

Ciencia y Desarrollo



Septiembre/Octubre del 2000 • Volumen XXVI • Número 154 • ISSN 0185-0008 • México \$ 20.00

Conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas de México

El estudio de los cristales por rayos X en México

Ilustración y medicina

Calidad del aire intramuros en museos

Investigación orientada a aplicaciones y desarrollo tecnológico



Director General
Carlos Bazdresch Parada

Director Adjunto de Investigación Científica
Jaime Martuscelli Quintana

Director Adjunto de Modernización Tecnológica
Ramiro García Sosa

Director Adjunto de Desarrollo Científico y Tecnológico Regional
Luis Ponce Ramírez

Director Adjunto de Coordinación del Sistema SEP-Conacyt
Alfonso Serrano Pérez Grovas

Directora Adjunta de Asuntos Internacionales y Becas
Claudia González Brambila

Director Adjunto de Política Científica y Tecnológica
Adrián Jiménez Gómez

Director Adjunto de Administración y Finanzas
Francisco Javier Fernández de Castro Santos



SEP • CONACYT

Director Editorial
Armando Reyes Velarde

Editora
Clairette Ranc Enriquez

Subdirector Editorial
Carlos Monroy García

Consejo editorial: René Drucker Colín, José Luis Fernández Zayas, Oscar González Cuevas, Pedro Hugo Hernández Tejeda, Alfonso Larqué Saavedra, Jaime Litvak King, Lorenzo Martínez Gómez, Humberto Muñoz García, Ricardo Pozas Horcasitas, Alberto Robledo Nieto, Alfonso Serrano Pérez Grovas.

Asesores editoriales: Guadalupe Curiel Defossé y Mario García Hernández

Redacción: Concepción de la Torre Carbó, Josefina Raya López, Lizet Díaz García y Alicia Díaz Ortega

Coordinación de producción: Jesús Rosas Espejel

Producción: Carolina Montes Martínez

Diseño e Ilustración
Agustín Azuela de la Cueva y Elvis Gómez Rodríguez

Impresión
Talleres Gráficos de México
Canal del Norte 80, 06280 México, D.F.

Distribución
Intermex, S.A. de C.V.
Lucio Blanco 435,
Col. San Juan Tlihuaca, 02400 México, D.F.

Suscripciones y ventas
Alicia Villaseñor
Conacyt/Ciencia y Desarrollo
Av. Constituyentes 1054, edificio anexo. 1er piso
Col. Lomas Altas, C.P. 11950 México, D.F.
327 74 00, ext. 7044

Consulte la página Internet del Conacyt,
en la siguiente dirección electrónica:

<http://www.conacyt.mx>

Ciencia y Desarrollo es una publicación bimestral del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), editada por la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica. Los artículos firmados son responsabilidad de los autores. Se prohíbe la reproducción total o parcial sin la expresa autorización de la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica. Certificado de licitud de título de publicación: 259, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación, expediente 1/342 "79"/1271, del 22 de agosto de 1979. Reserva al título en Derechos de Autor núm. 04-1998-42920332800-102, del 29 de abril de 1998, expedido por la Secretaría de Educación Pública.

Autorizada como correspondencia de segunda clase.
Registro DGC núm. 0220480, características 229621 122. Certificado de licitud de contenido núm. 112.

Producida por la Dirección de Comunicación Científica y Tecnológica, con dirección en avenida Constituyentes 1054, Col. Lomas Altas, Delegación Miguel Hidalgo, 11950 México, D.F., teléfono 327 74 00, ext. 7800 y 7801.

Con frecuencia las sociedades se enfrentan al imperativo de conciliar metas que mal meditadas pudieran concebirse separadas: la lucha por enriquecer e incrementar bienes y servicios a veces no permite identificar un riesgo que adquiere forma cuando, al mismo tiempo, no se reconoce la urgencia de conservar.

No desperdiciar es norma clara cuando de recursos no renovables se trata. No lo es tanto en cuanto a los renovables, ya que para recuperarlos pareciera bastar un acto de voluntad. Este último caso no resulta tan sencillo y se evidencia con la problemática de los suelos que existe en México, cuya necesidad de atención puede ser puesta de manifiesto con este dato: el 75 por ciento de la superficie nacional es víctima de la erosión.

La tierra, como todo bien económico, adquiere valor por sus características intrínsecas puestas en relación con las necesidades humanas que satisface. Cambia en respuesta al trabajo que el hombre invierta en él, o al mal consumo que lo deprecia. La aridez, en consecuencia, no es una maldición insuperable, así como tampoco las regiones formadas por planicies costeras irrigadas, sabanas cultivables o montañas boscosas constituyen una bendición eterna.

Tal vez lo más significativo del mensaje implícito en el trabajo de Montañó Arias y Monroy Ata que publicamos en esta edición de *Ciencia y Desarrollo*, consista precisamente en que debemos advertir que frente a uno u otro escenario, lo determinante sigue siendo la acción del hombre.

La recuperación y el enriquecimiento de nuestras zonas erosionadas –factibles en la medida en que se desarrolla más la tecnología en este renglón– son tareas que se abren como imperiosas necesidades y que desde hace un tercio de siglo se encuentran entre las acciones relevantes de los mexicanos.

Paradójicamente, menos sencillo resulta conservar lo que tenemos. Somos víctimas de la tendencia a desperdiciar lo que juzgamos eterno, aunque lo esencial, en este caso, es una apremiante condición socioeconómica cuya presión no disminuye, sino que se incrementa al paso de los años.

Nos enfrentamos al deterioro ecológico esencial, a la degradación del suelo por la ocupación urbana, la deforestación continua sin las aplicaciones científicas y éticas del caso, y el ejercicio de métodos de cultivo ancestrales tal vez aceptables bajo ciertos criterios de permisibilidad técnica que no parecen cumplirse.

La importancia del tema quizá resulte fácilmente comprensible si consideramos que hablamos de algo más que de recursos naturales y de factores económicos; también nos referimos al perfil de un país, incluso a una imagen y a un paisaje que para nosotros constituye referencia particular como pueblo. ☒



zonas áridas

** Parte de este trabajo se presentó en el XXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, celebrado del 22 al 26 de marzo de 1999 en Tapachula de Córdova y Ordóñez, Chis.*

Conservación ecológica de suelos en *y semiáridas* en México*

NOE MANUEL MONTAÑO ARIAS Y ARCADIO MONROY ATA

Introducción

AL VIAJAR POR EL TERRITORIO DE MÉXICO, CASI EN CUALQUIER dirección, se observa que gran parte de él ha perdido ya su cubierta vegetal original, y se puede ver también que, lamentablemente, extensas superficies del país están ocupadas por suelos degradados, debido a procesos como las erosiones eólica e hídrica, salinización, contaminación e inundación. Estos suelos, además de la manera acelerada con que se degradan, tienen escasa vegetación, baja productividad y no están en vías de recobrar su cubierta vegetal original. Como parte de la restauración ecológica de estas áreas es necesario e inaplazable buscar opciones para rehabilitar los suelos y para elevar su productividad vegetal, ya que de no hacerlo ahora, en el futuro se pagarán facturas elevadas, tanto sociales como ecológicas.



El sobrepastoreo extensivo, con hatos mixtos de ganado caprino y ovino, es una de las principales causas que degradan la vegetación en zonas semiáridas, con la consecuente erosión del suelo.



