

AGUA:

DIEZ REFLEXIONES EN TORNO A NUESTRO PATRIMONIO NATURAL



GILBERTO SILVA-LÓPEZ
(compilador)



Universidad Veracruzana

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es).

Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana para cualquier uso comercial.

La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja conforme a la legislación aplicable.

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Sara Ladrón de Guevara

Rectora

Leticia Rodríguez Audirac

Secretaria Académica

Clementina Guerrero García

Secretaria de Administración y Finanzas

Octavio Ochoa Contreras

Secretario de la Rectoría

Édgar García Valencia

Director Editorial

AGUA: DIEZ REFLEXIONES EN TORNO A NUESTRO PATRIMONIO NATURAL

GILBERTO SILVA-LÓPEZ
(compilador)

UNIVERSIDAD VERACRUZANA
XALAPA, VER., MÉXICO
2014

Maquetación de forros: Jorge Cerón Ruiz

Fotografía: Iván Flores Santiago, Instituto de Investigaciones Biológicas
de la Universidad Veracruzana (IIB-UV)

Clasificación LC: TD388.A1 A38 2014

Clasif. Dewey: 333.9116

Título: Agua : diez reflexiones en torno a nuestro patrimonio
natural / Gilberto Silva-López (compilador).

Edición: Primera edición.

Pie de imprenta: Xalapa, Ver., México : Universidad Veracruzana, 2014.

Descripción física: 136 páginas : ilustraciones, fotografías, mapas ; 26 cm.

Notas: Incluye bibliografías.

ISBN: 9786075023656

Materia: Conservación del agua--México--Congresos.

Materia: Conservación de los recursos naturales--México--Congresos.

Autores relacionados: Silva-López, Gilberto, compilador.

DGBUV 2014/51

Este libro ha sido publicado con el financiamiento de la Dirección General de Desarrollo Académico e Innovación Educativa, como resultado del programa de Fortalecimiento de Cuerpos Académicos.

Primera edición, 15 de diciembre de 2014

D. R. © Universidad Veracruzana

Dirección Editorial

Hidalgo núm. 9, Centro, CP 91000

Xalapa, Veracruz, México

Apartado postal 97,

diredit@uv.mx

Tel./fax (01228) 818 59 80; 818 13 88

ISBN: 978-607-502-365-6

Impreso en México

Printed in Mexico

CONTENIDO

Prefacio, 11

Gilberto Silva-López

.1.

**LAS CINCO GRANDES: EXTINCIONES MASIVAS
DE ESPECIES EN LA HISTORIA DE LA TIERRA
ASOCIADAS AL AGUA, 15**

Gilberto Silva-López

.2.

MURCIÉLAGOS PESCADORES, 29

Rolando Arboleda Sánchez

.3.

**LA GESTIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA
PARA LA CONSERVACIÓN DE HUMEDALES:
ESTUDIOS DE CASO, 39**

Enrique Portilla Ochoa y Crystell Contreras Torres

.4.

PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN
QUE AFECTAN LA BIODIVERSIDAD
EN EL SISTEMA LAGUNAR
DE ALVARADO, VERACRUZ, 53

*Alonso I. Sánchez Hernández, Blanca Elizabeth Cortina Julio y Enrique
Portilla Ochoa*

.5.

LA CONTAMINACIÓN EN LOS HUMEDALES
Y LA IMPORTANCIA DE CUIDAR EL RECURSO
AGUA, 63

Blanca Elizabeth Cortina Julio y Enrique Portilla Ochoa

.6.

LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS POR GRASAS
ANIMALES Y ACEITES VEGETALES
Y EL BIODIESEL, 71

*S. Augusto Hernández Rivera, José Martínez Gándara, Laura Escamirosa
Gutiérrez y Miriam Licona Romero*

.7.

LA INTERACCIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN
Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA
EN VERACRUZ, 77

Leonel Torres Hernández y S. Mario Vázquez Torres

.8.

EL IMPACTO DE LAS PLANTAS INVASORAS
ACUÁTICAS, 89

Isabel López Zamora

.9.
BREVE CONSIDERACIÓN DEL CASO DEL AGUA
COMO UN PROBLEMA ÉTICO
Y NO TÉCNICO, 101

Rubén López Domínguez

.10.
LA CRISIS PLANETARIA DEL AGUA:
UNA PERSPECTIVA TRANSDISCIPLINARIA, 117

*Tania Romo González, Cristina Núñez Madrazo, Carlos Pérez Alvarado,
Leticia Bravo Reyes, Inés Medina, Denisse Escalante, Eduardo Ruiz
Cervantes y Enrique Vargas Madrazo*

Sobre los autores, 133

PREFACIO

El 1 de septiembre del año 2006, en el Museo del Transporte de la ciudad de Xalapa y en el marco de la Feria Internacional del Libro Universitario (FILU), se llevaron a cabo el seminario de divulgación Patrimonio ambiental y humano-H₂O: implicaciones biológicas y ecológicas de un planeta con escasez de agua, y los talleres La crisis planetaria del agua, biocampos y la esencia sagrada de la vida: una perspectiva transdisciplinaria y La contaminación en los humedales y la importancia de cuidar el recurso agua. Estos eventos fueron el resultado del trabajo conjunto de académicos y del personal administrativo del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana quienes, como siempre, recibieron el apoyo invaluable de los asistentes y los estudiantes de sus diferentes áreas de investigación.

Dados nuestros intereses académicos, la propuesta conjunta consistió en que, desde la perspectiva de diversas disciplinas como la evolución, la mastozoología, la botánica, la ecología, la conservación, la microbiología aplicada, la educación ambiental, la filosofía y los estudios transdisciplinarios, entre otros, aportásemos algunas reflexiones en torno a la problemática biológica y ecológica del agua, en especial, lo que en algunos ámbitos podría suponer la pérdida y el deterioro del líquido para la existencia de nuestro patrimonio ambiental y humano. Por desgracia, el escenario pasado y actual muestra claramente que no sólo estamos perdiendo agua, sino nuestra capacidad de utilizarla.

Ante esta incapacidad tanto operativa como de reflexión, responsabilidad y compromiso hacia el futuro, incluyendo el nuestro y el de nuestras familias, nos acercamos cada día más a problemas críticos, que

a muchas personas hace sólo algunos años les parecían remotos o ni siquiera merecían su atención. Hoy, debido a la abrumadora evidencia de estudios y evaluaciones de cuerpos de agua, costas y mares provenientes de diferentes partes del mundo, así como de nuestro estado y país, sabemos que estos problemas son actuales. La compleja problemática del agua requiere de mucha atención, pues ni siquiera está lejana geográficamente; en ciertos casos, sólo estamos separados algunos cientos de metros, o mucho menos, de dichos problemas. Esto es notable para una especie como la nuestra y todas las que nos acompañan y que llamamos conjuntamente biodiversidad. Todas, sin excepción, han podido aparecer y evolucionar debido directa e indirectamente al agua. Es por eso que nos pareció importante plasmar algunas de nuestras ideas al respecto en los textos que hoy integran este libro.

Escritos con un lenguaje accesible para un amplio público, incluyendo a la comunidad universitaria, los capítulos contienen reflexiones y experiencias en torno a la problemática del agua. Si bien es posible escribir muchos capítulos sobre el tema del agua o emplear muy diversos modelos y ejemplos para comprender su importancia, en esta obra se incluyen sólo los enfoques de los participantes en los eventos académicos antes mencionados, y los contenidos son responsabilidad de los mismos autores. Comprender el significado del agua en la historia de la Tierra, por ejemplo, supone conocer el porqué en el pasado se dieron episodios de extinción masiva de especies, en los que desaparecieron la enorme mayoría de las formas de vida existentes (capítulo 1). La temática del agua y las formas de vida también adquieren relevancia cuando se examina la manera en que organismos tan útiles al hombre como los murciélagos, están estrechamente relacionados con los ambientes acuáticos (capítulo 2). En virtud de la tremenda importancia del agua como reservorio y hábitat de una gran diversidad de organismos, los humedales son abordados desde el punto de vista de la gestión participativa en cuanto a su conservación (capítulo 3), su contaminación (capítulo 4) y la necesidad de la educación ambiental para preservarlos (capítulo 5). Por lo que respecta a la contaminación del agua, en las ciudades es afectada por las grasas animales y los aceites vegetales que se desechan a diario, es por ello que deben buscarse alternativas para reutilizar estos compuestos y evitar así que continúen contaminando (capítulo 6). Otro tópico considerado es la manera como la vegetación interacciona con la disponibilidad del agua, en particular en un estado como el nuestro. En Veracruz, a pesar de existir una enorme cantidad de ríos y arroyos, la mayoría de ellos han sido alterados y, en consecuencia, la vegetación

ha sido y continúa siendo muy afectada (capítulo 7). No todas las plantas, cuya vida está muy ligada a los cuerpos de agua, forman parte de nuestro patrimonio vegetal. Algunas de ellas, introducidas de forma directa o accidentalmente por el hombre, se han convertido en verdaderas invasoras que amenazan y afectan no sólo a otras especies sino a las posibilidades de un desarrollo armónico con el medio ambiente (capítulo 8). Nuestra aportación sobre esos temas no estaría completa si no se examina el caso del agua como un problema ético y no técnico (capítulo 9), o si su problemática no es analizada desde una perspectiva transdisciplinaria (capítulo 10). En conjunto, lo que hemos buscado es ofrecer información y elementos de consideración para seguir valorando al agua como parte esencial de nuestras vidas, y para motivar a la cavilación en torno a las acciones que se requiere plantear y llevar a cabo para preservarla. Ese es el compromiso que todos debemos adquirir. Es por ello que esta obra se dedica con respeto a los estudiantes universitarios actuales y por venir, así como a los profesionales y técnicos que enfrentan la problemática del agua día a día, pues es muy probable que, en su futuro, como profesionales, les tocará atestiguar lo peor y tendrán que lograr lo mejor. La comunidad universitaria no debe dejarlos solos.

Nuestro agradecimiento a los investigadores nacionales e internacionales que gentil y desinteresadamente brindaron su apoyo a esta obra como revisores de la misma: al doctor Edward O. Keith (†), profesor asociado del Instituto de Estudios Marinos y Costeros del Centro Oceanográfico de la Universidad Nova del Sureste en Dania Beach, Florida, EUA; al doctor Salvador Mandujano, investigador del Instituto de Ecología, A. C. en Xalapa, Veracruz, México; al doctor Humberto Maturana Romesín, cofundador y CEO del Instituto Matríztico, en Santiago de Chile, Chile; a la doctora Martha Elena Nava Tablada, profesora investigadora de El Colegio de Veracruz en Xalapa, Veracruz, México; al doctor Roger Orellana Lanza, profesor investigador del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A. C. en Mérida, Yucatán, México; a la doctora María Consuelo Sánchez González, profesora investigadora del Centro de Investigaciones Históricas y Sociales Román Piña Chan de la Universidad Autónoma de Campeche, en San Francisco de Campeche, Campeche, México

Respecto a la feria en que se originó esta obra, los organizadores y el personal adjunto de la FILU-2006 fueron especialmente atentos y apoyaron en todo momento nuestros eventos. Agradecemos, en particular, a la doctora Celia del Palacio Montiel, presidente del Consejo Editorial de la Universidad Veracruzana, quien en la FILU-2006 fungía como directora

editorial de nuestra casa de estudios. Gracias también por el gentil y valioso respaldo operativo brindado en ese entonces por Jacqueline Alemán y Víctor Hugo Ocaña. Con respecto a esta publicación, nuestro sincero agradecimiento al doctor Edgar García Valencia, actual director editorial de la Universidad Veracruzana; gracias también a Patricia Maldonado Rosales por su incansable, determinante e inestimable labor de apoyo en todos los detalles inherentes al proceso de edición de esta obra.

Deseamos también expresar un sencillo pero muy sincero reconocimiento a nuestras autoridades universitarias: a la doctora Sara Ladrón de Guevara, rectora de la Universidad Veracruzana, a la maestra Leticia Rodríguez Audirac, secretaria académica, y a la maestra Clementina Guerrero García, secretaria de administración y finanzas, por el impulso y trabajo que día a día brindan a las actividades académicas, gestión y desarrollo de nuestra universidad. El tener el privilegio de poder contribuir a la distribución social del conocimiento con estas reflexiones es uno de los resultados de ello. Especialmente en un momento como éste, en el que nuestra Universidad Veracruzana cumple sus primeros 70 años de Arte, Ciencia y Luz, y de ser la principal institución de educación superior en el estado de Veracruz y una de las más importantes del país.

GSL

Xalapa, Ver., diciembre, 2014

.1.

LAS CINCO GRANDES: EXTINCIONES MASIVAS DE ESPECIES EN LA HISTORIA DE LA TIERRA ASOCIADAS AL AGUA

Gilberto Silva-López

INTRODUCCIÓN

El agua es esencial para la vida y lo ha sido siempre. Esto no es algo trivial ni discutible. Hoy, las aguas continentales y oceánicas están llenas de formas de vida, de especies que interaccionan en constante equilibrio. Las formas de vida terrestre se originaron en el agua y su enorme diversidad en la actualidad sólo es posible gracias al agua, su ciclo y su historia.

Pero el agua no ha sido siempre igual. Sus características abióticas han ido cambiando. La temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto, los contenidos minerales y otros se han modificado a lo largo del tiempo. En la historia de la Tierra, muchos organismos se han ido adaptando a esos cambios en el agua y sus componentes. Hablar de la historia de la Tierra para reflexionar sobre el agua no es sencillo, pues para ello se debe comprender lo que significa el tiempo geológico, algo difícil de entender.

El tiempo geológico se ha definido como el estudio de la historia de la Tierra, desde la formación de su corteza terrestre (unos 4 600 millones de años atrás) hasta nuestra actualidad. Hablar de un año o unas decenas de años es entendible; tratar de imaginarse lo que supone el transcurso

de millones de años o miles de millones de años es otra cosa enteramente distinta. Unos ejemplos: han pasado más de 500 años desde la llegada de Colón a tierras americanas, unos 14 000 años desde que el hombre arribó al continente americano por el estrecho de Bering y unos 195 000 años desde que nuestra especie *Homo sapiens* “entra en escena” en el planeta. Si comparamos el grosor de una hoja de papel por cada año transcurrido, los 65 millones de años que han pasado desde la extinción de los dinosaurios equivaldrían a una columna de hojas de papel de unos 75 km, ¡más de ocho veces la altura sobre el nivel del mar que tiene el Monte Everest! Tal vez podamos “arañar” el significado del tiempo geológico si pensamos que la vida en la Tierra apareció hace 3 800 millones de años.

Para realizar sus estudios, los geólogos y los paleontólogos hablan de épocas, de periodos y de eones, todas ellas unidades de tiempo geológico profundo que se han distinguido en función de las formas de vida dominantes y de los cambios que ha experimentado la superficie del planeta en cada una. Podemos intentar mostrar la historia de la Tierra a través de un reloj de 24 horas, un día. Así, si el planeta se formó a las 0:00 horas, las primeras formas de vida surgieron hacia las 4 a. m. y, por casi 17 horas, hasta las 9 p. m. la vida en la Tierra sólo fue microscópica. No es sino hasta casi las 11 de la “noche” en este reloj imaginario, que aparecen los dinosaurios; nuestra especie, una de las últimas en manifestarse, hace su entrada faltando poco más de un minuto para que se complete nuestro supuesto “día”. Sin duda, estas nociones son complicadas pero nos ayudan a pensar que, en esa larga, muy larga historia, tuvieron que ocurrir muchos eventos que transformaron la presencia de los seres vivos en nuestro planeta, especialmente en relación con el agua.

