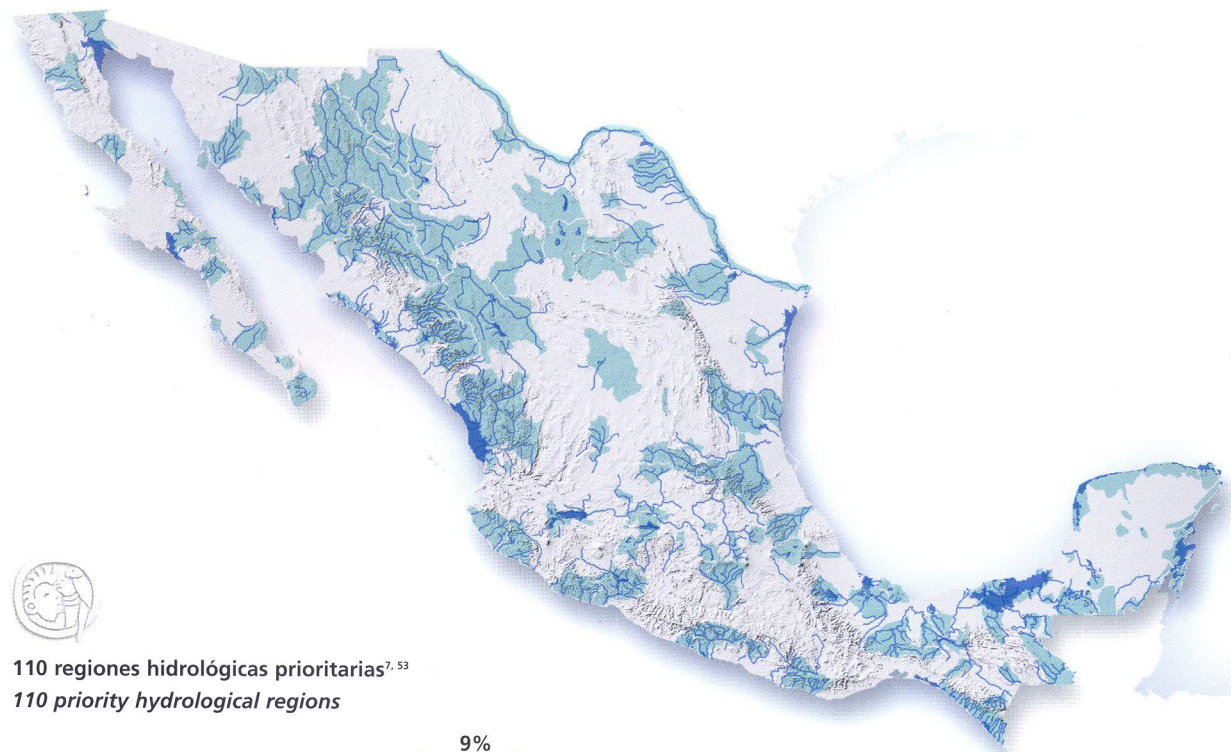
*Endemic and threatened axolotl species from the Cuenca Oriental.*

*Ambystoma subalsum*

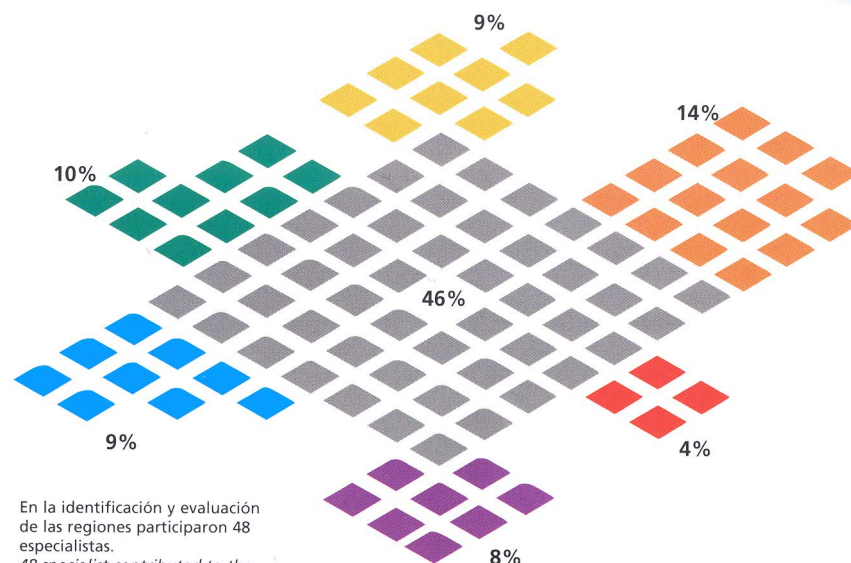




# Regiones prioritarias Priority regions



110 regiones hidrológicas prioritarias<sup>7, 53</sup>  
110 priority hydrological regions