ROSALBA GARCÍA

Las laderas de elevaciones en zonas áridas y semiáridas son áreas con alto riesgo de erosión por tracción hídrica durante los escurrimientos, debido a la escasa cubierta vegetal.



ROSALBA GARCÍA

La construcción de terrazas en terrenos con pendientes perceptibles frena la erosión del suelo y permite el mejor manejo de los sedimentos y de la humedad del sustrato disponible para la vegetación.

Uno de los principales factores que influyen en el deterioro de los ecosistemas terrestres es la erosión de sus suelos. La erosión es un conjunto de procesos por los cuales las partículas del suelo son removidas de su lugar por agentes como el agua, el viento o la acción biológica, y constituye una causa importante de la degradación del ambiente y uno de los factores limitantes más serios a que se enfrenta la agricultura, además de influir en la pérdida de la biodiversidad. En numerosas investigaciones, México se ha situado entre los países latinoamericanos con problemas de erosión más severos, presentando en el 75% de su

superficie evidencias de erosión edáfica acelerada (véase Maass y García-Oliva, 1990). No obstante lo anterior, la información al respecto es reducida, lo que revela la limitada atención que se le ha brindado al problema en nuestro país, sobre todo en zonas consideradas poco atractivas y de las cuales resultaría paradójico pensar que albergan gran parte de la biodiversidad del país; en efecto, las regiones donde la lluvia es irregular y escasa, es decir, las zonas áridas y semiáridas, son el habitat de especies cuya variedad florística es elevada, como el caso de las plantas suculentas (cactáceas y agaváceas, entre otras).

De acuerdo con lo anterior, el presente trabajo analiza las principales causas de la erosión en suelos áridos y semiáridos, así como los criterios para su conservación ecológica, y propone algunas opciones para llevar a cabo dicha conservación, acordes con las circunstancias detectadas para estos ecosistemas, bajo el enfoque de la restauración ecológica como forma de contrarrestar el proceso de erosión que se presenta en estas zonas.

Factores, agentes y tipos de erosión

En el proceso de erosión converge una multitud de factores que hace de la conservación ecológica de los suelos una tarea difícil; por ello, para poder proponer medidas que resuelvan esa problemática es necesario entender los factores constitutivos de los agentes que determinan la erosión, así como la vulnerabilidad de los ecosistemas respecto a este proceso, e incluso entender dicho proceso erosivo como el producto de las dinámicas interna (expresada por la movilidad de las placas litosféricas) y externa (la interacción de la atmósfera con la superficie terrestre), y también como un proceso geológico natural, constituyente del ciclo externo de erosión-transporte-sedimentación. Sin embargo, a pesar de que la erosión es considerada como la autorregulación geológica de los ecosistemas, ésta se ha visto acelerada en los últimos años por la sobreexplotación de tales ecosistemas.

El estudio de la erosión requiere de un manejo de los componentes del proceso a diferentes escalas, tanto espa-

ciales como temporales. Las escalas espaciales abarcan desde la continental, o incluso planetaria, hasta la microscópica, mientras que las temporales se manifiestan en episodios de corta duración (como puede ser la erosión producida a consecuencia de una tormenta) y de larga duración o de escala geológica (como el arrastramiento de una cordillera). Ante tal variabilidad espacial y temporal del proceso erosivo resulta un paso obligado acotar las dimensiones físicas del problema y los casos en que éste se presenta, pues los factores que determinan el tipo de erosión son climáticos y geológicos, y de ellos se derivan otros como la vegetación, la litología, las pendientes, el tipo de suelo, la presencia o ausencia de medidas de conservación, el manejo y la explotación, aspectos que normalmente se presentan interrelacionados a lo largo del tiempo. Estos factores y otros también vinculados se agrupan en tres categorías: energía, resistencia y protección.

En la categoría de energía se incluye la habilidad potencial (erosividad) de la lluvia, el escurrimiento y el viento para causar la erosión, y también factores que afectan el poder de los agentes erosivos, como la reducción de la longitud de escurrimiento o la disminución de la fuerza del viento a través de las construcciones de terrazas y de barreras rompevientos. El factor fundamental para la categoría de resistencia es el potencial erosivo del suelo, que depende de sus propiedades mecánicas y químicas, es decir, la "erosionabilidad" del suelo es la resistencia del mismo al desprendimiento y transporte de partículas por los agentes erosivos; dicha resistencia depende de la posición topográfica, la pendiente, la textura, la capacidad de infiltración, los contenidos de materia orgánica y los cementantes químicos del suelo. Finalmente, dentro de la categoría de protección se incluyen todos aquellos factores que permiten el adecuado manejo y la aplicación de opciones más favorables para la conservación ecológica de los suelos (Figuroa *et al.*, 1994).

La erosión es esencialmente un proceso en el que las partículas del suelo son transportadas, rodadas y arrastradas por diversos agentes, como la fuerza de gravedad, que actúan en forma directa sobre las masas sólidas y semilíquidas del suelo y la roca, o bien por agentes como

el agua y el viento que intervienen en la disolución y ruptura de tales partículas (Hudson, 1990). Un agente más que interviene es la temperatura, aunque éste sólo se detecta con claridad a lo largo del tiempo; ejemplo de ello es la ruptura y el descajado de las rocas por variación de la temperatura. Los mecanismos biológicos también se consideran como agentes erosivos, ya que algunos de estos procesos son originados por organismos vivos, como los líquenes y los musgos, siendo el principal efecto de los seres vivos el de acelerar otros agentes erosivos; por ejemplo, el sobrepastoreo de ganado caprino y ovino en zonas áridas y semiáridas ocasiona que los animales pisoteen rocas y suelo y generen condiciones más favorables para que las partículas sean arrastradas por el agua y el viento. Cabe señalar que uno de los principales aceleradores de otros muchos agentes de la erosión ha sido el propio *Homo sapiens sapiens*, debido a sus actividades, especialmente la sobreexplotación de la naturaleza en la búsqueda de recursos para su supervivencia y desarrollo.

El tipo de erosión se diferencia de acuerdo con el agente erosionante, y de esta manera podemos establecer tres tipos principales: la erosión eólica, cuyo agente es el viento; la hídrica, cuyo agente es el agua, y la acelerada, cuyos agentes principales son los organismos. Se reconocen a su vez diferentes formas de erosión eólica como la corrosión, la abrasión, la deflación, la extrusión y la efluencia. La erosión hídrica se divide en tres formas principales: la tracción, la suspensión y la solución (Hudson, 1990).

Importancia de las zonas áridas y semiáridas de México

México, considerado como uno de los 12 países con mayor megadiversidad biológica, está conformado –en un 60%– por zonas donde la lluvia es escasa y poco predecible, y donde también se conjugan factores que facilitan el fenómeno erosivo como son el suelo suelto y finamente dividido, las superficies suaves y con poca cobertura vegetal, extensas áreas planas y otras con pendientes abruptas y vientos fuertes. Sin embargo, en estas regiones se concentra una parte importan-



El mezquite de la región central de México (Prosopis laevigata) es una planta freatofita que aporta materia orgánica y un microclima favorable a la colonización vegetal bajo su cobertura, lo cual permite retener el suelo y frenar el proceso de erosión.