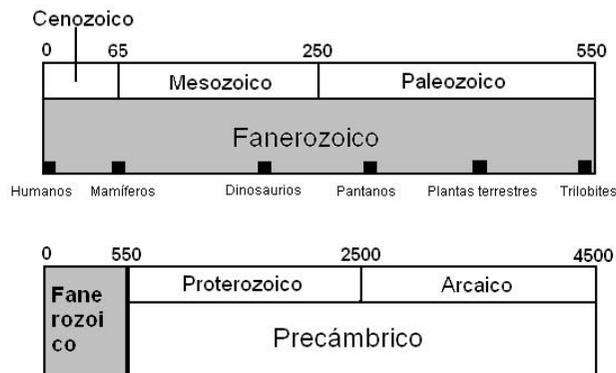


FIGURA 1. El tiempo geológico se ha dividido en dos grandes eones: el Precámbrico y el Fanerozoico, que abarcan un lapso de 4 500 millones de años.

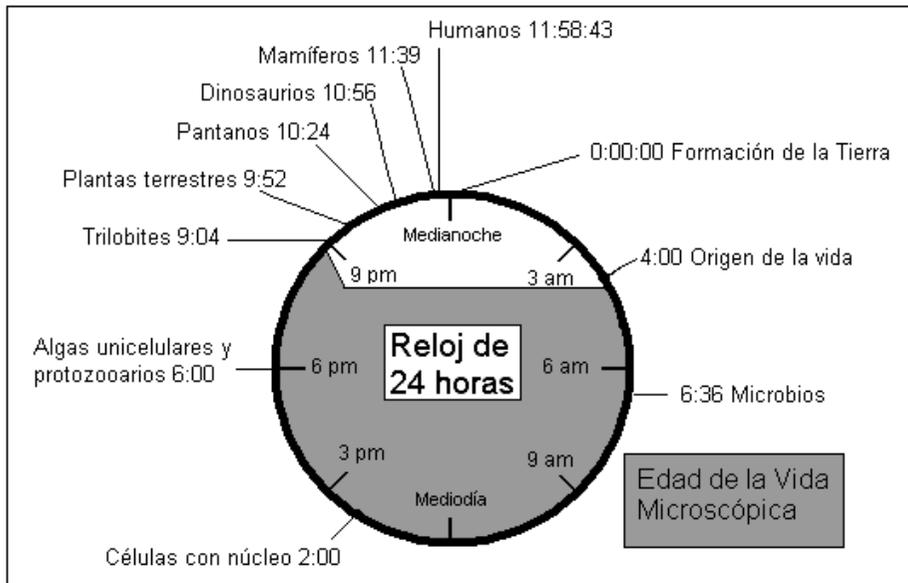


FIGURA 2. El tiempo que ha transcurrido desde la formación de la Tierra puede compararse con un reloj de 24 horas, la mayor parte de las cuales estuvieron dominadas por formas de vida microscópica.

EXPLOSIONES DE VIDA

Algunos de los eventos cruciales en esta historia se relacionan con lo que podríamos llamar “explosiones de vida”. En diferentes momentos a lo largo del tiempo se han producido profundas transformaciones en la presencia de las formas de vida del planeta. Muchas especies han aparecido “repentinamente” en esos “momentos” geológicos, lo que ha definido y redefinido la dominancia de las especies. La mayor parte de estos notables momentos de diversificación biológica han ocurrido en el agua, y las especies siempre se adaptaron a esos cambios en el vital elemento. Hoy que vemos a los gusanos, las cacerolitas, las estrellas de mar y los erizos como especies “modestas” o cuyo conocimiento no es tan popular, no debemos olvidar que en algún momento del pasado fueron los verdaderos dueños del planeta.

DESAPARICIONES DE ESPECIES

Pero así como han aparecido y proliferado muchas especies, también han desaparecido muchas otras de forma paulatina. El proceso gradual de desaparición de especies se llama extinción; este es un evento natural que se puede describir principalmente a partir de los fósiles, cuyo estu-

dio representa una auténtica crónica de la vida en la Tierra. El estudio de los fósiles nos permite conocer ese cambio continuo, ese inacabable reemplazo de especies que sólo es posible comprender, si pensamos en el tiempo geológico.

¿Cómo definir la extinción? La extinción es, simplemente, la muerte de una especie. Implica que todos los individuos que integraban las poblaciones de ésta han desaparecido. Aunque esto es difícil de comprobar en una especie dada, no cabe duda que el registro fósil nos presenta muchos ejemplos de que así ha ocurrido una y otra vez. Es como si la Tierra ejerciera una “ética”, pues fue ésta la que “decidió” que determinada especie desapareciera. Debatible o no, lo cierto es que la extinción de especies ha sido y continúa siendo un evento que forma parte de los procesos naturales.

Antes de la aparición del hombre, las extinciones se debían principalmente a cambios bruscos en el ambiente. Los sobrecalentamientos del mar provocados por intensas erupciones de los volcanes marinos y los fuertes fríos de las glaciaciones son ejemplos extremos de este tipo de cambios. No obstante, en especies pequeñas cuya distribución era muy restringida, el “cambio brusco” pudo deberse al surgimiento y la presión originada por una especie competidora, con los mismos requerimientos de hábitat pero mucho más apta. La aparición del hombre, la caza excesiva de especies para el consumo, la destrucción y la fragmentación del hábitat y, más recientemente, la contaminación de los ambientes naturales, fueron y continúan siendo poderosas causas de extinción.

La extinción supone cambios paulatinos en la biota. Esto quiere decir que con la desaparición de una especie quedan “vacantes” los espacios ecológicos (*e. g.*, alimentos, recursos, sitios de reproducción) que utilizaba. Cuando esto ocurre, este “espacio” o nicho ecológico es ocupado por otra especie con características biológicas y ecológicas similares que, gracias a ello, se beneficia y empieza a hacer un uso más exitoso del hábitat. Esto puede ocurrir no sólo con una especie sino con grupos completos de especies. Un ejemplo notable es el caso de los dinosaurios, cuya extinción en el Cretácico, hace unos 65 millones de años, dejó “libre el paso” para que sus nichos y hábitat fueran ocupados por los mamíferos, que con ello expandieron su distribución, se diversificaron y se convirtieron en lo que son hoy: el grupo animal dominante del planeta.

Entonces, la extinción es un proceso natural que transcurre a lo largo de millones, decenas y aun centenas de millones de años, que origina cambios profundos en la biota de la Tierra. El registro fósil nos permite saber que, debido a esto y a la constante aparición de especies en este

largo proceso evolutivo, los cambios se han presentado tanto en los ambientes terrestres como en los acuáticos.

EPISODIOS DE EXTINCIÓN MASIVA

Como parte del legado y la enseñanza que la historia de la Tierra nos ha transmitido, han ocurrido eventos en los que la extinción de especies dejó de ser gradual en el tiempo geológico para ocurrir a un ritmo acelerado, y en un periodo relativamente breve han desaparecido muchas, muchísimas especies. Estos eventos son conocidos como episodios de extinción masiva de especies (EEME, en lo sucesivo) y han ocurrido una y otra vez en el tiempo (*e. g.* Algeo *et al.*, 1995; Alvarez *et al.*, 1980; Taylor, 2004). No obstante, muchos geólogos y paleontólogos coinciden en afirmar que, por su impacto en la vida terrestre, son cinco los principales episodios de extinción masiva. Conocer lo que sucedió en cada uno de ellos es importante pues nos brinda una forma de valorar y contextualizar el significado de los cambios tan profundos que, como especie, estamos ocasionándole al planeta en la actualidad.

EEME a finales del Ordovícico

Este episodio ocurrió hace unos 440 millones de años (m. a. en lo sucesivo). El Ordovícico fue un periodo de mucha diversificación y expansión de los grupos de vida marina donde aparecieron al final los cefalópodos, corales tabulados y rugosos, briozoarios, crinoideos, gasterópodos y bivalvos. La vida sólo se restringía a los mares. De acuerdo con diferentes estudios, el oxígeno disponible en el agua de los océanos era mínimo en ese momento y se encontraba presente principalmente en las orillas. Las formas de vida presentes se habían adaptado a dichas zonas con éxito. No obstante, al desplazarse Gondwana hacia el polo norte al final del periodo, ocurrió una glaciación (evidenciada por depósitos glaciares encontrados en el Sahara), y muchísimas especies fueron afectadas porque el agua cercana a las orillas se congeló. Con la glaciación ocurrió también una notable disminución de los niveles marinos y muchas otras formas de vida desaparecieron. Entre los grupos más afectados se pueden citar los gusanos conodontos, los briozoarios y los braquiópodos.

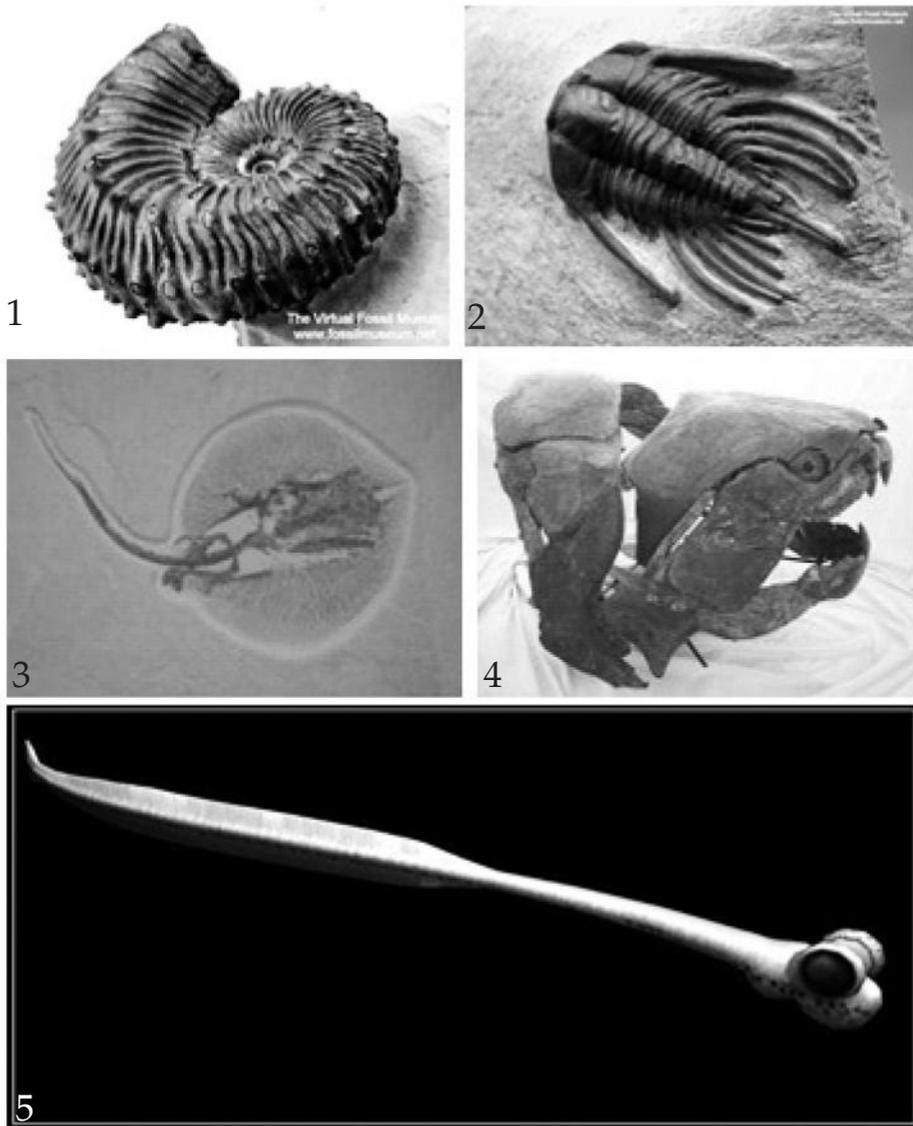


FIGURA 3. 1. Imágenes de ammonite, 2. trilobite, 3. manta raya, 4. cráneo de pez óseo o placodermo, 5. gusano conodonto; organismos ya extintos en el pasado de la Tierra (imágenes cortesía de © Virtual Fossil Museum, www.fossilmuseum.net).

EEME de finales del Devónico

Hace unos 360 millones de años, se dio la primera aparición de tiburones, peces óseos y ammonoides. El mundo estaba dominado por los “constructores” de arrecifes, tales como los estromatoporoides y los corales. Los recién llegados a los ambientes terrestres incluyeron a los anfibios, a los insectos y a las primeras plantas verdaderas, lo que dio origen a

los bosques. Las evidencias muestran que el evento de extinción se asocia precisamente con la notable expansión de innumerables especies de plantas y árboles que cambiaron el paisaje. Esto da origen a la llamada hipótesis de las plantas del Devónico, que se relaciona con la aparición y la formación de extensos bosques, incluyendo a los bosques del árbol del género *Archaeopteris* (muy parecido al nombre del género del ave primitiva). Esta formidable explosión de la vegetación introdujo dos elementos “nuevos” en la ecología del planeta. Por una parte, la deposición de enormes cantidades de materia orgánica (e. g. hojarasca, árboles muertos) en el suelo. Por la otra, la continua y acelerada formación de suelo originada por la presencia de las plantas.

CUADRO 1. Episodios evolutivos importantes en la historia de la Tierra. Se enfatizan los eventos de radiación, que son procesos que describen la rápida especiación de una o varias especies para llenar diversos nichos ecológicos. Los números entre paréntesis indican millones de años (m. a.), a menos que se señale lo contrario

<i>Eon</i>	<i>Era</i>	<i>Periodo</i>	<i>Episodio evolutivo</i>
Fanerozoico (reciente)	Cenozoica (65 m. a. a la fecha)	Cuaternario (1.8)	Holoceno (últimos 11 000 años): radiación del hombre moderno. ¿EEME?
			Pleistoceno (1.8-11 000 años): los Neandertales aparecen y desaparecen. <i>Homo erectus</i> y <i>Homo sapiens</i>
		Terciario (65-1.8)	Plioceno (5-1.8): ancestros simiescos de los humanos (Homínidos), los Australopithecinos
			Mioceno (23-5): caballos que comen principalmente pasto; aparecen los antílopes
			Oligoceno (34-23): radiación de la mayoría de los animales modernos. Aves y mamíferos modernos
			Eoceno (56-34): aparecen los primeros pastos como un recurso para los herbívoros; prosperan los árboles. Aparecen: primates, camellos, gatos, perros, caballos y roedores
			Paleoceno (65-56): las plantas con flores inician su radiación, que se extiende a través del Eoceno. Radiación de los pequeños mamíferos

(continúa)

<i>Eon</i>	<i>Era</i>	<i>Periodo</i>	<i>Episodio evolutivo</i>
Fanerozoico (reciente)	Mesozoica (245-65 m. a.)	Cretácico (146-65)	El EEME (K-T) incluye la desaparición de los dinosaurios y los ammonites. Aparecen: plantas con flores (Angiospermas), lagartijas, animales placentados (mamíferos primitivos), culebras y marsupiales. Radiación de las formas modernas de insectos
		Jurásico (208-146)	Radiación de los dinosaurios hasta dominar la Tierra. Aparecen aves, cangrejos, ranas y salamandras
		Triásico (245-208)	Inicia la separación de Pangea. Un EEME ocasiona la desaparición de los corales tabulados y los conodontos. Casi acaba con los reptiles y ammonoides. Aparecen: dinosaurios, cocodrilos, reptiles marinos, tortugas, Pterosaurios y mamíferos. Así mismo los grupos principales de plantas con semillas
	Paleozoica (544-245 m. a.)	Pérmico (286-245)	El principal EEME (P-T) para los invertebrados. Los trilobites desaparecen para siempre, lo mismo que casi todos los crinoides. Las plantas con semillas producen árboles muy grandes
		Carbonífero (360-286)	Aparecen las coníferas y muchos insectos alados; también el huevo amniótico y los reptiles. Los trilobites se hacen escasos
		Devónico (410-360)	EEME (F-F): la tierra es colonizada por plantas y animales. Aparecen: insectos, tiburones, anfibios (tetrápodos), peces pulmonados y las plantas con semillas primitivas
		Silúrico (440-410)	Radiación extensiva de los peces
		Ordovícico (500-440)	Aparecen: peces con mandíbula, peces cartilaginosos y plantas vasculares. Los depredadores terrestres primitivos. Arácnidos
		Cámbrico (540-500)	EEME. Las primeras plantas terrestres. Aparecen los briozoarios y los trilobites se empiezan a especializar
			"Explosión" del Cámbrico. La primera gran radiación de los animales. Aparecen las partes duras y la visión; peces sin mandíbulas, pequeños animales con concha y los conodontos. Radiaciones repetidas de los trilobites, que alcanzan su mayor diversidad