## Crterios de priorización Prioritization criteria

- ◆ Uso  
Use
- ◆ Alta biodiversidad, uso y amenazada  
High biodiversity, use and threatened
- ◆ Alta biodiversidad y uso  
High biodiversity and use
- ◆ Alta biodiversidad  
High biodiversity
- ◆ Alta biodiversidad y amenazada  
High biodiversity and threatened
- ◆ Amenazada  
Threatened
- ◆ Uso y amenazada  
Use and threatened
- ◆ Escaso conocimiento biológico: 7 regiones  
Scarce biological knowledge: 7 regions

Para obtener un diagnóstico de la relación que guardan los recursos hidrológicos con la diversidad biológica, se llevó a cabo una regionalización de las principales cuencas y sistemas acuáticos, considerando su importancia biológica y aspectos sociales y económicos. Cada una de las regiones fue clasificada en función de su biodiversidad, su uso y las amenazas que enfrenta. El nivel de conocimiento que tenemos de ellas también fue evaluado.<sup>7</sup>

To obtain an assessment of the relationship between hydrologic resources and biological diversity a regionalization of the main watersheds and aquatic ecosystems was undertaken that considered their biological importance as well as social and economic factors. Each of the regions was classified taking into account biodiversity, their hydrological use and the threats they face. The level of knowledge we have about them was also evaluated.

## Valor ambiental / Environmental values

Integridad ecológica / Ecological integrity  
Hábitat / Habitat  
Endemismo / Endemism  
Especies amenazadas / Threatened species  
Especies indicadoras / Indicator species

## Uso / Use

Especies comerciales / Commercial species  
Importancia económica / Economic importance  
Recursos estratégicos / Strategic resources  
Servicios ambientales / Environmental services

## Amenazas / Threats

Modificación del entorno / Modification of the surroundings  
Contaminación / Contamination  
Especies introducidas / Introduced species  
Prácticas de manejo inadecuado / Inadequate management practices

En la identificación y evaluación de las regiones participaron 48 especialistas.  
48 specialist contributed to the identification and evaluation of the regions.