El garambullo (Myrtillocactus geometrizans) es una especie que se desarrolla en zonas semiáridas de la altiplanicie mexicana, cuyas flores y frutos son comestibles, y también es una planta nodriza que favorece el establecimiento de otros vegetales bajo su cobertura.

te de la biodiversidad mexicana, incluyendo gran número de endemismos, es decir, especies que sólo se desarrollan en áreas restringidas; las regiones de México con tales características se han clasificado como zonas áridas y semiáridas. Diez son los estados de la República Mexicana que tienen zonas áridas: Baja California, Baja California Sur, Durango, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, San Luis Potosí, Sonora, Zacatecas y Tamaulipas, pero asimismo existen regiones semiáridas que comprenden porciones de los estados de Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Querétaro, cuya diversidad biológica es comparable a la que presentan algunas zonas del norte de México (Valiente, 1996).

Las zonas áridas y semiáridas de México mantienen una diversidad botánica aproximada de seis mil especies de plantas y son, a su vez, depositarias de los más altos niveles de endemismos del país, lo que lleva a considerarlas como áreas con alto potencial en la obtención de recursos naturales originales, como materias primas para las industrias farmacéutica, alimentaria, textil, de cosméticos, etc., que podrían apoyar el desarrollo sustentable del país si se conservan o se cultivan en vez de colectarse. En estas zonas están asentados alrededor de 25 grupos étnicos y 400 municipios que comprenden 84 millones de hectáreas, ocho millones de ellas transformadas en áreas para la agricultura (Valiente, 1996) y el 90% del resto, deterioradas ecológicamente debido al sobrepastoreo. En las regiones con aridez climática o edáfica predomina la agricultura de temporal, de subsistencia, que día tras día se enfrenta a la baja productividad por problemas como salinización y erosión de los suelos (Velasco-Molina, 1991).

Causas de la erosión y criterios para las prácticas de conservación ecológica de los suelos áridos y semiáridos

El nivel de deterioro ecológico de los ecosistemas áridos y semiáridos, causado por la erosión de sus suelos, se comprende mejor si se toma en cuenta que el suelo es un recurso no renovable, pero que puede ser rehabilitado, aunque este es un proceso lento, debido a la baja velocidad de formación del mismo. Se han

detectado tres causas principales por las cuales se presentan valores altos de la pérdida de suelo en las zonas áridas y semiáridas del país: a) las características edáficas, como las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo (textura, contenido de humedad, estructura, microorganismos, etc.), y sus condiciones (pendiente, cobertura vegetal, pedregosidad, densidad de raíces, etc.); b) el tipo de manejo actual bajo el cual están sujetas (agrícola, ganadero o técnicas de conservación), y c) los factores socioeconómicos y culturales de esas zonas (limitaciones económicas, alimenticias y de productividad). De esta manera, se puede decir que los ecosistemas áridos y semiáridos son susceptibles de ser erosionados y altamente vulnerables a las consecuencias de la pérdida de suelo, dadas las condiciones de marginación de las comunidades rurales que habitan estas zonas y el acelerado deterioro ecológico causado por el sobrepastoreo, la apertura de nuevas tierras para la agricultura, el abandono de las mismas, los incendios y la creciente extracción de leña, entre otros factores.

Por lo anterior, se puede afirmar que la erosión de los suelos áridos y semiáridos está altamente determinada por el aspecto socioeconómico, que lleva al ser humano (como productor o no) a destruir y desequilibrar estos ecosistemas. No obstante, a fin de establecer criterios para las prácticas de conservación de suelos en estas zonas, es conveniente tener como marco principal –además del socioeconómico– la estructura y el manejo de los mismos ecosistemas áridos y semiáridos, que deberá enfocarse desde el punto de vista del desarrollo agrícola, ganadero o forestal, de las formas de producción y de las características de los terrenos.

El criterio fundamental para la conservación de los suelos es mantener su productividad potencial, lo cual se lograría utilizando un paquete de estrategias mecánicas y biológicas; sin embargo, estas medidas se deben diseñar dentro del contexto social y de biodiversidad en el que se desarrollarán. A fin de conseguir lo anterior, Figueroa (1994) plantea que deben existir tres criterios para la elección de una práctica de conservación de suelos con problemas de erosión: 1) la eficiencia de la conservación del suelo; 2) la integración de tecnología, la investigación y

su aceptación técnica, social y cultural, y 3) el costo, es decir, los recursos para llevarla a cabo y la relación costo-beneficio obtenida. Asimismo, se recomienda emplear estrategias mecánicas, basadas en la manipulación de las características físicas del ecosistema, como la pendiente, la topografía, etc., y como complemento estrategias biológicas, las cuales utilizan el papel de la vegetación y de la biota edáfica para minimizar la erosión, como en el caso de las cortinas rompevientos, el uso de acolchados y coberturas, la práctica de labranza mínima, el favorecimiento de la microbiota edáfica de hongos micorrízicos y bacterias nitrificantes, entre otras; estas estrategias –al igual que los criterios– permiten proponer opciones aplicables para la conservación ecológica y el control de la erosión de suelos en las zonas áridas y semiáridas del país.

Prácticas de conservación para suelos áridos y semiáridos susceptibles a la erosión

Dentro de las prácticas de conservación de suelos se han considerado generalmente sólo las terrazas, como una práctica con amplias posibilidades de ser usadas en variados ambientes susceptibles a la erosión, pero existen otras opciones que pueden ser más acordes con las condiciones climáticas, físicas, biológicas, socioeconómicas y culturales de cada región ecológica de México. De acuerdo con García-Oliva y Maass (1990), las prácticas de control de la erosión pueden agruparse en cuatro tipos: a) aquéllas orientadas a reducir la fuerza erosiva del viento y de la lluvia por medio del mantenimiento de una cobertura máxima del suelo; b) las que reducen la fuerza erosiva por arrastre o efecto erodante del viento y las relacionadas con el escurrimiento, combinando las características de la pendiente y la superficie del terreno; c) aquéllas orientadas a favorecer las características del suelo, reduciendo la susceptibilidad a ser erosionado (erodibilidad), tanto por el viento como por la lluvia, y d) las planteadas para el manejo y uso de los sedimentos erosionados. De acuerdo con estas dos últimas consideraciones y los criterios para elegir las prácticas de conservación, así como también con las causas de la erosión en ambientes áridos

Cuadro 1. Principales acciones de la vegetación y sus efectos sobre el suelo

ACCIONES DE LA VEGETACION	EFECTOS SOBRE EL SUELO
Intervenir en la mineralización.	Acelera la mineralización física, química y biológica.
Aportar materia orgánica y nutrimento.	Aumenta la cantidad y mejora la distribución y naturaleza de la materia orgánica del suelo.
Establecer la cohesión de partículas y construir el sistema de huecos (cutánes).	Promueve el desarrollo de la estructura edáfica por el aporte de materia orgánica y por la acción de las raíces en su crecimiento. También favorece la circulación del agua y del aire en el suelo.
Actuar como filtro de la radiación solar.	Regula la temperatura, la evaporación y el régimen de humedad (el microclima).
Actuar en la captación e infiltración de la precipitación pluvial.	Intercepta las gotas de lluvia, con lo que evita el impacto directo y puede disminuir la erosión por salpicadura; aumenta la infiltración y frena la velocidad del agua de escorrentía, disminuyendo la erosión por escorrentía superficial. Aumenta la retención de agua.
Actuar como barrera rompavientos.	Frena la erosión eólica e intercepta el material transportado por el viento.
Mejorar la fertilidad del suelo.	Propicia la inmovilización, liberación y dispersión de nutrimentos.