(continúa)

<i>Eon</i>	<i>Era</i>	<i>Periodo</i>	<i>Episodio evolutivo</i>
Precámbrico (4500-544 m. a.) Tiempo profundo de la Tierra	Proterozoica (2 500-544 m. a.)	Vendiana (650-544)	Pequeños animales con concha. Radiación de organismos de cuerpo suave. Primeros animales multicelulares
		Neoproterozoica (900-544)	Fósiles macroscópicos de organismos de cuerpo suave. Inician los cloroblastos a partir de las cianobacterias, a través de endosimbiosis. Disminuyen los estromatolitos
		Mesoproterozoica (1600-900)	Hace mil millones de años aparece la reproducción sexual. Primeros hongos terrestres
		Paleoproterozoica (2500-1600)	La vida unicelular más compleja con metabolismo aeróbico comienza a diversificarse. El grado máximo de los estromatolitos con las cianobacterias oxigenando la atmósfera
	Arcaica (3 800-2 500 m. a.)	La primera forma de vida aparece: quimiolitotrófica, anaeróbica y asexual. Las formas celulares simples forman extensos sistemas de estromatolitos. Aparecen los Eucariontes primitivos y la fotosíntesis. Dominan los Procariontes (Eubacteria y Archaeana)	
	Hadeana (4 500-3 800 m. a.)	El medio ambiente terrestre es extremadamente hostil para la vida como la conocemos	

Con la lluvia y el viento, la materia orgánica fue transportada a ríos y mares, mientras que en el suelo se dio una fuerte erosión de silicatos. Todo esto originó un exceso en la formación de carbonatos de calcio y magnesio que, al descomponerse, removieron parte del CO₂ de la atmósfera. Los carbonatos entraron a los ríos y luego a los océanos, donde se enterraron en los sedimentos. Este “entierro” marino de cantidades masivas de carbono orgánico y carbonatos inorgánicos redujo más el CO₂ atmosférico; dado que éste actúa como gas invernadero, su desaparición enfrió la atmósfera y se produjo una fuerte glaciación. El intenso y prolongado frío hizo desaparecer casi 80% de los invertebrados marinos (22 familias), así como corales, braquiópodos, ammonoides, trilobites, peces sin mandíbula, placodermos y esponjas. Con ello culminó la llamada Edad de los Peces.

EEME de finales del Pérmico

Mucho tiempo atrás, entre 286 y 245 millones de años en el pasado, con la formación del súper continente Pangea en el Pérmico, el área conti-

mental excedió la del área oceánica por primera vez en la historia geológica. El resultado fue una gran diversificación de la fauna terrestre (e. g. insectos, anfibios, reptiles que habían evolucionado en el Carbonífero y los terápsidos, mamíferos parecidos a reptiles, que eran el grupo dominante) y de la flora (principalmente gimnospermas, incluyendo las coníferas); con una reducción en las comunidades marinas (braquiópodos, ammonoides, gasterópodos, crinoideos, peces óseos, tiburones y foraminíferos fusulínidos). Los corales y trilobites estaban ahí, pero eran raros. Al formarse Pangea, con su enorme extensión, muchas áreas del interior quedaron a enormes distancias del mar y de su efecto refrescante; por ello hubo mucha aridez en el interior, mientras que las tierras altas experimentaron cambios climáticos bruscos. Dado que los extremos norte y sur de Pangea estaban cerca de los polos, se produjeron glaciaciones que, al derretirse, inundaron buena parte del continente y cambiaron la salinidad de los océanos. El clima cambió muy rápido y ello dio lugar al evento de extinción más grande de todos. Entre 90 y 95% de todas las especies marinas desaparecieron, así como 70% de las familias terrestres. Foraminíferos, corales tabulados, briozoarios, braquiópodos, moluscos, equinodermos, artrópodos, gusanos conodontos, tiburones, peces con hueso, euriptéridos y otros más fueron las víctimas de este tremendo episodio de extinción.

EEME de finales del Triásico

En este episodio, hace unos 200 millones de años, casi la mitad de las especies que vivían en la Tierra en ese momento fueron eliminadas. Veinte por ciento de las familias marinas y todos los grandes archo-sauros (no dinosaurios), así como algunos terápsidos y muchos de los grandes anfibios se extinguieron. La hipótesis más aceptada para explicar este evento involucra a las irrupciones de basalto a elevadísimas temperaturas en medio del océano Atlántico, que al irse enfriando en el mar liberaron gases a la atmósfera; el CO₂ la calentó y se produjo un efecto invernadero. Por su parte, el dióxido de azufre (SO₂) la enfriaba, produciendo fuertes episodios de lluvia ácida: los cambios de clima fueron tan bruscos que muchas especies desaparecieron. Además de las mencionadas, también fueron erradicadas cuantiosas especies de corales, gusanos conodontos, ammonoides, gasterópodos y bivalvos.

EEME de finales del Cretácico

La relativamente baja diversidad que existía en el planeta después del episodio de extinción del Pérmico, resultó en importantes radiaciones o rápidas especiaciones de la fauna a través del Triásico y el Jurásico. En el Cretácico, los dinosaurios, mamíferos, pterosaurios (reptiles voladores), ranas y tortugas dominaban, lo mismo que las plantas Gimnospermas, que en este periodo cedieron su dominancia ante las plantas con flores, las Angiospermas. El mar estaba lleno de reptiles marinos, bivalvos, ammonoides, belemnoides y corales. Hace 65 millones de años, al final de este periodo, lo que hoy es la península de Yucatán experimentó –como nunca se había dado– el impacto de un meteorito de unos 10 km de ancho. En lo que se conoce como el cráter de Chicxulub, el choque de este meteorito, con la fuerza de miles de megatones, abrió un agujero de unos 80 km de ancho. En el calentamiento inmediato que siguió, murieron la mayoría de las especies terrestres. Se produjeron *tsunamis* gigantescos que dieron la vuelta al mundo inundando muchas de las costas, contribuyendo con ello a muchas más desapariciones de especies. Después, el polvo que el impacto levantó se mantuvo en la atmósfera por años, por lo que no se pudo llevar a cabo la fotosíntesis, provocando con ello la extinción de muchas otras formas de vida. Debido a que los rayos del Sol no podían llegar a la superficie terrestre, se produjo un enfriamiento brusco y una liberación masiva de CO₂, que a su vez originó un fuerte efecto invernadero que acabó con muchas otras especies más. Se ha calculado que 85% de todas las especies existentes desaparecieron en éste, el segundo más grande episodio de extinción masiva después de la desaparición abrupta de especies de finales del Pérmico. La mitad de todos los géneros desapareció. Todos los dinosaurios no voladores, lo mismo que algunos pterosaurios, belemnoides, ammonites y muchas plantas también desaparecieron. Se ha argumentado que en realidad fueron episodios de varios impactos de meteoritos e, inclusive, el choque de uno mayor que el de Chicxulub, en conjunto con una masiva actividad volcánica, fue lo que inició la debacle de finales del Cretácico.

EL AGUA, SIEMPRE EL AGUA

Como podemos ver en las cinco grandes extinciones, el deterioro del agua jugó un papel preponderante. Hoy, sin embargo, lo que este deterioro nos ha enseñado parece no haber sido cabalmente aprendido y con nuestra actividad como una de las especies de aparición “reciente” en el planeta, ejercemos presiones brutales sobre el medio ambiente,

en especial en el acuático. La lista de especies que han desaparecido en la historia del hombre es enorme y muchas más están en vías de extinción. Hoy, por ejemplo, los hipopótamos, las jirafas y los osos polares, tan conocidos por todos nosotros, han pasado a formar parte del grupo de especies en peligro y la lista parece crecer mes con mes. Este acelerado proceso iniciado y mantenido por nuestra especie, ha hecho que científicos de la talla del entomólogo y biólogo de poblaciones, Paul R. Ehrlich, del ecólogo especialista en ciclos de nutrientes y el ciclo del nitrógeno, Peter M. Vitousek, el biólogo de la conservación, Michael E. Soulé y otros, coincidan en afirmar que la Tierra se está aproximando rápidamente a otro episodio de extinción masiva, sólo que en éste, el hombre es el único responsable.

¿Cuáles son las lecciones de las cinco grandes? Sin duda, la primera es que la vida en la Tierra está en constante cambio. Miles de especies se han ido de manera natural para dejar a otras en su lugar, que han llegado a ocupar con éxito los nichos ecológicos e incluso a dominar el planeta. La segunda es que la Tierra misma está en constante cambio. Los continentes se han desplazado, las montañas se han formado o han desaparecido, los climas han cambiado en la historia del planeta y los océanos se han replegado. La tercera es que como especie, somos sólo una de miles y miles que han existido. No la "mejor", no la "superior", no la "más adaptada", sólo una más. Aun de las especies más "insignificantes" y menos notables como los corales, las estrellas de mar, los gusanos y los insectos, podemos aprender valiosas lecciones sobre qué significa subsistir en el largo plazo que implica el tiempo geológico.

Conocer lo esencial de los EEME también debe enseñarnos que para la vida en la Tierra el tiempo tiene un significado muy diferente al que nosotros le damos. Sus aguas lo "saben" muy bien, lo mismo que sus zonas terrestres. En cada episodio de extinción masiva la vida casi ha desaparecido por completo y, sin embargo, ha resurgido y se ha diversificado con nuevas especies. ¿Qué podemos saber nosotros, una especie de tan sólo 195 000 "añitos" de edad, lo que significa el tiempo geológico para tantas especies? ¿Queremos cuidar nuestro planeta y aprender de su pasado? Si la respuesta a esta pregunta es sí, debemos asumir que nuestra presencia como especie no tiene nada de especial en la historia del planeta y que, como otras miles en el pasado, también podemos desaparecer, extinguirnos. Si no es ese el destino al que aspiramos, debemos replantear nuestras prioridades para subsistir.

REFERENCIAS

- ALGEO, T. J., R. A. Berner, J. P. Maynard y S. E. Scheckler. 1995. "Late Devonian oceanic anoxic events and biotic crises: 'Rooted' in the evolution of vascular land plants?", *GSA Today*. 5: 45, 64-66.
- ÁLVAREZ, L. W., W. Álvarez, F. Asaro y H. V. Michael. 1980. "Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction: experimental results and theoretical interpretation", *Science*. 208: 1095-1108.
- TAYLOR, P. D. (ed.). 2004. *Extinctions in the History of Life*. Cambridge University Press, Reino Unido.

.2.

MURCIÉLAGOS PESCADORES

Rolando Arboleda Sánchez

INTRODUCCIÓN

Todo ser viviente tiene una relación directa con el agua, la cual es el componente principal de la materia viva. El agua no sólo es el elemento de la materia, sino también el medio en el que se desarrollan diversos y variados procesos de la vida. En el caso de los mamíferos, tenemos una extensa gradación de formas de adaptación, desde los que habitan las regiones más áridas del planeta hasta aquellos que han hecho del medio acuático su hábitat principal como las ballenas, los delfines, los manatíes, entre otros. Éstos experimentaron modificaciones a tal grado, que externamente no tienen casi nada en común con los mamíferos adaptados al medio terrestre y mucho menos con los mamíferos voladores. Existen, sin embargo, mamíferos que aun sin adaptaciones anatómicas para la vida acuática viven en pantanos y marismas, o pasan la mayor parte de su vida en las proximidades del agua y, a menudo, entran a ella. Tal es el caso de los miembros de la familia pinnípeda (focas, leones marinos, morsas, etc.), y otros ejemplos como el castor, la nutria y algunos roedores como el capibara.

En esa gran variedad de mamíferos asociados al agua también se encuentran algunas especies de murciélagos. Esto no es de extrañarse, ya que son el segundo grupo más diverso de mamíferos en cuanto a número de especies se refiere (Simmons y Conway, 2003). Sin embargo, éstos tienen el cuerpo adaptado para el vuelo, no para la vida terrestre y mucho menos para la acuática. Como grupo, los murciélagos han desarrollado una gran variedad de estrategias para la sobrevivencia, todas ellas a partir del vuelo. Tal es el caso de las especies con una dieta piscívora (Boorer, 1983). A estos murciélagos se les encuentra en casi todos los continentes; por ello es común observarlos cerca de grandes

cuerpos de agua, lagunas costeras, ríos grandes y arroyos tranquilos (Álvarez-Castañeda y Álvarez, 1991).

Las características principales de estos murciélagos son su gran tamaño, sus extremidades muy elongadas y sus dedos con uñas largas, agudas y en forma de ganchos. Se tiene la teoría de que los murciélagos ictiófagos evolucionaron de los murciélagos insectívoros, ya que probablemente aprendieron a pescar en forma accidental, capturando peces durante la búsqueda de insectos acuáticos. Es posible que al encontrar más agradables a los peces como alimento que a los insectos, persistieran una y otra vez en su captura.

Es fácil imaginar a estos mamíferos alimentándose muy cerca de las superficies acuáticas, de insectos voladores nacidos de huevos incubados bajo el agua. Este modo de alimentarse es común en varias especies de insectívoros aéreos, por lo que no sería exagerado pensar que estos animales que cazan insectos en la superficie del agua, podrían apoderarse de pequeños peces que nadan en esas zonas y tal vez esta haya sido la manera en que las especies piscívoras evolucionaron (Boorer, 1983; Wilson, 2002).

Los murciélagos pescadores son una maravilla en cuanto a coordinación y uso de la ecolocación. El murciélago vuela despacio sobre la superficie del agua tranquila y detecta las minúsculas ondulaciones de la superficie del agua causadas por pececillos que están alimentándose justo debajo de la superficie o a ras de ésta; entonces desciende en picada, aprensa al pez con las alargadas uñas de sus patas traseras, o con la membrana que tiene entre ellas, utilizándola como red, vuelve a remontarse y se lo lleva hasta el refugio de alimentación o usualmente es transferido de inmediato a su boca y acumulado en las bolsas de las mejillas (Simmons y Conway, 2003).

MURCIÉLAGOS PESCADORES EN MÉXICO

Dentro del territorio de México existen sólo dos especies de murciélagos ictiófagos o que se alimentan de peces: *Noctilio leporinus* (figura 1) y *Myotis vivesi*.

En el caso de *Noctilio leporinus* su distribución en México es desde Sinaloa, el sur de Veracruz y la península de Yucatán hasta el norte de Argentina y sureste de Brasil. Es un murciélago grande; la longitud de su cuerpo es de 98 a 132 mm y alcanza un peso de 60 a 78 gramos. Las características principales de esta especie (figura 2) son el hocico corto con el labio superior dividido en medio (Ceballos y Miranda, 1986; Findley,



FIGURA 1. *Noctilio leporinus* (fotografía de Rolando Arboleda Sánchez).