## Referencias References

1. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2002. Programa Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2001-2006, México.
2. García, M.A. 1982. Los recursos hidráulicos. En: M. López Portillo y Ramos (comp.), *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 92-109.
3. Secretaría de Desarrollo Social. 1993. México. Informe de la situación actual general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1991-1992. México.
4. Mittermeier, R.A., P. Robles Gil y C. Goettsch Mittermeier. 1997. *Megadiversidad. Los países biológicamente más ricos del mundo*. Cemex, México, p. 503.
5. Canadian Endangered Species Conservation Council. 2001. Wild Species 2000: The General Status of Species in Canada. Ottawa: Minister of Public Works and Govmt. Services, Canada. Edition: Version 1. Presentation Form: Report and dataset.
6. Gleick, P.H. 1998. The World's Water 1998-1999. Total Renewable Freshwater Supply by Country. Information on the World's Freshwater Resources. Water Data. Island Press, Washington, DC.
7. Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2000. *Aguas continentales y diversidad biológica de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.
8. Maderey, R.L. y C. Torres Ruata. 1990. Cuencas hidrográficas. En: Hidrogeografía e hidrometría. IV.6.1. *Atlas Nacional de México*. Vol II, escala 1: 4 000 000. Instituto de Geografía, UNAM, México.
9. Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo y C. González Pacheco. 1989. *La producción rural en México: alternativas ecológicas*. Facultad de Ciencias, UNAM-Fundación Universo Ventuno. Colección Medio Ambiente 6, México.
10. Espinosa Pérez, H., P. Fuentes Mata, M.T. Gaspar Dillanes y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, pp. 227-249.
11. Miller, R.R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30:121-153.
12. Contreras Balderas, S. 1998. Banco de datos de la ictiofauna del río Bravo desde 1902 a 1992 en la colección ictiológica de la UANL. Laboratorio de Ictiología, Universidad Autónoma de Nuevo León. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto P128, México.
13. Díaz Pardo, E. 1998. Ictiofauna Iermense. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto P006, México.
14. Lamothe Argumedo, R. 1998. Catálogo sistematizado y actualizado de la colección helmintológica del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto P085, México.
15. Rodiles Hernández, M.R. 2000. Ictiofauna de la selva Lacandona, Chiapas. División de Conservación de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto L020, México.
16. Salgado Maldonado, G. 1999. Helmintos de peces dulceacuícolas de México. Instituto de Biología, UNAM. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto H007, México.
17. Salgado Maldonado, G. 2000. Índice de integridad biótica para comunidades de peces de la región alta del río Pánuco. Instituto de Biología, UNAM. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto L281, México.
18. Schmitter Soto, J.J. 1997. Ictiofauna arrecifal de la costa sur de Quintana Roo. El Colegio de la Frontera Sur. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto B015, México.
19. Scholz, T. 1998. Parásitos de peces nativos de cenotes de la Península de Yucatán, un ecosistema único en México. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida, IPN. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto P099, México.
20. Soto Galera, E. 2000. Ictiofauna balseana y helmintos parásitos asociados. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto L051, México.
21. Soto Galera, E. 2002. Ictiofauna de la región R75 Confluencia de las Huastecas. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN. Bases de datos SNIB-Conabio, proyecto S115, México.
22. SNIB-Conabio (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2003. Megabase de peces, México.
23. Comisión Nacional del Agua. 1998. Inventario de cuerpos de agua y humedales de México. Escala 1:250 000, México.
24. Alcocer, J. y E. Escobar. 1996. Limnological regionalization of Mexico. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* 2:55-69.
25. Flores Villela, O. 1998. Herpetofauna de México: distribución y endemismo. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, pp. 251-278.
26. Lot, A. y P. Ramírez-García. 1998. Diversidad de la flora acuática mexicana. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, pp. 563-578.
27. De la Lanza, G. y J.L. García C. (comps.). 2002. Lagos y presas de México. AGT, Editor, México, p. 680.
28. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2003. Mosaico 2002 de imágenes Terra-MODIS, bandas 1,4,3 (RGB) resolución espacial 250m. México, Coordinación de Percepción Remota de la Conabio. Modelo digital del terreno (250 metros) y Batimetría Etopo2.
29. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Modelo digital del terreno, escala 1:250 000, México.
30. Morales, S.A. y R.C. Vogt, 1997. *Kinosternon leucostomum* (pochitoque, chachagua). En: E. González-Soriano, R. Dirzo y R.C. Vogt (comps.), *Historia natural de Los Tuxtlas*. UNAM-Conabio, México, pp. 488-490.
31. Casas Andreu, G., 1997. *Crocodylus moreleti* (lagarto). En: E. González Soriano, R. Dirzo y R.C. Vogt (comps.), *Historia natural de Los Tuxtlas*. UNAM-Conabio, México, pp. 481-483.
32. Escalante, P., A.G. Navarro y A. Townsend. 1998. Un análisis geográfico, ecológico e histórico de la diversidad de aves terrestres de México. En: T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.), *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 279-305.
33. Alcocer, J. y E. Kato. 1995. Cuerpos acuáticos de Cuatro Ciénegas, Coahuila. En: G. de la Lanza y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. Centro de Ecología y Desarrollo, A.C., México, pp. 177-193.
34. Minckley, W.L. 1984. Cuatro Ciénegas fishes: Research review and a local test of diversity versus habitat size. En: P.C. Marsh (ed.), *Biota of Cuatro Ciénegas, Coahuila, Mexico: Proceedings of a Special Symposium. Fourteenth Annual Meeting, Desert Fish Council, Tempe, Arizona, 18-20 November, 1983. Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science*, pp. 13-21.
35. Contreras Balderas, S. 1990. Importancia, biota endémica y perspectivas actuales en el valle de Cuatro Ciénegas, Coahuila, México. En: J.L. Camarillo y F. Rivera (comps.), *Áreas naturales protegidas en México y especies en extinción*. Proyecto Conservación y Mejoramiento del Ambiente y Unidad de Investigación ICSE, ENEP-Iztacala, UNAM, pp. 15-23.
36. McCoy, C.J. 1984. Ecological and zoogeographic relationships of amphibians and reptiles of the Cuatro Ciénegas basin. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19: 49-59.
37. Pinkava, D.J. 1981. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila, México. Parte III. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 41:127-151.
38. Pinkava, D.J. 1979. Vegetation and flora of the bolson of Cuatro Ciénegas Region, Coahuila, México: IV Summary, Endemisms and Corrected Catalogue. *Journal of the Arizona-Nevada Academy of Science* 19:23-47.
39. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto de Geografía, UNAM-Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002. Imagen de satélite Landsat ETM+, Path-Row 29-42. México, Instituto de Geografía. Proveedor original Eros Data Center. Proporcionadas por la Semarnat.
40. Arriaga, L. 1997. Introducción. En: L. Arriaga y R. Rodríguez Estrella (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 1-4.
41. Arriaga, L., S. Díaz, R. Domínguez y J.L. León. 1997. Composición florística y vegetación. En: L. Arriaga y R. Rodríguez Estrella (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 69-106.
42. Álvarez, S., P. Galina y L. Grismer. 1997. Anfibios y reptiles. En: L. Arriaga y R. Rodríguez Estrella (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 125-141.
43. Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio y E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves terrestres residentes e invernantes. En: L. Arriaga y R. Rodríguez-Estrella (eds.), *Los oasis de la Península de Baja California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, pp. 157-195.
44. Schmitter Soto, J.J., E. Escobar Briones, J. Alcocer, E. Suárez Morales, M. Elías Gutiérrez y L.E. Marín. 2002. Los cenotes de la Península de Yucatán. En: G. de la Lanza, y J.L. García C. (comps.), *Lagos y presas de México*. AGT, Editor, México, pp. 337-381.
45. López Portillo y Ramos, M. (comp.). 1982. *El medio ambiente en México: temas, problemas y alternativas*. Fondo de Cultura Económica, México, pp. 426.
46. Comisión Nacional del Agua. 2001. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006, México.
47. García, E. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1998. Precipitación total anual, escala 1:1 000 000, México.
48. Alcocer, J., M. Chávez y E. Escobar. 1993. La limnología en México. Historia y perspectiva futura de las investigaciones limnológicas. *Ciencia* 44:441-453.
49. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 1999. Estaciones hidrométricas. Extraído de bandas (Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, CNA (1997), México.
50. Sánchez, V., M. Castillejos y L. Rojas. 1989. *Población, recursos y medio ambiente en México*. Fundación Universo Ventuno. Colección Medio Ambiente 8, México.
51. NOAA-National Geophysical Data Center. 1998. World stable light images-October, 1994 to March, 1995. National Geophysical Data Center.
52. Contreras Balderas, S. y M.L. Lozano Vilano. 1996. Extinction of most Sandía and Potosí valleys (Nuevo León, Mexico) endemic pupfishes, crayfishes and snails. *Ichthyology Explorations of Freshwaters* (71): 33-40.
53. Arriaga, L., V. Aguilar y J. Alcocer. 2000. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Escala 1: 4 000 000, México.
54. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2003. Montañas para el programa del año 2003, escalas 1:50 000 y 1:250 000. Seleccionadas por la Comisión Nacional Forestal y definidas en sus límites por la Conabio, México.
55. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2002. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso de suelo y vegetación, Serie II, escala 1:250 000. Continuo Nacional, México.
56. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2001. Resumen ejecutivo del Programa de Trabajo 2001-2006, México.
57. Comisión Nacional Forestal. 2001. Plan Estratégico Forestal para México 2025, México.
58. Comisión Nacional Forestal e Instituto Nacional de Ecología. Reportes sobre el programa de pago por servicios ambientales.