y semiáridos y las características particulares de los mismos, se proponen a continuación las siguientes medidas de control:

1. Prácticas por medio del mantenimiento de una cobertura máxima del suelo

a) Coberteras vegetales vivas (véase cuadro 1). Este tipo de prácticas no sólo reducen la erosión al disminuir la energía cinética de las gotas de lluvia y proteger los suelos de los fuertes vientos que incrementan el desplazamiento de las partículas, sino que, además, el sistema radical de las especies vegetales empleadas incrementa la porosidad del suelo, le da estabilidad a los conglomerados del mismo e incorpora materia orgánica (García-Oliva y Maass, 1990; Hudson, 1990). En el caso de las zonas áridas y semiáridas, este tipo de prácticas se pueden aplicar para el caso de los suelos de uso vegetal limitado o transformados al uso agrícola, mediante cultivos mixtos, combinando plantas de crecimiento rápido con otras de crecimiento lento, o bien por medio de un manejo agroforestal (agricultura y silvicultura), el cual se refiere a la combinación de cultivos de importancia alimenticia (maíz y frijol) con árboles o arbustos perennes. Para el caso de las áreas de pastoreo extensivo, llamadas también agostaderos, la mejor opción sería el manejo de los sistemas agrosilvopastoriles (véase cuadro 3). Tanto el sistema agroforestal como el de cultivos mixtos y el agrosilvopastoril reducen la pérdida de suelo y líquido, mejorando las condiciones de los ciclos de energía, agua y nutrimentos, lo cual llevaría a

pensar que se está logrando una incipiente rehabilitación ecológica del ecosistema y, a largo plazo, una posible restauración ecológica del mismo.

b) Coberteras vegetales muertas. Este tipo de práctica se aplica a consecuencia de las descritas en el punto anterior y consiste en los conocidos acolchados, derivados de la hojarasca producida por las plantas empleadas en los sistemas de cultivo mixto, agroforestales y agrosilvopastoriles, por lo que también se considera una alternativa para reducir la erosión de los suelos áridos y semiáridos del país. El acolchado reduce la pérdida de suelo y agua, protegiéndolo del impacto de la lluvia y de los fuertes vientos; incrementa la tasa de infiltración y proporciona estructura y porosidad al suelo; conserva la humedad, reduciendo la temperatura superficial de este último y es una fuente de nutrimentos como el nitrógeno, fósforo y potasio (N, P, K), además de que asegura una alta actividad biológica, favoreciendo de esta manera la simbiosis microorganismo-planta como en el caso de las micorrizas.

2. Prácticas de combinación de características de la pendiente y la superficie del terreno

a) Labranza mínima. Respecto a esta práctica de conservación, para el caso de la agricultura en zonas áridas y semiáridas se recomienda, en primera instancia, la no labranza, puesto que para los suelos que ya tienen uso agrícola esta ausencia de roturación favorece las condiciones ecológicas del suelo al promover el desarrollo de la microbiota edáfica, lo cual sustenta el de-

Cuadro 2. Árboles, arbustos, plantas crasas y herbáceas de posible utilización como barreras vivas, cortinas rompevientos, plantas forrajeras y coberteras vegetales, bajo condiciones de escasa precipitación pluvial

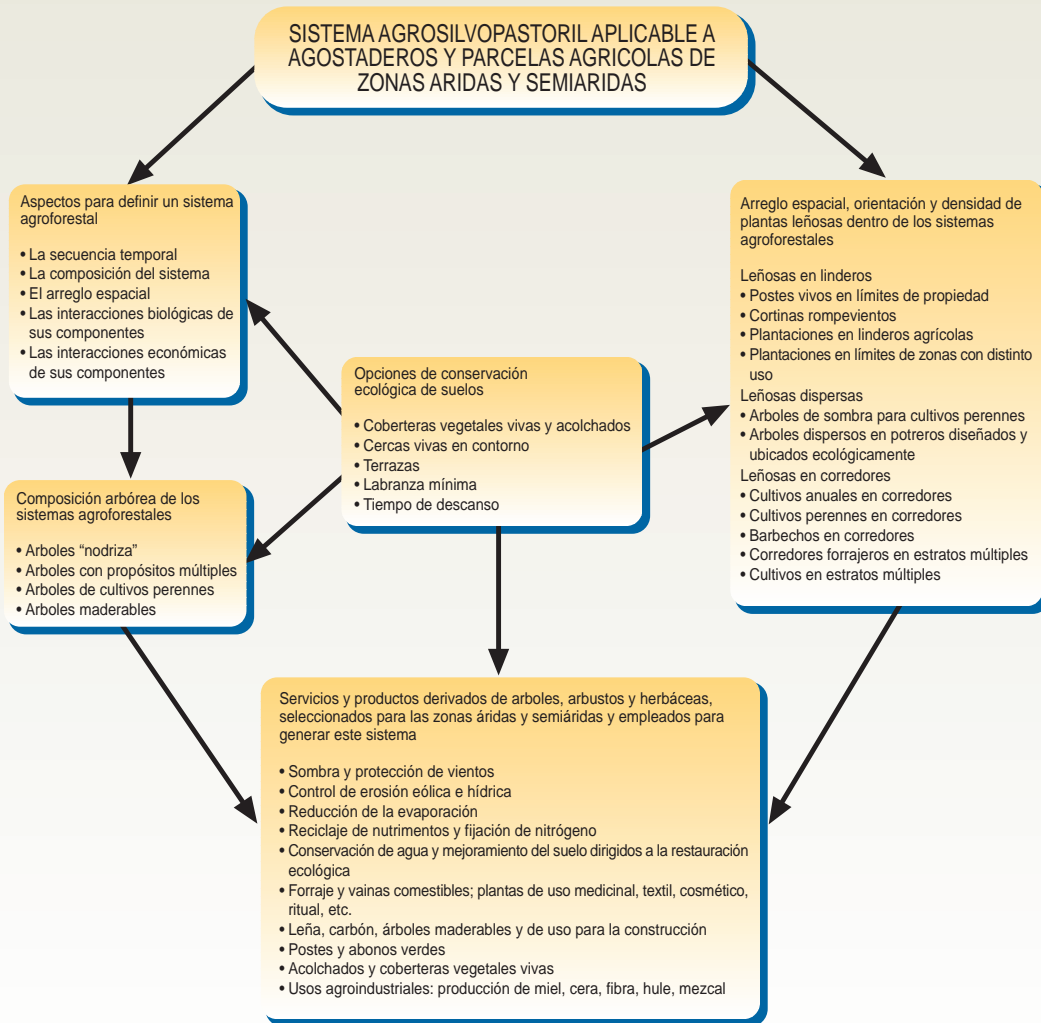
NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	TIPO DE FOLLAJE
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i> <i>Prosopis laevigata</i>	Deciduo
Palo fierro	<i>Olneya tesota</i>	Deciduo
Barreta	<i>Helietta parvifolia</i>	Deciduo
Palo verde	<i>Cercidium floridum</i>	Deciduo
Huizache	<i>Acacia farnesiana</i>	Deciduo
Palma china	<i>Yucca filifera</i>	Perenne
Palma samandoca	<i>Yucca carnerosana</i>	Perenne
Uña de gato	<i>Acacia greggii</i>	Deciduo
Pino piñonero	<i>Pinus cembroides</i>	Perenne
Rompevientos	<i>Tamarix parviflora</i>	Perenne
Costilla de vaca	<i>Atriplex canescens</i>	Deciduo
Garambullo	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Perenne
Biznaga	<i>Ferocactus peninsulae</i>	Perenne
Nopal	<i>Opuntia spp.</i>	Perenne
Damiana	<i>Turnera diffusa</i>	Deciduo
Magüey	<i>Agave spp.</i>	Perenne
Orégano	<i>Lippia spp.</i>	Deciduo
Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>	Perenne
Pastos	<i>Bouteloua spp.</i> <i>Eragrostis spp.</i> <i>Buchloe dactyloides</i>	Perenne Perenne Perenne
Pasto salado	<i>Distichlis spicata</i>	Perenne