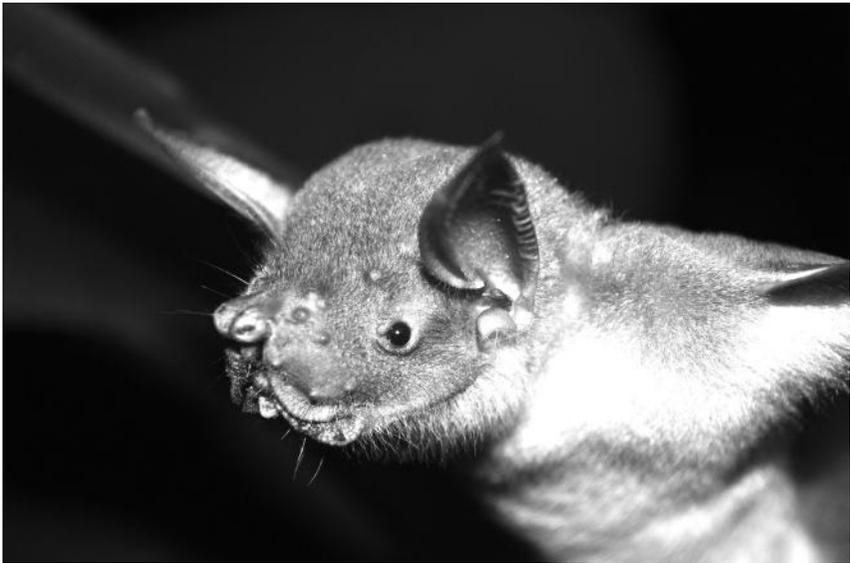


FIGURA 2. El rostro de *Noctilio leporinus* (fotografía de Rolando Arboleda Sánchez, 2010).

1993; Hood y Jones, 1984; Nowak, 1999; Silva-Taboada, 1979). El mentón presenta bordes carnosos muy desarrollados, que le dan la apariencia de un perro bulldog. Las orejas están separadas y son de forma angosta y puntiaguda; patas y uropatagio (membrana que tienen entre las piernas y les ayuda a planear) largos; cola más corta que el uropatagio. Sus alas son muy largas, ya que llegan a medir hasta dos veces y media la longitud total. Presenta las patas traseras robustas con los pulgares muy desarrollados y garras muy conspicuas. El pelaje es muy corto y la coloración dorsal varía considerablemente (Hood y Jones, 1984); en los machos es de café claro a anaranjado intenso u oscuro y en el vientre es más claro; en las hembras el color del dorso varía de gris a café claro. En todas las fases de coloración se presenta una línea media dorsal de color claro desde los hombros hasta la base de la cola. Las alas y la cola están casi desnudas y son de color café (Ceballos y Miranda, 1986; Hood y Jones, 1984; Nowak, 1999). Los machos son en general más grandes que las hembras (Hood y Jones, 1984; Nowak, 1999). Su dieta se compone principalmente de peces sobre todo en época seca; esto hace que tengan un fuerte olor a pescado. También forman parte de su dieta las chinches, los grillos, los escarabajos, las mariposas nocturnas o las palomillas y algunos crustáceos acuáticos.

Los murciélagos pescadores son comunes en las planicies costeras. En general, se les observa y captura cerca de los cuerpos de agua y los arroyos tranquilos. Sin embargo, se les puede encontrar en estuarios y ríos grandes, así como en bahías y lagunas costeras. Se refugian en árboles huecos, cuevas, fisuras y construcciones; los sitios de refugio se caracterizan por el fuerte olor a pescado. Pueden ser solitarios o formar colonias de decenas de individuos (Ceballos y Oliva, 2005; Sánchez y Romero, 1995). Son activos después del anochecer y su patrón de vuelo no es particularmente rápido; lo realizan a poca altura en forma de zigzag cerca de los cuerpos de agua, donde sus alas pasan casi rozando la superficie de la misma (Coates-Estrada y Estrada, 1986; Ceballos y Oliva, 2005). Su etapa de reproducción abarca de noviembre a diciembre y las crías nacen en abril y junio.

Myotis vivesi es la otra especie de murciélago ictiófago que habita en México; está protegida con la categoría de Especie Rara y es endémica de las islas y áreas costeras del mar de Cortés y de la costa oeste y central de la península de Baja California (figura 3). Este murciélago mide de 138 a 163 mm de largo y llega a pesar alrededor de 27 g (Arita y Ceballos, 1997); es mucho más grande que el resto de las especies americanas del género *Myotis*, se puede diferenciar de los demás miembros

por las patas muy desarrolladas, las uñas muy largas y lateralmente comprimidas. Su pelaje es de color ante oscuro o canela pálido en el dorso y blanquecino en el vientre (Baker y Patton, 1967; Eisenberg, 1989). Sus alas son grandes y relativamente largas; lo que les da un excelente vuelo lento y bajo; su temporada de apareamiento es de julio a septiembre y los nacimientos son en los meses de mayo y junio, después de un periodo de gestación de 55 a 65 días; esto sugiere que la hembra controla el desarrollo del embrión.



FIGURA 3. Individuo de la especie *Myotis vivesi* en la pared de una cueva (fotografía de Ely García Padilla, 2009).

Este murciélago pescador es el único miembro americano de la familia Vespertilionidae que se alimenta de algún tipo de vertebrado. En particular, de pequeños peces marinos y algunos crustáceos que constituyen la mayor parte de su dieta. Se ha observado que realizan vuelos circulares cerca del agua y, una vez que han detectado a su presa cerca de la superficie, introducen sus patas para intentar la captura.

OTROS MURCIÉLAGOS RELACIONADOS CON EL AGUA

La relación de los murciélagos con el agua no termina con estas dos especies. Existen otros murciélagos que, en general, están asociados con el agua. No puede decirse que sean propiamente piscívoros porque no

se alimentan de peces pero gran parte de su alimento, en este caso insectos, sobrevuela o se alimenta en ríos, lagunas, mar o en la vegetación riparia. Tal es el caso de algunas especies de la familia Emballonuridae, que en su mayoría son pequeños y delicados insectívoros aéreos con un largo uropatagio y cola corta, como *Saccopteryx bilineata* (figura 4) y *Rhynchonycteris naso*, que forrajean sobre el agua de ríos y otros cauces de agua, en especial durante la época seca. Perchan en troncos de árboles, raíces y rocas que sobresalen del agua y se alimentan principalmente de dípteros y mosquitos (Ceballos y Oliva, 2005).



FIGURA 4. Ejemplar de la especie *Saccopteryx bilineata* posado en el tronco de un árbol (fotografía de Rolando Arboleda Sánchez).

Los murciélagos de la familia Mormoopidae o murciélagos bigotudos son de tamaño pequeño a mediano; son insectívoros aéreos con alas largas y angostas y un uropatagio ancho; los ojos son muy pequeños y las orejas son largas pero dirigidas hacia delante. Vuelan rápido y también son ágiles en su vuelo. Algunas especies como *Pteronotus davyi* y *Pteronotus personatus* (figura 5), en general, forrajean sobre el agua o cerca de las orillas, así como también en claros de selva adyacentes a la playa.

Los murciélagos Phyllostomidos se caracterizan por tener una aleta de piel (llamada hoja nasal) que se extiende por encima de las ventanillas de la nariz; los miembros de esta familia varían mucho de tamaño, desde muy pequeños hasta muy grandes, y también en sus adaptaciones morfológicas. Hay especies que siempre están asociadas al agua

como *Micronycteris sylvestris*, *M. minuta*, *M. schmidtorum* y *Macrophyllum macrophyllum*, que son insectívoras y algunas es probable que capturen a las presas que se encuentran sobre la superficie del agua. Se alimentan principalmente de jefenes, arañas escarabajos e insectos. La especie *Trachops cirrhosus* es un murciélago que se alimenta de ranas, que localiza cuando éstas cantan. En general, esta especie caza cerca del agua o en áreas pantanosas (LaVal y Rodríguez-H., 2002).



FIGURA 5. Un grupo de la especie *Pteronotus personatus* levantando el vuelo (fotografía de Rolando Arboleda Sánchez, 2006).

Los murciélagos Vespertiliónidos son la familia más grande y más ampliamente distribuida del mundo. Son de tamaño pequeño a mediano, con ojos pequeños y sin aletas, pliegues u hojas nasales distintivas. Las orejas tienden a ser puntiagudas pero de forma bastante simple. Todos tienen cola y uropatagio largo. La mayoría son insectívoros aéreos como *Myotis albescens*, que es común observarlo forrajeando sobre el agua y es probable que coma peces, pero no está confirmado (Hill y Smith, 1992; Janzen, 1983).

La familia Molossidae se reconoce con facilidad por las alas angostas y puntiagudas, el uropatagio angosto, y por una cola que se extiende mucho más allá del borde; son insectívoros aéreos que vuelan velozmente. La especie *Molossus molossus*, a menudo es capturada sobre el agua.

A la familia Noctilionidae, aparte del murciélago pescador *N. leporinus*, también pertenece la especie *Noctilio albiventris*. Este es principal-

mente un insectívoro aéreo que forrajea sobre el agua y también atrapa insectos que se encuentran en la superficie y muy rara vez captura peces. Esta especie está asociada casi en su totalidad a los ríos, otros cauces de agua y pantanos. Cabe aclarar que éstas no son todas las especies relacionadas con los cuerpos de agua; sólo se mencionan las más representativas.

PROBLEMÁTICA A LA QUE SE ENFRENTAN LOS MURCIÉLAGOS

Como sucede con muchas de las especies, poco se sabe de la situación real de los murciélagos pescadores como para colocarlos en un catálogo de especies en peligro. Sin embargo, en México, dos de las tres especies de murciélagos están protegidas por la NOM-059-Semarnat-2011: el murciélago pescador menor (*Noctilio albiventris minor*), que es una especie no endémica y enlistada bajo protección especial y el miotis pescador (*Myotis vivesi*), una especie endémica y registrada como especie en peligro de desaparición.

Las especies de murciélagos pescadores se enfrentan a la modificación y destrucción de su entorno natural. La deforestación y la fragmentación de los bosques y las selvas, la construcción de presas y represas o el secado de los cuerpos de agua, son, quizás, las principales presiones que los afectan de manera negativa, y de igual manera a las poblaciones de peces, plantas y todas las especies animales relacionadas que constituyen su hábitat. Incluso, en algunas regiones, los piscicultores persiguen a los murciélagos pescadores. También se deben considerar problemas de mayor complejidad como la contaminación del agua por materias orgánicas, hidrocarburos, desperdicios industriales, productos pesticidas y productos químicos utilizados cotidianamente en los quehaceres domésticos; contaminantes que son asimilados por la fauna y la flora acuáticas, que son transmitidos a través de la cadena alimenticia.

En el caso específico de los murciélagos, más allá de la problemática antes mencionada, mitos, falsas creencias e ignorancia provocan la destrucción de sus refugios y la exterminación de sus colonias. No se trata de un animal o un grupo de animales cualquiera, sino del grupo biológico más diverso a nivel mundial después de los roedores. Lo que los ejemplos nos enseñan es que, en ese grupo, existe un gran número de especies cuya existencia está íntimamente relacionada con el agua y la calidad de ésta. Si pensamos que los murciélagos son “malos” o “feos”, jamás llegaremos a apreciar la importancia que tienen en el control de

las poblaciones de insectos, y mucho menos valoraremos el amplio papel ecológico que desempeñan en las zonas acuáticas.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ-CASTAÑEDA, S. T. y T. Álvarez. 1991. *Los Murciélagos de Chiapas*. Instituto Politécnico Nacional, México.
- ARITA, T. H. 1993. "Riqueza de especies de la mastofauna de México", R. Medellín y G. Ceballos (eds.), *Avances en el estudio de los mamíferos de México*. Publicaciones Especiales, vol. 1, pp. 109-128, AMMAC, México.
- ARITA, T. H. y G. Ceballos. 1997. "Los mamíferos de México: distribución y estado de conservación", *Revista Mexicana de Mastozoología*. 2: 33-71.
- BAKER, R. J. y J. L. Patton. 1967. "Karyotypes and karyotypic variation of North American vespertilionid bats", *Journal of Mammalogy*. 48: 270-286.
- BOORER, M. 1983. *La vida de los mamíferos extraños*. 3a. ed., Espasa-Calpe, México, DF.
- CEBALLOS, G. y A. Miranda. 1986. *Los mamíferos de Chamela, Jalisco: Manual de Campo*. Instituto de Biología, UNAM, México, DF.
- CEBALLOS, G. y G. Oliva (eds.). 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. Conabio-FCE-UNAM, México, DF.
- COATES-ESTRADA, R. y A. Estrada. 1986. *Manual de Identificación de Campo de los Mamíferos de la Estación de Biología "Los Tuxtlas"*. Instituto de Biología, UNAM, México.
- EISENBERG, J. F. 1989. *Mammals of the Neotropics: The Northern Neotropics. Panama, Colombia, Venezuela, Suriname, French Guiana*. Vol. I, The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- FINDLEY, J. S. 1993. *Bats: A Community Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge, Massachusetts.
- GONZÁLEZ CHRISTEN, A. 2003. "De vampiros a vampiros". *Foresta Veracruzana*. 5 (1): 53-58.
- HALL, E. R. 1981. *The Mammals of North America*. Vol. 2, John Wiley y Sons, Nueva York.
- HILL, J. y J. D. Smith. 1992. *Bats, a Natural History*. University of Texas Press, Austin, Texas.
- HOOD, C. S. y J. K. Jones Jr. 1984. "*Noctilio leporinus*". *Mammalian Species*. 216: 1-7.
- JANZEN D. H. 1983. *Costa Rican Natural History*. The University of Chicago Press, Chicago.
- LAVAL, R. K. y B. Rodríguez-H. 2002. *Murciélagos de Costa Rica*. Editorial INBio. Costa Rica.

- NOWAK, R. M. 1999. *Walter's Bats of the World*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- SÁNCHEZ, H. C. y Ma. de L. Romero A. 1995. *Murciélagos de Tabasco y Campeche. Una Propuesta para su Conservación*. Instituto de Biología, UNAM, México, DF.
- SILVA-TABOADA, G. 1979. *Los Murciélagos de Cuba*. Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, Cuba.
- SIMMONS, N. B. y T. M. Conway. 2003. "Evolution of ecological diversity in bats", T. H. Kunz y M. B. Fenton (eds.), *Bat Ecology*. The University of Chicago Press, Chicago, pp. 312-529.
- WILSON, D. E. 2002. *Murciélagos: respuestas al vuelo*. UV, Xalapa, Veracruz, México.

.3.

LA GESTIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE HUMEDALES: ESTUDIOS DE CASO

Enrique Portilla Ochoa y Crystell Contreras Torres

INTRODUCCIÓN

Los humedales comprenden una amplia variedad de hábitats tales como pantanos, turberas, llanuras de aluvión, ríos y lagos, zonas costeras como marismas, manglares y praderas de pastos marinos, arrecifes de coral y otras zonas marinas de profundidad no superior a seis metros en la marea baja; también se incluye a los humedales artificiales, tales como los estanques de tratamiento de aguas residuales y los embalses (Secretaría de la Convención Ramsar, 2004). Esta definición es la más aceptada internacionalmente. En la república mexicana la institución responsable de inventariar y clasificar los humedales del país es la Comisión Nacional del Agua (Conagua), que define a los humedales como:

Las zonas de transición entre los sistemas acuáticos y terrestres que constituyen áreas de inundación temporal o permanente, sujetas o no a la influencia

de mareas, como pantanos, ciénagas y marismas, cuyos límites los constituyen el tipo de vegetación hidrófila de presencia permanente o estacional; las áreas en donde el suelo es predominantemente hídrico; y las áreas lacustres o de suelos permanentemente húmedos por la descarga natural de acuíferos (*Diario Oficial de la Federación*, 2004).