**AGUAS CONTINENTALES Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MÉXICO**

Publicación conjunta de la Semarnat y la Conabio con motivo del  
**III Foro Mundial del Agua**, Japón, marzo de 2003.

**FRESHWATER AND BIOLOGICAL DIVERSITY OF MEXICO**

*A publication of Semarnat and Conabio in occasion of the  
III World Water Forum, Japan, March 2003.*

---

**CITA**

**CONABIO-SEMARNAT. 2003. AGUAS CONTINENTALES Y DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MÉXICO**

Publicación con motivo del **III Foro Mundial del Agua**, Japón. México.

**CITATION**

**CONABIO-SEMARNAT. 2003. Freshwater and biological diversity of Mexico**

*A publication in occasion of the III World Water Forum, Japan. Mexico.*

Contenido / Contents:  
Comisión Nacional para el  
Conocimiento y Uso de la  
Biodiversidad

Diseño y producción  
Design and production:  
Biographica

Fotografía / Photo:  
Fulvio Eccardi  
Pablo Cervantes

Impresión / Printed by:  
Offset Rebosán, S.A. de C.V.

Impreso en México  
Printed in Mexico

**CONABIO**  
Comisión Nacional  
para el Conocimiento  
y Uso de la Biodiversidad







**Ahuehete** (*Taxodium mucronatum*)

Árbol de gran longevidad que crece en las márgenes de los ríos

*Longlived tree that grows in river margins*