sarrollo vegetal y reduce las pérdidas de suelo por erosión en estos sitios. En los suelos de los agostaderos con sequías estacionales y en general de todos los de zonas áridas y semiáridas del país no es recomendable su transformación en suelos agrícolas, aunque las condiciones económicas hayan orillado a que esta forma de producción rural se utilice en la actualidad.

- b) Cercas vivas en contorno. En este tipo de práctica se utilizan las llamadas barreras o cortinas rompevientos, que se han usado desde épocas prehispánicas. Las cercas se conforman de especies vegetales arbustivas o arbóreas, por lo general perennes, sembradas siguiendo las curvas de nivel de los terrenos; éstas favorecen la infiltración, disminuyen la velocidad del viento, frenan el escurrimiento y detienen los sedimentos producidos ladera arriba, o los generados en el mismo lugar al ser removidos por acción del viento. Por ello, se proponen las cercas vivas como alternativa para la conservación ecológica de los suelos de ambientes áridos

- y semiáridos, especialmente en áreas con pendientes superiores al 10% (4° 30'). Las principales especies utilizadas como barreras rompevientos en este tipo de ambientes son las registradas en el cuadro 2.
- c) Terrazas. Otra de las prácticas prehispánicas son las terrazas, cuyo objetivo es reducir al mínimo el gradiente del declive para disminuir la erosividad por agua o por viento, razón por la cual se recomiendan tanto para ser aplicadas en los agostaderos como en los suelos de uso agrícola. La mayor eficiencia en la conservación del suelo se ha obtenido con estas terrazas, las cuales permiten la intensificación del uso del suelo, justificado por los altos índices de conservación del mismo y por la producción económicamente redituable para el propio mantenimiento de la terraza, por lo que se considera una buena alternativa para las altas presiones demográficas al igual que para aplicarse tanto en la agricultura tradicional como en las grandes extensiones de agostaderos.

**Cuadro 3. Sistema agrosilvopastoril
(elaborado a partir de Vázquez-Yanes y Batis, 1996)**



3. Prácticas que favorecen las características de los suelos reduciendo la erodibilidad

- a) **Tiempo de descanso del suelo.** Esta es una práctica más para su conservación, que se debe tomar como alternativa para las zonas áridas y semiáridas, incluyendo dos variantes; la primera que es preciso considerar es el descanso respecto al pastoreo, excluyendo terrenos por medio de la construcción de potreros bien diseñados y en áreas adecuadas, y la segunda, el tiempo de descanso respecto al uso de los potreros (tala, extracción de leña, cosecha de pastizales, fuego, etc.). Esto evita el sobrepastoreo y detiene el desmonte de agostaderos (práctica similar a la roza-tumba-quema) y su posterior transformación en terrenos de uso agrícola, o la construcción de más potreros, que lejos de tener una productividad redituable, aceleran el proceso de degra-

dación vegetal con la consecuente erosión en estos ambientes.

4. Prácticas orientadas al manejo de sedimentos erosionados

- a) **Retención y acumulación de sedimentos.** El manejo de los sedimentos erosionados puede ser una buena alternativa para la agricultura en ladera, practicada en las zonas áridas y semiáridas del país, pues son técnicas que permiten captar los sedimentos, ladera abajo, con fines prácticos como la propia construcción de terrazas, que posteriormente reducirían la erosión favoreciendo la conservación ecológica del suelo, o la captación de sedimentos y nutrientes erosionados, que incrementarían la fertilidad y la humedad disponible en los suelos abiertos al cultivo. La recuperación

de sedimentos, nutrimentos y humedad es una ventaja en la búsqueda del desarrollo de especies vegetales nativas o reintroducidas, que funcionarán como coberteras vivas y muertas para conservar el suelo y para orientar a las zonas con algún grado de aridez hacia su rehabilitación o restauración ecológica.

La conservación de los suelos, principio de la restauración ecológica de los ecosistemas áridos y semiáridos

Revertir los daños causados a los recursos renovables de los ecosistemas es el objetivo de la restauración ecológica, con la cual se intenta detener, en primera instancia, el proceso de deterioro del suelo por medio del establecimiento de una nueva cobertura vegetal, lo que debe propiciar el aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles en el sitio que se va a restaurar (Bradshaw, 1983; Vázquez-Yanes y Batis, 1996); es entonces, en este campo, donde se pueden entender las formas idóneas que permitan recuperar un ecosistema degradado, mediante la asociación resultante de introducir especies (nativas o exóticas) con los factores bióticos y abióticos ya establecidos. De esta forma, se inducen los procesos naturales del desarrollo de una nueva comunidad vegetal, de manera tal que permitan frenar la erosión de los ecosistemas, al grado de no perder más suelo, retenerlo y seguir asegurando así el crecimiento de más vegetación, para lograr rehabilitarlo con una composición florística similar al ecosistema original, o bien restaurar la ecología de dicho ecosistema, mediante la reconstrucción de la diversidad vegetal preexistente.

Un mecanismo que conjuga la conservación de suelos con la restauración ecológica en las zonas áridas y semiáridas menos perturbadas o naturales, con poca acción humana, mínimo sobrepastoreo y sin transformaciones agrícolas, ganaderas o forestales, es el de los sistemas agro-silvopastoriles (véase cuadro 3), los cuales están formados por la combinación de la mayoría de las prácticas de conservación de suelo ya analizadas. Indudablemente, sería excelente que se aplicaran de manera extensiva estas

prácticas como el sustrato natural capaz de soportar el crecimiento vegetal, que a su vez permita la restauración del ecosistema y la conservación de la biodiversidad que México alberga en sus zonas áridas y semiáridas.

Conclusiones

Las zonas áridas y semiáridas tienen gran importancia para México por su extensión, su potencial productivo, su biodiversidad y su diversidad cultural; por ello, es necesario comprender y revertir los mecanismos de la erosión, los cuales son innatos al proceso y sólo cambian en su índice de velocidad, de acuerdo con las características físicas, biológicas y ecológicas de la zona (propiedades edáficas), las condiciones de manejo del suelo y el contexto socioeconómico del sitio. Así, se detectaron tres causas de la erosión del suelo en estas zonas: a) las características ecológicas (baja cobertura vegetal, sequía, lluvias esporádicas intensas, fuertes vientos, etc.); b) el tipo de manejo actual bajo el cual están sujetas, siendo básicamente dos: la agricultura de temporal y las áreas de agostaderos, y c) factores socioeconómicos y culturales.