Todos los ecosistemas, sean naturales o artificiales, tienen funciones específicas como resultado de la interacción de sus componentes vivos (organismos productores y consumidores) y sus elementos no vivos o abióticos (suelo, sedimentos, aire, agua). Estos procesos particulares se clasifican en cuatro categorías:

1. Funciones de regulación
2. Funciones de hábitat
3. Funciones de información
4. Funciones de producción

Las funciones de regulación se relacionan con la capacidad natural de los sistemas para ajustar y mantener procesos ecológicos esenciales en el mantenimiento de la vida (ciclos naturales de la materia, incluidos los del agua, el carbono, el oxígeno y el nitrógeno). Con respecto a las funciones de hábitat, los ecosistemas proveen a las plantas, a los animales y a los microorganismos de un espacio para el refugio, la reproducción u otras fases de su ciclo biológico. Estas funciones son fundamentales para el mantenimiento de la diversidad biológica y genética *in situ*. Las funciones de información son aquéllas relacionadas con los mecanismos de la herencia; resultan de la evolución natural de las especies y constituyen todo el reservorio genético de la vida, incluyendo la información relacionada con la interacción de los organismos con su entorno. Finalmente, las funciones de producción se refieren, sobre todo, a la biomasa que producen los organismos vivos e incluyen procesos de fijación de nutrientes, conversión de energía solar y transformación de energía en materia (Semarnat, 2003). En este trabajo se hace un breve comentario sobre los servicios ambientales que brindan los humedales, para posteriormente comentar sobre la gestión ambiental participativa (GAP, en adelante) como una de las herramientas de trabajo más integrales que contribuyen a su conservación, y exponer también algunos estudios de caso.

LOS SERVICIOS AMBIENTALES

De las funciones antes señaladas de los ecosistemas, se obtienen beneficios que contribuyen al bienestar de las poblaciones humanas. De hecho, se entiende a los servicios ambientales como los procesos y las funciones de los ecosistemas que, además de influir directamente en el mantenimiento de la vida, generan beneficios y bienestar para las personas y las comunidades (Semarnat, 2003). En este sentido, los humedales ofrecen servicios ambientales como:

1. Regulación de flujos
2. Control de inundaciones
3. Prevención de ingreso de agua salada
4. Protección contra las fuerzas de la naturaleza
5. Retención de sedimentos, nutrimentos y tóxicos
6. Fuente de productos naturales
7. Producción de energía
8. Transporte
9. Reservorio genético
10. Valor estético y paisajístico

Un servicio ambiental importante de los humedales está relacionado con los valores culturales, que han desarrollado a lo largo del tiempo las poblaciones locales que viven dentro o en los alrededores de estos sitios, al consolidar creencias, costumbres y saberes, muchos de los cuales están relacionados con la conservación, el manejo y el uso “noble” de estos ecosistemas.

LA GESTIÓN AMBIENTAL PARTICIPATIVA EN LOS HUMEDALES

A lo largo de su historia, la Convención Ramsar ha reconocido que es necesaria la intervención y la participación comunitaria en la toma de decisiones sobre el manejo de los humedales, incluyendo también a los que no se encuentran en la lista de humedales de importancia internacional. En 1996, durante la reunión de las partes contratantes –reunión COP6 de Ramsar–, se pidió a éstas que “hagan esfuerzos especiales para alentar la participación activa e informada de las comunidades locales e indígenas en sitios incluidos en la Lista de Ramsar y otros humedales y sus cuencas de captación”.

En 2002, en la reunión COP8 de las partes contratantes, se acordó adoptar a la GAP como una herramienta para el manejo y el uso racional

de los humedales. La GAP es una herramienta que, al incorporar conocimientos tradicionales, científicos, técnicos y administrativos, permite tener un panorama integral de los problemas y prioridades de actuación. De esta manera, la gestión en humedales es más eficiente, efectiva y duradera en términos sociales, ambientales y económicos. La GAP es un proceso de aprendizaje y un instrumento de gestión, producto de una reflexión conjunta de los actores interesados en la conservación y el mejoramiento de la calidad de vida. Incluye a comunidades locales, entidades gubernamentales, organizaciones no gubernamentales y al sector privado (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004). Es importante hacer notar que en la cuarta edición de los “Manuales Ramsar”, precisamente en el *Manual 7: Aptitudes de Participación* (Secretaría de la Convención Ramsar, 2010), la GAP continúa siendo considerada un instrumento de trabajo que permite tener una visión integral de los problemas y prioridades de actuación en la gestión de los ecosistemas y, en especial, de los humedales.

Un proceso de GAP integra:

1. Gobernabilidad
2. Transparencia
3. Responsabilidad compartida
4. Acceso equitativo a la información
5. Estrategias de educación ambiental
6. Concienciación ambiental
7. Respeto e integración de los conocimientos locales y de la cultura
8. Equidad de género e igualdad de oportunidades
9. Colaboración y cooperación entre sectores
10. Transdisciplinariedad

Es importante resaltar que el proceso de la GAP requiere de tiempo y de una adecuada planificación, y cada sitio tendrá su especificidad para promoverlo. Además, el éxito de las estrategias de gestión participativa requiere de que las entidades gubernamentales y las comunidades locales estén bien informadas y capacitadas para lograr una distribución justa y equitativa de costos y beneficios derivados del medio ambiente (Marín *et al.*, 2005).

HUMEDALES DEL MUNDO: ESTUDIOS DE CASO

En 1997, el Grupo de Política Social de la Unión Mundial para la Naturaleza (UICN) puso en marcha un proyecto, a solicitud de la Oficina

de la Convención Ramsar, para elaborar lineamientos que coadyuvaran a las Partes Contratantes (los países) de esta convención, a alentar la participación activa e informada de las comunidades locales y de los pueblos indígenas en la gestión de los humedales. Se solicitaron propuestas de estudios de caso para revisar la información y el intercambio de experiencias de las siete regiones Ramsar, de los cuales se seleccionaron 21 estudios. Adicionalmente, se incluyeron dos estudios de caso antes desarrollados por la UICN (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004).

En este trabajo seleccionamos cinco estudios de caso para ilustrar algunos aspectos relevantes de la participación local, en los cuales se considera al tipo de humedal, a los involucrados directos y a los problemas relacionados con la conservación de cada sitio. Se incluyó al Sistema Lagunar de Alvarado, siguiendo el mismo esquema. El Sistema Lagunar de Alvarado es un Sitio Ramsar a partir de febrero de 2004, a propuesta del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana y bajo la responsabilidad del primer autor de este trabajo (Portilla-Ochoa, 2005a).

AUSTRALIA

Área de estudio de caso: los humedales de Blyth y Liverpool, la Tierra de Arnhem y el Territorio Septentrional.

Los humedales de los ríos Blyth/Liverpool en el norte de Australia contienen varios hábitats, incluidos los bajos mareales y saladillos, manglares, lagos y zonas de agua dulce inundadas por la marea y bosques inundados. El tipo de humedal corresponde a una extensa llanura de inundación y delta.

Estos humedales representan un importante recurso de conservación y permiten subsistir a la población indígena local. Los interesados directos son los propietarios aborígenes y los organismos gubernamentales. En este territorio, la población indígena es la propietaria de las tierras en virtud de títulos inalienables de dominio absoluto y son firmemente partidarios de preservar aspectos de su estilo de vida tradicional. Como problemas principales de conservación se señalan a la infestación de malezas, el turismo, la minería y la abundancia de búfalos y cerdos asilvestrados. Para hacer frente al riesgo de invasión y a cuestiones de manejo, las comunidades locales han participado en un proceso consultivo para elaborar prescripciones de manejo que ponen énfasis en sus aspiraciones y vínculos con la tierra. El procedimiento adoptado se

ha concentrado en consultar a toda la comunidad local con la intermediación de una asociación local, la Bawinanga Aboriginal Corporation (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004).

BRASIL

Área de estudio de caso: la bahía de Castelo, estado de Mato Grosso do Sul.

La bahía de Castelo se encuentra en la región escasamente poblada del Pantanal y tiene varios tipos de humedales, en los cuales están comprendidas las llanuras inundadas por las crecidas y los lagos de aguas dulces permanentes y estacionales. Se trata de una llanura de inundación y lagos estacionales y permanentes. Los interesados directos son los pequeños ganaderos, los propietarios de hoteles, los empresarios del transporte por agua y el Instituto Universitario de Investigaciones Agropecuarias. El estado de conservación del pantanal es notable; sin embargo, está amenazado por un proyecto que pretende dragar y enderezar el curso del río Paraná, lo cual alteraría de modo visible los ciclos de las inundaciones. Este proyecto consiste en la posible construcción de una hidrovía interior, lo que entrañaría dragar un canal que seguiría más o menos de cerca el curso superior del río Paraguay hasta el estado de Mato Grosso en el norte, una importante zona de producción de cereales. Esto modificaría sustancialmente los patrones de las inundaciones estacionales, que tanta importancia revisten para conservar la singular colección de plantas y animales de la región. Hay pocas personas interesadas directamente cerca de la bahía de Castelo; entre ellas, un próspero agricultor/terrateniente así como algunas pequeñas empresas comerciales, organizaciones conservacionistas y el Centro de Investigaciones Agropecuarias del Pantanal (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004).

MALASIA

Área de estudio de caso: Kampung Kuantan, estado de Selangor.

Kampung Kuantan se encuentra a 18 kilómetros aguas arriba del estuario del río Selangor. El tipo de humedal está caracterizado por el bosque de manglar. Los interesados directos son los aldeanos involucrados en las operaciones de turismo, el consejo de la aldea, las autoridades locales y una ONG conservacionista (Wetlands International-Asia Pacific). Las cuestiones de conservación incluyen problemas de manejo del turismo ecológico y la contaminación ambiental. Los manglares del

área atraen a una especie de luciérnaga (*Pteroptyx tener*), que produce destellos sincronizados parecidos a los de las guirnaldas de los árboles de Navidad. Un empresario local estableció un negocio comercial de navegación para turistas interesados en observar a las luciérnagas, lo que dio algún impulso al desarrollo turístico en el área. En este lugar, se reportó que la principal amenaza para la luciérnaga estriba en un proyecto encaminado a desviar el río aguas arriba, lo que haría disminuir la limpieza por descarga de agua dulce, juntamente con el desarrollo incontrolado del turismo en el área (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004).

ESCOCIA

Área de estudio de caso: Firths (estuarios) de Moray, Cromarty, Forth y Solway (Escocia).

Los Firths (término empleado en la lengua escocesa) son humedales marinos y costeros que comprenden grandes estuarios, zonas de mar y zonas próximas a las costas. Los estuarios bajos de lodo y marismas son el principal tipo de humedal, en el que los interesados directos son los residentes locales, los beneficiados de tipo comercial/industrial, las autoridades locales y los organismos gubernamentales. La contaminación y los usos recreativos intensivos son aspectos claves de la problemática. Los paisajes, los hábitats y las especies, rivalizan con numerosas actividades económicas y recreativas del hombre, y las comunidades de los estuarios tienden a poseer una fuerte identidad cultural. La planificación y el manejo de los estuarios tienen una base sectorial y local y es responsabilidad de diversos órganos estatutarios. La mala coordinación y la comunicación entre los actores involucrados no garantizan que se siga un plan global, y se carece de una visión de conjunto de cómo los recursos se utilizan o explotan en todo el sitio. La iniciativa Focus on Firths fue establecida en 1992 como respuesta a la creciente toma de conciencia de mejorar las actividades que realiza el organismo de conservación de la naturaleza del gobierno del Reino Unido, el Scottish Natural Heritage, para promover y coordinar un manejo costero integrado de estas áreas (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004).

GUINEA-BISSAU

Área de estudio de caso: río Grande de Buba.

Río Grande de Buba está situado en la costa sudoccidental de Guinea Bissau; es un estuario salobre de elevado rendimiento ictiológico, con

una alta densidad de mamíferos marinos y terrestres y una gran diversidad de especies de aves. El estuario es el tipo característico de humedal. Los interesados directos son los pescadores tradicionales, las cooperativas de mujeres, los organismos gubernamentales y una ONG conservacionista. La sobrepesca de barracudas y la deforestación de la cuenca de captación son los problemas de conservación más importantes. Durante la guerra de independencia (1962 a 1974), las potencias coloniales destruyeron los impresionantes diques construidos durante siglos por las poblaciones locales para el cultivo de arroz de regadío. Conforme el agua de mar invadía sus tierras, el grupo étnico local (los beafada) se vio forzado a talar partes del bosque para el cultivo del arroz de secano en pequeñas parcelas, práctica que continúa hasta el día de hoy; mientras los pescadores extranjeros provenientes de Senegal con mejor tecnología, sin tardanza sobreexplotaron los recursos pesqueros, particularmente las barracudas. A principios del decenio de 1990, la UICN estableció un proyecto basado en el uso sostenible de los recursos ictiológicos y el manejo participativo de la pesca artesanal (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2004).

MÉXICO

Área de estudio de caso: Sistema Lagunar de Alvarado, Veracruz (SLA, en adelante).

El tipo de humedal característico corresponde a una extensa planicie de inundación. Se trata de un sistema lagunar estuarino compuesto por lagunas costeras salobres, lagunas interiores permanentes e intermitentes y varios ríos, arroyos y caños. Los humedales de Alvarado contienen ecosistemas representativos de la planicie costera del Golfo de México, incluyendo la vegetación de dunas costeras, espadinal, tular, apompal, diferentes tipos de palmas, encinar de *Quercus oleoides*, selva mediana subperennifolia con vegetación secundaria, selva baja caducifolia, acahuales, pastizales y vegetación acuática y subacuática. Destacan los manglares, con una extensión de cerca de 19 000 hectáreas de *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* y *Avicennia germinans*. El SLA es uno de los humedales más representativos del estado de Veracruz, no únicamente por su diversidad biológica y su gran potencial productivo, sino también por su arraigada tradición cultural, cuyo eje central es la actividad pesquera. Entre los interesados directos se encuentran las oficinas del gobierno federal y estatal relacionadas con el medio ambiente y el desarrollo regional, las instituciones académicas, las autoridades municipales,