De acuerdo con lo anterior, las medidas de conservación de suelos propuestas en este trabajo para las zonas áridas y semiáridas resultarían un fracaso si no se toman en cuenta las condiciones biológicas, ecológicas, físicas, culturales y socioeconómicas de estas zonas; en consecuencia, antes de aplicar cualquier práctica de las aquí planteadas y al establecer estrategias viables para la conservación de suelos es necesario considerar de manera integral el sistema agropecuario local, tomando en cuenta las prácticas tradicionales –sustentables ambientalmente– de manejo de recursos naturales, que de continuo se aplican en sistemas agropecuarios al igual que en ecosistemas naturales de estas zonas.

En el caso de los suelos áridos y semiáridos abiertos a la siembra, la práctica de cultivo mixto, la labranza mínima, los acolchados, el establecimiento de árboles –como el mezquite– o de plantas leñosas de importancia económica y ecológica, así como los sembradíos con barreras rompevientos (tomando en cuenta las especies de árbo-



La palma china (Yucca filifera) es otra especie cuyo habitat son las zonas semiáridas de la región central de México; sus flores son comestibles y se recomienda para formar cortinas rompevientos.

les y arbustos propuestas en el cuadro 2), pueden resultar buenas opciones para contrarrestar el proceso erosivo; de igual manera, sobresale la importancia de los sistemas agrosilvopastoriles (de uso múltiple de recursos –agricultura, silvicultura, ganadería controlada, agroindustria rural, etc.) como alternativa de conservación. Sin embargo, es necesario indicar que tales sistemas deben tender a no deteriorar el ecosistema, por lo que el primer paso a seguir sería conocer la biología básica de las especies que se emplearán.

Para contrarrestar el proceso erosivo en los agostaderos (tanto en las laderas abruptas como en las pendientes no accidentadas y planicies) es necesaria la introducción de pastizales inducidos, la combinación de manejo entre los sistemas de pastizal y agroforestal, siendo los sistemas agrosilvopastoriles también una buena opción, con tiempos adecuados de descanso y evitando al máximo el sobrepastoreo. En ambos casos es preciso recuperar el conocimiento tradicional indígena y campesino en cuestiones de agricultura y ganadería para la zona, con la sencilla finalidad de evaluar su potencial actual para el aprovechamiento y la conservación biológica y ecológica de los suelos.

Por lo anterior, puede concluirse que todas las prácticas descritas contribuyen en alguna medida a lograr la conservación de los suelos de estos ecosistemas, lo que será la base para recuperar de manera parcial la cubierta vegetal nativa de los mismos, la cual, a su vez, permitirá incrementar los índices de conservación del suelo, a medida que se restablezcan las interacciones bióticas y abióticas propias del ecosistema. Dicho en otras palabras, se detectó una acción recíproca entre las prácticas de conservación de suelos (frenar el proceso de erosión) y una incipiente restauración ecológica del sitio; en efecto, en la restauración ecológica es fundamental el manejo del suelo y del agua para conservar la humedad del sustrato y conformar una comunidad vegetal. También se requiere de un estudio biológico de las especies vegetales que se pretenda utilizar, comprender los ciclos biogeoquímicos del ecosistema local y considerar los aspectos culturales y socioeconómicos de las poblaciones humanas aledañas al ecosistema, incluyendo su participación activa.

Por último, se señala la urgente necesidad de incrementar y apoyar aún más la investigación sobre los procesos erosivos en México, no sólo la orientada a inventariar el estado actual del deterioro del suelo, sino también la dirigida a entender dichos procesos locales y a generar técnicas –de amplia y urgente aplicación– de conservación de suelos y de rehabilitación o restauración de la vegetación, ya que con ello contribuiremos a preservar la biodiversidad de ambientes que están sujetos a presiones de sobreexplotación creciente. 🌱

Agradecimientos

Los autores desean expresar su reconocimiento al biólogo Ramiro Ríos Gómez, a los maestros en ciencias Rosalva García Sánchez (quien proporcionó dos de las fotos que ilustran el texto) y Gerardo Cruz Flores, así como a

la pasante de bióloga Ayerim G. López Hernández, por sus comentarios, sugerencias y observaciones respecto al borrador de este escrito; tales acciones sin duda alguna fueron parte importante al momento de estructurar la redacción final. La elaboración de los cuadros incluidos fue posible gracias al apoyo de Claudia Ahumada Ballesteros.

Referencias

- Bradshaw, A. D. "The Reconstruction of Ecosystems", *Journal of Applied Ecology*, 20, 1983, pp. 1-17.
- Cavazos, D. R. "Uso múltiple de los agostaderos en el norte de México", *Ciencia Forestal en México*, enero-junio, 1997, vol. 22 (81), pp. 3-26.
- Figueroa, S. B.; A. Amante, y H. Cortés. *Manual de predicción de pérdida de suelo por erosión*, México, 1994, SARH, 149 p.
- García-Oliva, F., y J. M. Maass. "Consideraciones a las prácticas de conservación de suelos en zonas tropicales", *Revista de difusión científica-tecnológica y humanística*, vol. 1(12), 1990, pp. 11-17.
- Hudson, N. W. *Soil conservation*, Ithaca, 1990, Cornell University Press, 345 p.
- Maass, J. M, y F. García-Oliva. "Investigación sobre la erosión de los suelos en México. Un análisis de la literatura existente", *Ciencia*, (41), 1990, pp. 209-228.
- Valiente, A. "La conservación de los desiertos: un desafío", *Ocelot. Revista mexicana de la conservación PRONATURA*, vol. 4, 1996, pp. 34-37.
- Vázquez-Yanes, C., y A. I. Batis. "La restauración de la vegetación, árboles exóticos vs. árboles nativos", *Ciencias* (43), 1996, pp. 16-23.
- Velasco-Molina, A. *Las zonas áridas y semiáridas: sus características y manejo*, México, 1991, Limusa, 725 p.

Bibliografía

- Bocco y F. García-Oliva. "Researching Gully Erosion in Mexico", *Soil and Water Conservation Society*, vol. 47(5), 1992, pp. 365-367.
- Chávez, D. R., y S. L. Camargo. "Restauración ecológica: ¿Herramienta o teoría ecológica?", *Tópicos de investigación y posgrado*, IV(4), 1995, pp. 230-234.
- FAO. "Conservación y uso sostenible de la biodiversidad de zonas áridas y semiáridas de América Latina y el Caribe", *Estudios de caso, Serie Zonas áridas y semiáridas*, núm. 8, Santiago de Chile, 1996, pp. 77-97.
- Kidd, Ch. V., y D. Pimentel. *Integrated Resource Management. Agroforestry for Development*, Nueva York, 1992, Academic Press, Inc., 223 p.
- Maldonado, A. L. "Manejo de la cubierta vegetal de las zonas áridas de México", *Bol. Divul.*, núm. 75, 1993, SARH-INIFAP, 34 p.