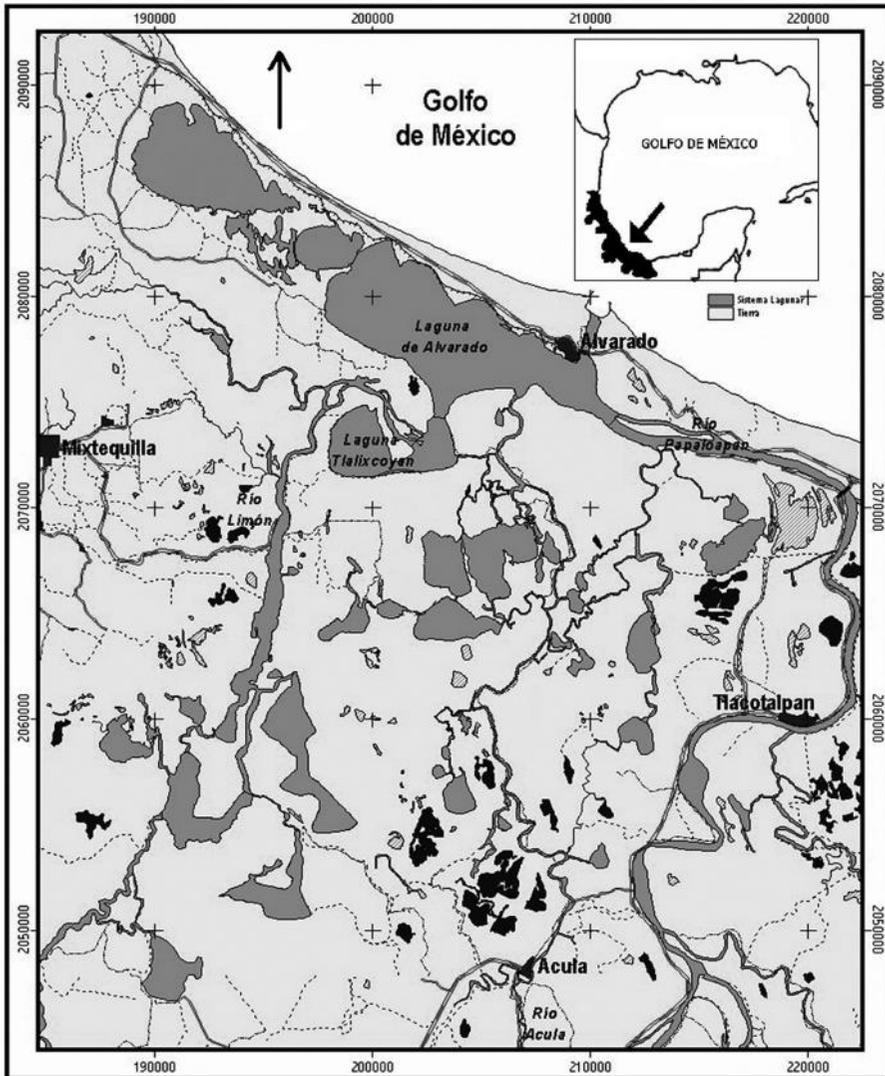


FIGURA 1. Mapa del Sistema Lagunar de Alvarado.

las cooperativas pesqueras, los permisionarios y los ganaderos. Los problemas de conservación incluyen a la deforestación del manglar para el establecimiento de los potreros, la tala inmoderada del manglar, la cacería, el uso de artes de pesca prohibidos, la violación de las vedas, la contaminación por desechos urbanos y la contaminación por agroquímicos. No obstante su riqueza natural, la ausencia o la mala implementación de políticas de desarrollo hacia la zona han provocado serios problemas en el sostenimiento a largo plazo de sus recursos naturales. Tal es el caso de las pesquerías, que muestran una tendencia a la baja debido a

la sobreexplotación, al uso de artes de pesca prohibidas, al incremento de pescadores mal organizados e, incluso, al cambio en la hidrología de los cuerpos de agua (Portilla-Ochoa, 2005a). Ante esta problemática, un grupo de investigadores del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana, lanzó una propuesta para la producción pesquera, que entre otras cosas considera, además de los aspectos económicos ligados directamente a cuestiones productivas, aspectos de tipo social y ambiental. El proyecto ha tenido como fundamentos básicos la importancia del conocimiento empírico de los pescadores, el rescate de los valores de organización y la solidaridad de los núcleos pesqueros, y la incorporación de las variables ambientales, por lo que en este contexto se promovió la formación de la cooperativa Mujeres Experimentando, como una forma de abrir canales de participación para este sector de la población, en general marginado. El éxito de estas estrategias tiene un soporte eminentemente social y se sustenta en la hipótesis de que sólo con la participación local es posible la conservación de los recursos naturales de los humedales veracruzanos (Portilla-Ochoa *et al.*, 2005b).

ALGUNAS REFLEXIONES FINALES

En los estudios de caso ilustrados podemos identificar diferentes grupos de interesados directos (cuadro 1). Un primer grupo constituido por los pobladores locales, sean o no grupos indígenas, y que dependen de manera directa de los recursos naturales. Estos grupos confrontan en muchas ocasiones proyectos de desarrollo externos que pueden afectar la base de sustentación natural de la que viven. Un segundo grupo está representado por los prestadores de servicios que, en general, ostentan un mayor poder económico y que son sostenidos por el primer grupo; aquí están incluidos los ganaderos y los permisionarios (intermediarios en la compra de recursos pesqueros tanto a las cooperativas como a los pescadores libres). El tercer grupo son las instituciones de gobierno que incluyen a las secretarías o ministerios involucrados en el desarrollo regional y ambiental. Finalmente, el cuarto grupo está integrado por las entidades académicas y de investigación y las organizaciones no gubernamentales que se interesan en la conservación de la biodiversidad, la investigación y la capacitación y educación ambiental.

CUADRO 1. Interesados directos

<i>Comunidades locales</i>
Propietarios aborígenes
Pescadores tradicionales
Cooperativas pesqueras
Cooperativas de mujeres
Mangleros
Aldeanos involucrados en operaciones de turismo
Residentes locales
<i>Sector servicio e intermediarios</i>
Propietarios de hoteles
Empresarios de transporte por agua
Comerciantes
Industriales
Permisionarios
Pequeños ganaderos
<i>Instituciones de gobierno</i>
Organismos gubernamentales
Consejo de la aldea/autoridades locales/municipales
<i>Conservacionistas</i>
Instituciones de investigación en ecología y conservación
Instituto Universitario de Investigaciones Agropecuarias
ONG conservacionistas

Podemos también identificar diferentes grupos que realizan diversas actividades de conservación (cuadro 2). Se pueden ordenar estas cuestiones que afectan la conservación tanto de la base natural como de los servicios ambientales y los beneficios que se obtienen de los recursos de humedal, en seis grupos. Un primer grupo está relacionado con la introducción de especies exóticas, que afectan a los recursos nativos y reduce el tamaño de sus poblaciones, e incluso las erradica. En el segundo grupo está la construcción de grandes presas, que implica dragados y el desvío de los cauces naturales de los ríos y de su embalsamiento. Un tercer grupo está relacionado con los aspectos recreativos asociados al turismo, sea este de tipo convencional o ecológico. En el cuarto, se agrupan los impactos negativos sobre la superficie forestal tanto en las cuencas de captación de agua como en las partes bajas, en general asociados con la introducción de ganado. El quinto grupo tiene que ver con los efectos negativos sobre

las especies, tanto de interés comercial, sobre todo pesquero, pero también sobre las especies de la vida silvestre. Finalmente, un sexto grupo se identifica con los problemas de contaminación provenientes de las agroindustrias, de los desechos urbanos y de las industrias extractivas.

CUADRO 2. Cuestiones de conservación

<i>Especies exóticas</i>
Infestación de malezas
Búfalos y cerdos asilvestrados
<i>Megaproyectos</i>
Proyectos de dragado
Alteración del ciclo de las inundaciones
<i>Aspectos recreativos</i>
Turismo/turismo ecológico
Usos recreativos intensivos
<i>Impactos sobre la cobertura forestal</i>
Deforestación de la cuenca de captación
Deforestación del manglar
Cambios de uso de suelo para ganadería
<i>Afectación a la diversidad biológica</i>
Sobrepesca
Uso de artes de pesca prohibidos
Violación de vedas asociadas a las pesquerías
Cacería furtiva
<i>Contaminación</i>
Contaminación por agroquímicos
Contaminación por desechos urbanos
Minería

La gestión participativa confronta en un diálogo constructivo a los diferentes actores, cada uno de los cuales tiene distintos intereses para solucionar los problemas ambientales y sociales derivados de las diversas formas de aprovechamiento de los recursos del humedal. Ello requiere de que todas las partes estén bien informadas (o lo mejor posible), y que este conocimiento se comparta para que las soluciones, los costos y los beneficios del manejo amable de los humedales sean ampliamente compartidos.

REFERENCIAS

- DIARIO OFICIAL DE LA FEDERACIÓN. 2004. *Ley de Aguas Nacionales*. México, DF.
- MARÍN, M., J. Criado y J. Bravo (eds.). 2005. *Experiencias destacadas de gestión ambiental participativa en humedales de las Américas*. Fungap-Grupo Antigua, San José, Costa Rica.
- PORTILLA-OCHOA, E. 2005a. *Establecimiento de unidades de gestión ambiental en el humedal de Alvarado, Veracruz, México. Bases para su ordenamiento ecológico y social*. Informe técnico final. North American Wetlands Conservation Council-Instituto de Investigaciones Biológicas-UV.
- PORTILLA-OCHOA, E., A. I. Sánchez-Hernández, A. Juárez-Eusebio, B. E. Cortina Julio, C. Negrete-Guzmán. 2005b. Fortalecimiento de las capacidades locales para la conservación de los humedales del sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, México. Primer Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico, Citro-UV.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. 2004. *Manual 5: Uso racional de los humedales*. Manuales para el Uso Racional de los Humedales, Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- SECRETARÍA DE LA CONVENCION RAMSAR. 2010. *Manual 7: Aptitudes de participación*. 4a. ed., Manuales Ramsar, Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland, Suiza.
- SEMARNAT. 2003. *Introducción a los servicios ambientales*. 1a. ed., Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, DF.

PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN QUE AFECTAN LA BIODIVERSIDAD EN EL SISTEMA LAGUNAR DE ALVARADO, VERACRUZ

*Alonso I. Sánchez Hernández, Blanca Elizabeth Cortina Julio
y Enrique Portilla Ochoa*

INTRODUCCIÓN

Los humedales costeros son tierras bajas en zonas tropicales donde el agua es uno de los elementos en abundancia y, por lo tanto, es el hábitat de especies, así como fuente de satisfactores de la gente que depende de sus recursos naturales para cubrir las necesidades de alimentación y trabajo. No obstante la importancia de estos ecosistemas, la contaminación del agua es una de las amenazas que pone en riesgo la calidad de ésta así como de los recursos alimentarios que son extraídos de ella. Ante ésta y otras amenazas (deseccación de humedales, construcción de granjas camaronícolas, tala de manglares, contaminación por aguas residuales e industriales, entre otras), se llevan a cabo acciones para la conservación de los humedales costeros.

La convención de Ramsar (Ramsar, 1971) estableció desde su fundación la creación de los llamados Humedales de Importancia Internacional, los que por su diversidad florística, faunística y social, son considerados importantes para su conservación. El primer criterio para elegir a los humedales fue por la riqueza y la abundancia de especies de aves en esos sitios. Sin embargo, y dada la importancia de otros recursos naturales y sociales que directa o indirectamente tienen relación con las aves, se integraron nuevos criterios que permitieron que en la actualidad existan 2 177 sitios Ramsar distribuidos en 168 países del mundo, que cubren una extensión de 208 520,119 hectáreas. En la actualidad, México tiene 142 sitios Ramsar (8 465,298.25 hectáreas), de los cuales Veracruz tiene 9 (427,069 hectáreas). Las autoridades federales en materia ambiental y las entidades académicas han promovido la regionalización de los humedales del país, asignándoles categorías que destacan sus atributos biológicos. Para el caso de Veracruz y, específicamente, de los humedales de Alvarado, existen 7 zonificaciones (cuadro 1), que abarcan desde regiones prioritarias marinas y terrestres hasta la más reciente, decretada en 2004, asignándole la categoría de sitio Ramsar (número 1 355).

RIQUEZA BIOLÓGICA, NORMATIVIDAD Y USO DEL AGUA EN LOS HUMEDALES DE ALVARADO

Los humedales de Alvarado están conformados por más de doscientas lagunas interiores, además de las tres principales (lagunas de Alvarado, Buen País y Camaronera). Por otro lado, los ríos Blanco, Limón, Acula y Papaloapan alimentan a este complejo lagunar, otorgándole al sistema una importancia relevante en términos de escurrimiento pluvial. La confluencia de las aguas marinas en el escurrimiento de los ríos, le otorga una condición salobre al complejo lagunar elevando la riqueza de las especies acuáticas, ya que se comparten especies marinas (157) y de agua dulce (82), muchas de ellas de importancia comercial. En este sentido, el complejo lagunar de Alvarado presenta 5 tipos de vegetación, las cuales están asociadas a más de 346 especies de aves migratorias y residentes, y más de 150 especies de anfibios, reptiles y mamíferos. De estas últimas, destaca la presencia de especies en peligro de extinción como el manatí (*Trichechus manatus*), y especies terrestres como el oso hormiguero (*Tamandua mexicana*), entre otras. Con todo esto, la importancia biológica hace de los humedales de Alvarado un sitio prioritario para su conservación.

CUADRO 1. Regionalizaciones de los humedales de Alvarado

<i>Categoría</i>	<i>Institución</i>
Sitio Ramsar número 1 355	Ramsar
Región Hidrológica Prioritaria	Conabio
Región Marina Prioritaria	Conabio
Región Terrestre Prioritaria	Conabio
Área de Importancia para la Conservación de las Aves	Cipamex
Unidades del Paisaje	Instituto de Investigaciones Biológicas, UV
Zonificación para la conservación	Instituto de Investigaciones Biológicas, UV

Por otro lado, y debido a la abundante disponibilidad de agua en el río Papaloapan (el mayor tributario), éste ha sido objeto de decretos presidenciales en cuanto al uso de su agua en términos de concesiones. En adición a la Ley de Aguas Nacionales, que indica que las aguas superficiales y subterráneas son propiedad de la nación y que su uso sólo es permitido a través de concesiones, de acuerdo con Irigoyen (2002), en 1947, se decretó la veda por tiempo indefinido de las aguas del río Papaloapan, debido a la importancia de sus aguas superficiales en términos de recurso eje para el mantenimiento de los ciclos biológicos en la cuenca. En 1948, se hizo lo propio con las aguas del río Blanco. Con esto, se canceló en su totalidad el posible uso de las aguas de dichos ríos; además, en 1973, se vedaron los usos de las aguas de los ríos tributarios del Papaloapan y Blanco. No obstante, y de acuerdo con las políticas públicas de la época, se establecieron distritos de acuacultura en la cuenca y se mantuvieron los acuerdos instaurados en 1947, 1948, 1950, 1951 y 1959 en cuanto al uso restringido de las aguas superficiales. En 1992, se promovieron artículos transitorios de la Ley de Aguas Nacionales, y se tomaron acuerdos en 1995, 1996 y 2002 en los que se otorgaron concesiones de aguas superficiales a usuarios. Finalmente, en 2005, se dieron a conocer los límites geográficos de las subcuencas que conforman la cuenca del Papaloapan, y el 26 de junio de 2006, un decreto presidencial eliminó la prohibición de otorgar concesiones y asignaciones de las aguas superficiales de los ríos Papaloapan, Blanco y otros tantos, que conforman la cuenca del Papaloapan. Con esto, se abrió de nueva cuenta la posibilidad del aprovechamiento de las aguas superficiales concesionadas para distintos usos.

Los escenarios en los que la diversidad biológica está resaltada, así como la normatividad que ha sido aplicada a la cuenca, se basan en

la disponibilidad del agua superficial que existe en ella. Al respecto, y en adición al escurrimiento superficial del río Papaloapan, el cual es de 47 345 millones de metros cúbicos de agua por año, la cuenca del Papaloapan está situada en una región de cuantiosa precipitación fluvial (600-3 000 mm/año). Además de lo anterior, el río Blanco que forma parte de la cuenca tiene un escurrimiento de aproximadamente 3 066 millones de metros cúbicos anuales, que son registrados en la estación hidrométrica Camelpo. Una abundante cantidad de agua del río Blanco, a la que se da diversos usos, está concesionada, y es la generación de energía eléctrica, la que tiene los valores más altos (cuadro 2).

CUADRO 2. Agua concesionada del río Blanco

<i>Uso (concesionado)</i>	
Hydroeléctrica	1 971 millones m ³ /año
Distrito de riego	366.19 millones m ³ /año
Industrial	135.4 millones m ³ /año
Público urbano	42.6 millones m ³ /año
Agrícola	11.4 millones m ³ /año
Acuicultura	1.83 millones m ³ /año
Pecuario	0.02 millones m ³ /año
Servicios	0.006 millones m ³ /año
<i>Total</i>	1 529.446 millones m ³ /año

FUENTE: Consejo del Sistema Veracruzano del Agua, 2002.

LA PESCA RIBEREÑA DE IMPORTANCIA COMERCIAL

Ya se mencionó que los cuerpos lagunares y la condición salobre de los mismos son el hábitat de especies de agua marina y de agua dulce. En este sentido, el recurso agua de la cuenca del Papaloapan, específicamente el complejo lagunar de Alvarado y las tres lagunas principales (Alvarado, Buen País y Camaronera), son el soporte de la pesca ribereña. De acuerdo con las cifras oficiales de 2005, 4 962 personas registradas en la oficina de pesca del puerto de Alvarado están dedicadas a esta actividad. A partir de estudios realizados de la evaluación de las pesquerías (Sánchez Hernández y Portilla Ochoa, 2003), se estimó que una cooperativa pesquera captura en promedio 6.9 toneladas por año de productos pesqueros, entre los que están 13 especies de peces,

de donde destacan principalmente el robalo, el chucumite, la lisa y las mojarras; y 6 especies de crustáceos (camarón prieto, camarón blanco, jaibas, cangrejo azul, entre otras), todos ellos de importancia comercial. La estimación total de la productividad de las lagunas resulta considerable si se toma en cuenta que la actividad económica principal de las localidades del complejo lagunar es la pesca ribereña.

Así como son importantes los recursos naturales pesqueros extraídos de las lagunas para la alimentación, también la vegetación es fuente de satisfactores para los pobladores del complejo. Por su parte, el ecosistema del manglar proporciona recursos forestales para la construcción de viviendas, la producción del carbón de mangle, los productos madereros (tutores de plantas) para la producción agrícola del jitomate en otras regiones, así como los postes para cercar terrenos ganaderos. Si bien es cierto que a lo largo de los años se han identificado los beneficios de los humedales para la sociedad en general (estabilizadores de la franja costera, amortiguadores contra eventos ciclónicos, controladores de inundaciones), también se han determinado amenazas que afectan los procesos ecológicos presentes en el complejo lagunar. Entre las principales, se pueden mencionar las descargas de aguas residuales de las ciudades y las comunidades rurales, las aguas residuales industriales y los agroquímicos que se utilizan en los cultivos de las partes altas de la cuenca. Este tipo de amenazas, pueden llegar a ser determinantes para la salud pública de la población de las comunidades del complejo lagunar.

EL CONTEXTO REGIONAL: ESTUDIOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

De acuerdo con la información oficial del Consejo de Cuenca del Río Papaloapan, la cuenca comprende 244 municipios de Puebla, Oaxaca y Veracruz. En este sentido, la población asentada en ella es de 3.3 millones de habitantes. Del total de municipios, 60 son veracruzanos y abarcan desde Córdoba y Orizaba (en la parte alta de la cuenca) hasta la zona baja costera (Alvarado, Tlacotalpan y Cosamaloapan, entre otros). Por otro lado, cifras oficiales de Conagua (2009) indican que en la parte veracruzana existen 15 plantas de tratamiento en cinco municipios. Cabe destacar que la población beneficiada con las plantas de tratamiento se ubica en las cabeceras municipales. Esto indica que el resto de las poblaciones rurales no tratan sus aguas residuales, las cuales son descargadas a los cuerpos de agua cercanos. Como dato adicional, en los límites geográficos de la región del Papaloapan, existen 23 plantas de tratamiento

de aguas residuales, las que en su mayoría corresponden a lagunas de oxidación que se ubican en los cuerpos de agua naturales, que han sido utilizadas para descargar las aguas residuales.

Uno de los parámetros más conocidos para determinar la presencia de contaminantes en el agua es la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). Básicamente, la DBO es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos presentes en el agua para degradar los contaminantes que hay en ella. A mayores valores de DBO, es más grande la cantidad de oxígeno requerido por una considerable presencia de contaminantes. En relación con esto, existen registros del monitoreo de la DBO (periodo 1990-2001) de uno de los ríos de la parte media-alta de la cuenca, ubicado cerca de Ciudad Alemán (figura 1). Estos datos mostraron valores por debajo de 3 mg O₂/l, que es el límite para asignarle al agua una condición de "saludable" (Semarnat, 2000). La disponibilidad de este tipo de información genera certeza sobre la calidad del agua en la parte media de la cuenca. Sin embargo, no existen monitoreos en los cuerpos de agua que están asentados en la cuenca alrededor de los ingenios azucareros (Cosamaloapan, Carlos A. Carrillo, Lerdo de Tejada) ni en la parte alta de la cuenca, cerca de los corredores industriales de la zona Córdoba-Orizaba.

La laguna de Alvarado, que es el último cuerpo de agua antes del Golfo de México en la región centro-sur del estado de Veracruz, recibe cada año aproximadamente 47 millones de metros cúbicos de agua, que escurren de toda la cuenca del Papaloapan. Ésta y otras cien lagunas más están comprendidas en el Sitio Ramsar Sistema Lagunar de Alvarado. Socialmente, comprende seis municipios que albergan a 130 253 habitantes, que no cuentan con la infraestructura requerida para el tratamiento de las aguas residuales urbanas. Como consecuencia, las enfermedades más comunes de los habitantes rurales son las gastrointestinales, de la piel y de los ojos. Cabe destacar, que las localidades del interior del complejo lagunar carecen de servicios públicos (luz, agua potable, drenaje), por lo que todos los desechos son vertidos a los cuerpos de agua. Otras amenazas presentes en la zona, son la existencia de pozos de extracción de gas natural a cargo de la paraestatal Pemex; la existencia de los ingenios azucareros que provocan la contaminación del aire durante la época de zafra; así como las descargas industriales sin tratamiento, al final de cada época de la molienda. Éstas y otras amenazas, tanto a la sociedad como a la diversidad biológica, supondrían escenarios alarmantes en cuanto a la contaminación se refiere. No obstante, algunos estudios muestran situaciones no tan adversas.

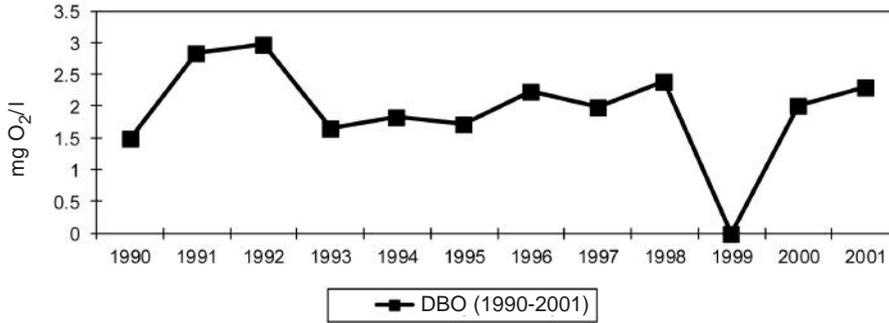


FIGURA 1. Registros de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (periodo 1990-2001) para la parte media-alta de uno de los ríos próximos a Ciudad Alemán. FUENTE: Semarnat, 2000.

El mercurio es un contaminante que puede ser transportado a grandes distancias e incorporarse a organismos silvestres que son consumidos por el ser humano, lo cual supone un riesgo para la salud de éste. Desde 2003 hasta 2005, una colaboración académica entre el Departamento de Ciencias Marinas y Costeras de la Universidad de Carolina, del Centro Oceanográfico del Instituto de Estudios Costeros y Marinos de la Universidad Nova del Sureste, Florida, EUA, y del Instituto de Investigaciones Biológicas de la Universidad Veracruzana (Guentzel *et al.*, 2007), permitió realizar un estudio para determinar los niveles de mercurio en el agua, sedimento y tejido muscular de peces y crustáceos en los ríos Papaloapan y Blanco del sistema lagunar de Alvarado. También se precisó el nivel de mercurio en los pobladores de las comunidades de la región a través de muestras de cabello. Los resultados de tal estudio indican que los niveles de mercurio están por debajo de los límites establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), e incluso por debajo de los límites que existen en la normatividad mexicana. Se sugiere que el transporte y la diseminación de este elemento están influenciados por la época de lluvias y otros factores aún no determinados.

PERSPECTIVA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA DE LA CONTAMINACIÓN

En la actualidad, no existe un monitoreo constante de la calidad del agua del sistema lagunar de Alvarado. Estudios como el anteriormente descrito, indican la baja presencia de elementos muy contaminantes como el mercurio. Sin embargo, existen vacíos de información sobre

otros elementos que a diario son vertidos en los cuerpos de agua (*e. g.* las aguas residuales domésticas y los residuos de aceite de motores fuera de borda). En este sentido, cabe mencionar que los ecosistemas costeros son sitios muy dinámicos y cambiantes a lo largo del tiempo, y podría sugerirse que la afluencia de los contaminantes pudiera ser dispersada por el efecto de las mareas, las lluvias, la sedimentación y otros factores. Esto supondría el transporte de esos elementos a la zona marina y su dispersión en ella. Sin embargo, esto no disminuye la contaminación sino que la difunde hacia otros ecosistemas, y lo anterior pudiera influenciar la dispersión de sustancias adversas; uno de los aspectos que requiere la atención de la salud pública es que anualmente se presentan en las comunidades enfermedades gastrointestinales, de la piel y de los ojos, y éstas coinciden con la época de lluvias. Asimismo, en la época de sequía, las enfermedades gastrointestinales son las más recurrentes entre la población infantil. Es por enfermedades de este tipo, que la atención de estos aspectos de la salud pública resulta prioritaria, así como la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales o tecnologías alternativas como los humedales artificiales en toda la cuenca. Esto puede suponer una modificación a las políticas públicas y, por lo tanto, una cuantiosa inversión de recursos financieros. Pero también existen alternativas que a corto plazo pueden llevarse a cabo, y que están relacionadas con la sensibilización de los habitantes de las comunidades rurales en el uso de letrinas ecológicas, el manejo local de los residuos sólidos y la necesidad de establecer estaciones permanentes de monitoreo de la calidad del agua en los cuerpos de agua principales del complejo lagunar de Alvarado.

Acciones como las antes descritas, brindarían información de primera mano para conocer el estado que guarda el agua en la cuenca, así como para detectar la variabilidad en los registros a lo largo del año y su posible relación con eventos climatológicos como la época de lluvias o de sequía, o bien con eventos extraordinarios como los huracanes. De la misma forma, las acciones de conservación de los recursos naturales asociados al recurso agua, son determinantes para mantener los procesos biológicos presentes en la zona costera. En conclusión, el recurso agua es el soporte de la vida en estos ecosistemas y como tal debe ser prioritario su cuidado para preservarlo para las generaciones futuras.

REFERENCIAS

- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 2009. *Inventario nacional de plantas municipales de potabilización y de tratamiento de aguas residuales en operación*. Secretaría del Medioambiente y Recursos Naturales, México, 301 p. Centro Virtual de Información del agua. Disponible en: <http://www.agua.org.mx/>.
- CONSEJO DEL SISTEMA VERACRUZANO DEL AGUA. 2002. *Los usos y la disponibilidad de agua en el río Blanco y sus afluentes*. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/sites/CONAE/resources/LocalContent/1171/1/images/Cnab2hp.pdf>.
- F&C. CONSULTORÍA Y CONSTRUCCIÓN, SA DE CV. 2001. Análisis integral de los recursos hidráulicos en la cuenca del río Papaloapan. Uso público en comunidades urbanas y rurales del estado de Veracruz dentro de la cuenca del Papaloapan. Resumen ejecutivo. Disponible en: <http://www.csva.gob.mx/pagindex.php?pag=51>.
- GUENTZEL, J. L., E. Portilla, K. M. Keith y E. O. Keith. 2007. "Mercury transport and bioaccumulation in riverbank communities of the Alvarado Lagoon System, Veracruz State, Mexico", *Science and the Total Environment*. 388: 316-324.
- IRIGROYEN L., J. M. 2002. Las vedas del Papaloapan, III Seminario Taller de la Red Mexicana de Ciudades hacia la Sustentabilidad Xalapa. Xalapa, Veracruz. Disponible en: http://imaginarios.com.mx/redmcs/syp/iii/mesa2/juan_manuel_irigoyen_lopez.pdf.
- RAMSAR. 1971. Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional, Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. Ramsar (Irán), 2 de febrero de 1971. Compilación de Tratados de las Naciones Unidas Núm. 14583. Modificada según el Protocolo de París, 3 de diciembre de 1982, y las Enmiendas de Regina, 28 de mayo de 1987. Disponible en: <http://www.ramsar.org>.
- SÁNCHEZ HERNÁNDEZ, A. I. y E. Portilla Ochoa. 2003. Diagnóstico, protección y conservación del ecosistema de manglar del humedal de Alvarado, Veracruz, México, E. Portilla Ochoa, Establecimiento de Unidades de Gestión Ambiental en el Humedal de Alvarado, Veracruz, México. Reporte final del Proyecto financiado por el Consejo para la Conservación de los Humedales de Norteamérica (NAWCA) a la UV. Reporte de distribución limitada.
- SECRETARÍA DE MEDIOAMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. 2000. Estadísticas del medio ambiente: Dimensión Ambiental. Disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/estadisticas_ambientales_2000/03_Dimension_Ambiental/03_02_Agua/III.2.2/CuadroIII.2.2.13.pdf.

LA CONTAMINACIÓN EN LOS HUMEDALES Y LA IMPORTANCIA DE CUIDAR EL RECURSO AGUA

Blanca Elizabeth Cortina Julio y Enrique Portilla Ochoa

INTRODUCCIÓN

Desde tiempos antiguos, las civilizaciones han tropezado o prosperado en respuesta a la disponibilidad del agua. Los habitantes primitivos comprendieron que la lluvia mantenía la vida. Tallaron mensajes en piedra (espirales simbolizando fuentes de agua oculta) o crearon instrumentos como los “palos de lluvia”, que imitaban el sonido de ésta para celebrar su llegada. En la actualidad, existe aproximadamente la misma cantidad de agua que cuando se formó el planeta. Sin embargo, nuestra demanda de ella ha aumentado. De acuerdo con algunos especialistas en el recurso agua, su uso en el ámbito mundial se ha triplicado desde 1950 (Vázquez del Mercado-Arribas *et al.*, 2001). Con el incremento en la demanda de un recurso limitado, todos los países enfrentan diversos retos: ¿cómo satisfacer las necesidades del ser humano mientras se protege la integridad ecológica de los sistemas naturales?, ¿cómo pueden las poblaciones equilibrar sus necesidades de uso de agua con la responsabilidad de mantener la calidad y la disponibilidad? Los mencionados retos por el agua continuarán y serán más críticos conforme avance el siglo XXI. La solución a esos desafíos depende de una población sensibilizada y bien informada sobre el agua y los recursos acuáticos. La educación proporciona una de las mejores vías para asegurar un comportamiento

responsable hacia el agua (Vázquez del Mercado-Arribas *et al.*, 2001). Sin embargo, la continua contaminación, la sobreexplotación y la distribución no equitativa del agua, exacerba la pobreza existente y limita la oportunidad de llevar una vida digna. Es importante relacionar a la población con las estrategias de educación ambiental (EA, en adelante) en la conservación de los recursos naturales, en las cuales se incluyen siempre lemas referentes al recurso agua (*e. g.* saneamiento, conservación, manejo), vital para todos. Todos debemos considerar al agua como un recurso limitado, de tal manera que también los humedales deben ser vistos como áreas fundamentales para la vida, la salud y el desarrollo social, cultural y económico de los seres humanos.