Víctor Alemán Alemán, coautor del artículo "Los estudios acerca de la conciencia. Visión panorámica del *Journal of Consciousness Studies*", nació el 9 de julio de 1933 en Charcas, San Luis Potosí. Es médico cirujano por la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y en 1965 obtuvo su doctorado en la especialidad de bioquímica en la Universidad de Duke, Carolina del Norte, en los Estados Unidos. Ese mismo año ingresó como profesor adjunto del Departamento de Bioquímica del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional, y en 1979 fue miembro fundador de la Sección de Neurociencias del propio Cinvestav; posteriormente, dicha Sección se incorporó al Departamento de Fisiología de la citada institución, en donde continúa como profesor titular y ha impartido cursos de posgrado. Es autor de 38 artículos en revistas y libros de circulación internacional y de más de 100 trabajos presentados en congresos nacionales e internacionales, y es miembro de la Sociedad Mexicana de Ciencias Fisiológicas, de la Sociedad Mexicana de Bioquímica, de la International Brain Research Organization, de la Society for Neuroscience, de la International Society for Developmental Neuroscience y de la Academia Mexicana de Ciencias. Sus temas de investigación son memoria, aprendizaje espacial y áreas del cerebro que participan, mecanismos moleculares involucrados en su establecimiento (cambios en las sinapsis y en el núcleo, inducidos por las cascadas de señalización que se activan por los neurotransmisores involucrados) y regulación de la transcripción y de los niveles de calcio libre nuclear.



College de la Universidad de Londres; dos años después ingresó como profesor de tiempo completo en la Universidad Autónoma Metropolitana, donde actualmente labora. Sus principales áreas de interés son la investigación en máquinas eléctricas y la administración de la demanda en sistemas eléctricos de potencia.



Laura Edna Aragón Borja, coautora del artículo "Hacia una tecnología social en las ciencias humanas y de la conducta", nació el 10 de diciembre de 1955 en la ciudad de México. Realizó sus estudios de licenciatura y maestría en psicología en el Campus Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Actualmente es profesora de carrera nivel "C", con una antigüedad de 20 años en la UNAM; asimismo, es becaria del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología para realizar una especialidad en matemáticas aplicadas. Ha sido ponente en congresos nacionales e internacionales y es autora de *Dislexia: fundamentos teóricos, evaluación y tratamiento*, entre otros libros y artículos.



Adolfo Ernesto Cordero Borboa, autor del artículo "El origen del estudio de los cristales por rayos X en México: Graef, Cano y Fabregat", nació en la ciudad de México en 1953. Obtuvo la licenciatura en física, la maestría y el doctorado en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y llevó a cabo un posdoctorado en la Universidad de Oxford, Inglaterra. Desde 1976 funge como profesor de la propia Facultad de Ciencias y, a partir de 1982, como investigador en el Instituto de Física de esta misma casa de estudios, donde se desempeña como encargado del Laboratorio de Cristalografía. Fue coordinador general del proyecto Museo de las Ciencias de la UNAM, secretario académico del Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia, editor nacional del *Directorio Mundial de Cristalógrafos de la IUCr*, presidente del Comité Consultivo de la Sociedad Mexicana de Cristalografía (Smcr), secretario del comité Nacional Mexicano para la Cristalografía, y presidente fundador electo de la Smcr. Asimismo, fungió como organizador del Primer Congreso Nacional, y de las primeras Semanas Nacionales de Cristalografía, y como coordinador académico general del programa UNAM-Banco Interamericano de Desarrollo, de la Facultad de Ciencias de esta casa de estudios. Sus líneas de investigación abarcan la cristalografía geométrica y la roentgenología de fases secundarias y de enzimas de interés médico, y es miembro del Sistema Nacional de Investigadores.

Eduardo Campero Littlewood, coautor del artículo "Investigación orientada a aplicaciones y a desarrollo tecnológico", nació en 1947 en la ciudad de México. En 1969 obtuvo el grado de ingeniero mecánico electricista por la Universidad Nacional Autónoma de México, y en 1975 inició sus estudios de maestría en el Imperial

Graciela Delhumeau Arrecillas, coautora del artículo "Los estudios acerca de la conciencia. Visión panorámica del *Journal of Consciousness Studies*", nació el 11 de diciembre de 1932 en la ciudad de México. Obtuvo la licenciatura como química farmacéutica bióloga en la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de México (UNAM), y en 1957 el grado de maestra en ciencias por la Universidad de Wisconsin, en los Estados Unidos, y posteriormente el doctorado en la Universidad de París, Francia, en la especialidad de bioquímica. Ha desarrollado trabajo de investigación en el Departamento de Bioquímica del Instituto Nacional de la Nutrición, en el Departamento de Bioquímica del Instituto Nacional de Cardiología y en la Jefatura de Investigación del Instituto Mexicano del Seguro Social, institución donde se jubiló. Desarrolló labor docente en las instituciones mencionadas así como en las facultades de Medicina y de Química de la UNAM, tanto en el nivel de licenciatura como en el



de posgrado. Ha dedicado 25 años de su carrera a estudiar la diferenciación mitocondrial de las células germinales durante la espermatogénesis, y desde hace siete años incursionó formalmente en el campo de la psicología. En la actualidad pertenece al grupo internacional que se ocupa del estudio de los "yoes" interiores, según la perspectiva desarrollada en California, Estados Unidos, por Hal y Sidra Stone (*Resources of Voice Dialogue Practitioners*, website: <http://delos-inc.com>). El objetivo central de su práctica es la integración cuerpo-mente-espíritu por medio de un proceso de expansión de la conciencia.

Mario García Hernández, autor del artículo "Los estudios acerca de la conciencia. Visión panorámica del *Journal of Consciousness Studies*", nació en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, el 3 de febrero de 1927. Realizó la licenciatura en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) y recibió el título de químico bacteriólogo y parasitólogo. Fue becario del Institute of International Education y de la Wisconsin Alumni Research Foundation en los Estados Unidos, y obtuvo la maestría en bioquímica y el doctorado en filosofía en la propia Universidad de Wisconsin; además, llevó a cabo un posdoctorado en el Laboratorio Donner de biofísica de la Universidad de California, en Berkeley. Fue investigador bioquímico en el Instituto Nacional de Cardiología y profesor titular (fundador) de la Sección de Graduados de la ENCB y del Departamento de Bioquímica, y primer Secretario Académico del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del IPN. Entre sus campos de estudio se pueden mencionar los relacionados con estructura, función y biogénesis de organelos celulares; lipoproteínas séricas y regulación e integración metabólica. Fue miembro fundador de la Sociedad Mexicana de Bioquímica (1957) y tesorero de la Pan-American Association of Biochemical Societies (1978). Es egresado distinguido de la ENCB (1978), y el aula del Departamento de Bioquímica del Cinvestav lleva su nombre desde 1984. Es jubilado desde 1983 y pensionista del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado, y actualmente está interesado en el estudio del principio antrópico cosmológico y del fenómeno de la experiencia consciente. Desde 1983 colabora como asesor editorial en la revista *Ciencia y Desarrollo* del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.



Rocío García Martínez, autora del artículo "Calidad del aire intramuros en museos. El Templo Mayor", nació en la ciudad de México, en diciembre de 1964. Obtuvo la licenciatura en química por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Ha realizado estudios sobre la química atmosférica en el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la propia UNAM, mismos que le han permitido



participar en diversas conferencias y congresos nacionales. Es coautora de artículos con arbitraje de carácter nacional e internacional, y ha publicado memorias en extenso y artículos en revistas de divulgación de la ciencia.

Oscar M. González Cuevas, autor del artículo "Investigación orientada a aplicaciones y a desarrollo tecnológico", nació en Mérida, Yucatán, en 1936. Obtuvo el título de ingeniero civil en la Universidad de Yucatán y los grados de maestría y doctorado en ingeniería por la Universidad Nacional Autónoma de México. Actualmente es profesor investigador en el Departamento de Materiales de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), unidad Azcapotzalco, así como tutor en el doctorado inter-institucional en educación, con sede en la Universidad Autónoma de Aguascalientes. En la UAM fue rector general de 1985 a 1989, anteriormente fue rector de la Unidad Azcapotzalco y director de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería. En la actualidad es miembro de la Junta Directiva de dicha casa de estudios, y sus áreas de interés en la investigación son la ingeniería estructural y la planeación y administración de la educación superior.



Correo electrónico: omgc@prodigy.net.mx

Arcadio Monroy Ata, coautor del artículo "Opciones para la conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas de México", nació el 16 de febrero de 1958 en la ciudad de México. Realizó sus estudios de licenciatura en biología en la Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza (actualmente FES Zaragoza), de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) donde se tituló con mención honorífica en 1980 y se hizo acreedor a la Medalla Gabino Barreda. Asimismo, con beca del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en 1989 concluyó su doctorado en ecología (Nuevo Régimen) en la Universidad de Ciencias y Técnicas de Languedoc, Montpellier, Francia, donde recibió la mención de "Muy Honorable" al sustentar su tesis. También ha tomado 25 cursos de superación académica y cuenta con 19 años de experiencia docente. Actualmente es profesor de carrera de tiempo completo asociado "C", asignado a la licenciatura en biología y a la División de Estudios de Posgrado e Investigación de la UNAM. Su trayectoria como investigador le ha permitido incursionar en el área de restauración ecológica de la FES Zaragoza. Ha participado en congresos internacionales y ha dictado conferencias en diferentes instituciones; asimismo ha evaluado proyectos de investigación del Conacyt, de la Universidad Autónoma Metropolitana, de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y del PADEP. Ha promovido la difusión y la divulgación de la ciencia, por medio de las revistas



Tópicos de investigación y posgrado, Boletín de Investigación, Educación y sus nexos, y Vertientes, así como del boletín mensual de divulgación ecológica *La Hoja Verde*.

Correo electrónico: arcadiom@servidor.unam.mx

Noé Manuel Montaña Arias, autor del artículo "Opciones para la conservación ecológica de suelos en zonas áridas y semiáridas de México", nació en Chalco, Estado de México, el 17 de junio de 1976. Es pasante de la licenciatura en biología por la Facultad de Estudios Superiores (FES), Unidad Zaragoza, de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y dentro de sus actividades académicas ha sido organizador de un ciclo de conferencias y de una exposición ecológica. También ha participado en ciclos de conferencias sobre ecología, edafología y desarrollo sostenible en México; asimismo ha presentado trabajos en el Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Es miembro de la Unidad de Investigación en Ecología Vegetal (calidad de estudiante) de la FES Zaragoza, UNAM, de la Sociedad Botánica de México, A.C., y de la Sociedad de la Ciencia del Suelo, A.C. Publicó un folleto titulado *Los seres vivos y su entorno*, en 1996, y tiene en prensa el *Problemario de físico-química para biología y ciencias afines*. Es colaborador del boletín ecológico *La Hoja Verde*; ha sido becario de las fundaciones UNAM y Telmex, y actualmente de un proyecto financiado por PAPIIT-DGAPA, como apoyo a su tesis de licenciatura, que versa sobre el estudio de los hongos micorrizógenos, asociados a islas de fertilidad en matorrales de zonas semiáridas.



Correo electrónico: genaro@colpos.colpos.mx

Oscar Ramírez Toledano, coautor del artículo "Los estudios acerca de la conciencia. Visión panorámica del *Journal of Consciousness Studies*", nació el 11 de marzo del 1934 en Orizaba, Veracruz. Se graduó como médico cirujano en 1958, en la Escuela Nacional de Medicina de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). En 1974 obtuvo el doctorado en ciencias, en la especialidad de bioquímica, en el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Inició su actividad en el Instituto Nacional de Cardiología de México, donde fue becario, investigador ayudante y médico investigador hasta 1972. Su principal interés es la enseñanza de la bioquímica del desarrollo, y en México ha sido el único profesor de esta disciplina de posgrado en la Facultad de Química de la UNAM, así como en ambas dependencias del IPN hasta 1999. Ha impartido diversos cursos relacionados con la biología del desarrollo, tanto en instituciones de salud como universitarias; realizó una estancia



posdoctoral en el Departamento de Embriología de la Carnegie Institution of Washington y en la Universidad Johns Hopkins en Baltimore, Maryland, de los Estados Unidos, durante los años sesenta. En 1974 fue elegido por la Muscular Dystrophy Association of America para ser Científico Visitante en el Cardiovascular Research Institute de la Universidad de California y en el Departamento de Fisiología de la Universidad del Pacífico. Desde 1979, organizó en México las cuatro Jornadas de Biología del Desarrollo y fue electo Presidente Fundador de la Sociedad Mexicana de Biología del Desarrollo y organizador del Primer Congreso Nacional de Biología en 1992. Ha sido autor de más de 30 referencias nacionales e internacionales en revistas y libros desde 1961. Su área de interés se centra en la diferenciación y el desarrollo de los tejidos neuromusculares en aves y en mamíferos.

Martha Eugenia Rodríguez, autora del artículo "Ilustración y medicina: sus alcances en la Nueva España", es doctora en historia, egresada de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y actualmente labora en el Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina de la Facultad de Medicina de la máxima casa de estudios, donde es profesora e investigadora. Fue becaria en el Wellcome Institute for the History of Medicine, en Londres, Inglaterra, y sus líneas de investigación se centran en la historia de la medicina durante los siglos XVIII y XIX, en particular sobre la enseñanza, la salud pública y las publicaciones periódicas. Es miembro de diversas sociedades académicas nacionales y extranjeras, así como del Sistema Nacional de Investigadores. Fue ganadora del Premio Mexicano de Historia de la Medicina en 1998, y es autora de más de 80 artículos y capítulos sobre dicho tema, además de dos libros.



Arturo Silva Rodríguez, autor del artículo "Hacia una tecnología social en las ciencias humanas y de la conducta", nació el 15 de marzo de 1954 en la ciudad de Aguascalientes. Obtuvo sus grados de licenciatura y maestría en psicología en el Campus Iztacala de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y posteriormente el doctorado en la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales de la máxima casa de estudios. Desde hace 20 años es profesor de la UNAM y, actualmente, becario del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) para realizar una especialidad en matemáticas aplicadas. También, financiado por dicho Consejo, realizó un proyecto de investigación sobre la delincuencia en México, y ha sido ponente en congresos nacionales e internacionales. Es autor de los libros *Métodos cuantitativos en psicología: un enfoque metodológico*, y *La investigación asistida por computadora*.