Los humedales constituyen un eslabón básico e insustituible del ciclo del agua. Su conservación y manejo sustentable pueden asegurar que la nuestra y las futuras generaciones (figura 1) disfruten de su riqueza biológica y de los servicios ambientales que éstos prestan: el almacenamiento del agua, la recarga y descarga de los acuíferos, la purificación del agua mediante la retención de los nutrientes, los sedimentos y los contaminantes, la protección contra las tormentas y la mitigación de inundaciones, la estabilización de los litorales y el control de la erosión. Los humedales, además, son áreas de protección y crianza para muchas especies de pesquerías comerciales, hábitat de diversas aves (figura 2) residentes y migratorias y recipiente de valores culturales y bellezas paisajísticas (Conanp, 2006).



FIGURA 1. Hijos de los pescadores del humedal de Alvarado, que participan en acciones para la conservación de los recursos naturales (foto: Proyecto IIB-UV, Blanca E. Cortina).

La EA constituye una práctica social que de modo cotidiano confirma su importancia. Esta práctica específica de lo educativo, si bien reciente como campo pedagógico, se encuentra íntimamente asociada a un conjunto de preconociones que influyen, de formas diversas, no sólo en nuestra manera de conceptuar al mundo y de ubicarnos en él, sino de perfilar nuestro proyecto como pueblo (González J., 1997). Una de las actividades asociadas con la práctica de la EA es la realización de talleres, con dinámicas específicas orientadas a problemáticas particulares. En uno de estos talleres de EA promovidos por nuestro equipo de trabajo en el año 2006, concurrieron jóvenes estudiantes de las carreras de Biología, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Química, así como estudiantes de bachillerato; participaron 25 personas. El taller estableció objetivos para la conservación del recurso agua, enfocándolo a los humedales, áreas de importancia mundial que satisfacen muchas de las necesidades del ser humano. Se plantearon tres propósitos fundamentales: 1. reconocer que todas las personas contribuimos y somos responsables de la calidad del agua presente en los cuerpos de agua superficiales o freáticos, 2. identificar las mejores prácticas para reducir la contaminación y 3. diferenciar la contaminación puntual de la no puntual o difusa. En este capítulo, se destacan los aspectos más relevantes de este taller, llevado a cabo por nuestro grupo de trabajo, particularmente en lo que se refiere a la participación de los jóvenes.



FIGURA 2. Áreas de importancia para la crianza de las especies pesqueras y hábitat de diversas aves residentes y migratorias (foto: Alejandro Palacios Carmona).

CONCEPTOS

Con la finalidad de introducir a los participantes en la problemática a abordar, se hizo énfasis en cuestiones relacionadas con la calidad del agua y otros aspectos. La calidad del agua de un río (o lago) es, en gran parte, el reflejo de los usos del suelo y de los factores naturales que se encuentran en su cuenca. Si el suelo cercano a un río o a un lago se erosiona de forma natural, existe la probabilidad de que éste presente problemas de sedimentación y turbidez. Si el suelo posee una cubierta vegetal estable, la erosión se contiene. Cuando los seres humanos se establecen en la tierra y la cultivan, se afecta la calidad del agua. Eliminar malezas, deforestar, construir ciudades, hacer trabajo de minería y otros usos del suelo causan impactos no deseables en la calidad del agua.

Todos somos responsables de la salud de las cuencas y de los sistemas acuáticos (ríos, lagos, humedales y otros) que se ubican en una cuenca hidrológica. La comprensión de qué es la calidad y la cantidad del agua de un río o lago, implica investigar la condición de la cuenca que la aporta. Si la cuenca está contaminada, existe una buena probabilidad de que el río también esté contaminado.

Cuando los administradores de una cuenca realizan investigaciones sobre las prácticas de uso del suelo que podrían afectar la calidad del agua, su preocupación principal se centra en dos fuentes generales de contaminación: la puntual y la no puntual. La contaminación puntual (CP) incluye contaminantes que son descargados en un punto u origen identificable, y que pueden ser rastreados hasta ese sitio, como la descarga de la chimenea de una fábrica o un canal de desagüe. La contaminación no puntual (CNP) o difusa, se produce cuando no puede identificarse el origen de la contaminación. Es decir, la contaminación puede provenir de uno o de varios sitios. Los ejemplos de contaminación no puntual incluyen avenidas de campos agrícolas, que contienen fertilizantes y pesticidas, el aceite para motor que llega de las áreas urbanas y los sedimentos de los bancos de ríos erosionados (Vázquez del Mercado-Arribas *et al.*, 2001).

Abordar este tipo de problemas resultó apropiado pues estimuló la participación con comentarios y preguntas de los asistentes, lo que dio lugar a un seguimiento más dinámico de los ejercicios que se llevaron a cabo en el taller.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EDUCATIVA DURANTE EL TALLER

Una de las actividades centrales de la EA que realizaron los estudiantes en el taller, fue la de identificar los problemas de contaminación que se generan en una cuenca como resultado de las actividades que el ser humano lleva a cabo cerca de los cuerpos de agua. Esto permitió que los estudiantes reflexionaran sobre la problemática ambiental presente en las cuencas y cómo afecta a aquellas poblaciones que viven en las regiones más bajas de los ríos.

Empleando rotafolios y otros elementos, los estudiantes representaron cuencas en las que fueron añadiendo proyectos de construcción probables diseñados por ellos mismos, como base para discutir el tema de la contaminación y cómo prevenirla. Estos proyectos fueron conocidos en el taller como “propiedades” de los participantes. Fue importante notar que, aun cuando las propuestas de proyectos tuvieron objetivos interesantes de tipo cultural o ecoturístico, la discusión sobre ellos permitió a los estudiantes percatarse de que incluso este tipo de proyectos, podrían tener algunos efectos adversos en las poblaciones que viven cerca de una cuenca y, como consecuencia, impactos negativos en las regiones más bajas de la misma (figuras 3 y 4).

Posteriormente, los estudiantes discutieron sobre los tipos predominantes de uso de suelo que hay a lo largo del río y su distribución en el espacio. Dado que prevalecieron los proyectos ecoturísticos, éstos involucraban la necesidad de tomar en cuenta la satisfacción de los visitantes. Sin embargo, también se reflexionó sobre la forma como se afectaba al río: por la contaminación de las descargas residuales de “sus propiedades”, y cómo esto afecta a los vecinos con proyectos río abajo. Al final, llegaron a la conclusión de que la última propiedad, situada río abajo, era la más afectada de todas, con lo que quedaba implícita la idea de que ningún proyecto está aislado de su entorno.

S.O.S. TIERRA, EL LLAMADO

En esta actividad complementaria del taller se mostró un documental a los participantes, lo que les permitió reflexionar sobre el daño que el planeta Tierra recibe por los problemas ambientales. El documental presentado fue *S.O.S. Tierra, el llamado*. Fue facilitado por el Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable (Cecadesu) dependiente de la Semarnat, y tiene una duración de 10 minutos (guion de Antonio Velasco Piña y Juan Carlos Martínez Rivera; voz de Angélica

Aragón). Básicamente, la intención del video es sensibilizar a los seres humanos y mostrar el papel que desempeñamos en los ciclos biológicos, y cómo nuestra intervención en dichos procesos ha generado impactos negativos en el equilibrio ecológico y la desaparición de especies. Esta actividad permitió que los participantes en el taller se dieran cuenta de que la problemática examinada está muy vigente en diferentes partes del mundo, y que su contribución potencial para resolverla no es en absoluto deleznable y requiere de la participación de todos.



FIGURAS 3 y 4. Esquemas que muestran las actividades realizadas por los estudiantes, quienes después de concluir los dibujos de "sus propiedades", se unieron para conformar una cuenca y analizar lo que sucede en ella (fotografía de Blanca E. Cortina).

CONCLUSIONES DEL TALLER

En las conclusiones del taller se aprendió que cada propiedad forma parte de una cuenca y que la suma de las propiedades hace una cuenca completa; además, de que existen agentes contaminantes que provienen de cada propiedad y son vertidos a los cuerpos de agua. En este sentido, los participantes se percataron de que la suma o acumulación de éstos tiene efectos a todo lo largo de la cuenca, los que se concentran principalmente en la parte baja de la misma, donde están los humedales y las lagunas costeras. Este ejercicio fue la base para invitar a los participantes a buscar, desde su disciplina o profesión, contribuciones adecuadas para tratar de evitar o revertir la contaminación en los ríos, las lagunas, los humedales y otros cuerpos de agua; y recordar que, el agua como recurso natural, es un elemento imprescindible para la vida en la Tierra.

La mayoría de los participantes consideró que la actividad desarrollada le permitió hacer una reflexión profunda sobre la problemática que, en la actualidad, afecta a los cuerpos de agua en lo referente a la contaminación, a los terrenos cercanos a los cuerpos de agua, a las especies de flora y fauna y, sobre todo, a aquellas comunidades que viven en las desembocaduras y zonas bajas de los ríos, los arroyos, los lagos y otros cuerpos de agua.

REFLEXIÓN FINAL

La EA es uno de los enfoques fundamentales para ayudar a comprender las relaciones que los seres humanos han establecido con el entorno natural y que han propiciado el deterioro ambiental que se vive actualmente; pero también apunta a la reconstrucción de nuevas formas de ver, reflexionar e interpretar la realidad. Esta perspectiva puede impulsar procesos de prevención de dicho deterioro con un enfoque de sustentabilidad y, también, favorecer el bienestar humano y la calidad de vida a través de la construcción social de valores que den origen a una nueva ética ambiental (Almeida-Leñero *et al.*, 2010).

Con respecto a la profunda crisis ambiental que actualmente se vive, es necesario que la sociedad en su conjunto esté más comprometida con el ambiente, y asuma que este compromiso requiere de cambios en todos los ámbitos de la vida social para lograr una mejora en la calidad de vida de las personas. Sin duda, la educación como proceso basado en la formación de valores y de ideología, puede favorecer el desarrollo de cambios de actitudes y de comportamientos hacia el ambiente.

REFERENCIAS

- ALMEIDA-LEÑERO, L., M. Nuñez Tancredi y A. Barahona Echeverría. 2010. *Educación para la sustentabilidad ambiental. Una perspectiva necesaria*. UNAM, México, DF.
- COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS. 2006. *Humedales prioritarios de México*. SEPRIN, México.
- GONZÁLEZ J., A. 1997. "La influencia de la antropología estadounidense en México: el caso de la ecología cultural", M. Rutsch y C. Serrano (eds.), *Ciencia en los márgenes*. UNAM, México, pp. 127-142.
- VÁZQUEZ DEL MERCADO-ARRIBAS, R., E. Ibarondo Franco, R. Uribe Visoso, G. Larios de Anda, G. Arias Aranda, M. Huerta Huitzil y G. García Ríos. 2001. ¡Encausemos el Agua! Currículo y guía de actividades para maestros. International Wet México-Water Education for Teachers-Comisión Nacional del Agua-Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 532 p.
- VELASCO P., A., J. C. Martínez, L. A. Solano, G. Pardo, C. Abada, E. González, A. Cornejo y C. de la Vega. 2008. *S.O.S. Tierra, el llamado*. Formato VCD. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, S.O.S. Tierra, México.

LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS POR GRASAS ANIMALES Y ACEITES VEGETALES Y EL BIODIESEL

*S. Augusto Hernández Rivera, José Martínez Gándara,
Laura Escamiroso Gutiérrez y Miriam Licona Romero*

INTRODUCCIÓN

La relación del hombre con su medio ambiente se ha deteriorado a partir de que el ser humano ha roto el balance en las condiciones de tolerancia naturales prevalecientes en su entorno, ya sea por su explotación irracional o por su uso inadecuado, alterando su composición y funcionamiento al verter en él sustancias que perturban su calidad original. Prueba de ello es lo que acontece con el agua, un recurso natural que parecía inagotable para el humano –probablemente así sea–, pero cuya existencia ya no se da en las condiciones que éste la requiere para su consumo.

Esto nos lleva a pensar por qué cuando escuchamos la palabra agua, la relacionamos con un elemento de uso cotidiano en nuestras actividades. Pero si reflexionamos sobre ello, esto nos obliga a considerarla como un elemento natural indispensable para el desarrollo y la subsistencia de los humanos, y de toda forma de vida existente en nuestro planeta. Además, nos invita a pensar en algunas cuestiones que se tornan de gran importancia: ¿cómo es?, ¿de dónde viene?, ¿cuánta tenemos?,

¿es suficiente?, ¿cuál es su calidad?, así como el uso que le damos a diario en diferentes actividades que desarrollamos como las domésticas, las industriales, las agrícolas, las ganaderas, las de la acuicultura, las medicinales, las deportivas y de utilidad municipal, entre otras. Estos temas nos llevan a realizar un análisis sobre la calidad de las aguas en el estado de Veracruz, lo que nos hace presumir que el agua con que se cuenta, independientemente de los escurrideros que se forman por las lluvias o las corrientes subterráneas, la conforman los cauces de los ríos que bañan la superficie del estado de Veracruz y, además, son nuestras fuentes permanentes de abasto. Éstos suman un total de 41 ríos, distribuidos a lo largo y ancho del territorio estatal, así como algunos muy importantes en el norte, centro y sur de la entidad (cuadro 1).

CUADRO 1. Principales ríos de Veracruz por zona

<i>Zona norte</i>	<i>Zona centro</i>	<i>Zona sur</i>
Pánuco Tuxpan-Nautla Cazones	Tecolutla Actopan La Antigua Jamapa Nautla Blanco	Papaloapan Coatzacoalcos Tonalá

Estos cuerpos de agua, que son abundantes en nuestro estado y que unidos a los de los estados colindantes del sur contienen aproximadamente 35% de las aguas superficiales del territorio nacional, parecerían ser la solución a cualquier tipo de problemas que pudiera provocar el abastecimiento de las necesidades de la población. Los datos de la Conapo (2010) nos permiten suponer que podemos disponer de hasta un total de 10 000 metros cúbicos de este líquido por persona. Pero esta disponibilidad, aun cuando parezca extraño, sólo es aparente, ya que casi 75% de las aguas de los ríos no están en condiciones para el consumo humano o para darles otros usos de manera directa, pues están contaminadas por diversos desechos. Entre ellos, podemos mencionar los provenientes de las aguas negras o municipales que contienen jabones, materia orgánica, polvos, grasas domésticas y otros. Igualmente los vertidos a las aguas residuales, que son producto de la actividad permanente de las industrias elaboradoras y transformadoras de diferentes materias y que contienen, entre otros contaminantes, materia orgánica,

productos derivados de hidrocarburos, metales pesados, colorantes, sustancias químicas, fertilizantes, pesticidas, grasas y aceites a niveles altos y muchos más. La situación se torna más grave si a esto le agregamos otros desechos que se arrojan al ambiente por falta de una cultura adecuada y que, finalmente, son depositados en los cauces de los ríos como los desechos sólidos, tales como plásticos, vidrios, cartón y telas.

Aquí nos referiremos específicamente a la contaminación ocasionada por los aceites vegetales y las grasas animales que se descargan a las aguas sin tratamiento alguno y que, según reportes que existen, basta una cantidad mínima de estas sustancias para contaminar miles de litros de agua. Esto se ha vuelto una situación problemática pues a diario se vierten, de los hogares a los drenajes, grandes cantidades de las grasas y los aceites que se utilizan para la elaboración de los alimentos. A ello se añaden los aceites de la industria restaurantera o la que fabrica alimentos “chatarra”, además de los que derrama la industria procesadora de diferentes materias para elaborar grasas y aceites. En suma, las aguas reciben volúmenes elevados de estos contaminantes, que los mecanismos de la naturaleza están imposibilitados para destruirlos y limpiar el medio ambiente, pues su presencia forma una película que impide el paso de la luz solar, lo que trae como consecuencia afectaciones, en muchos casos irreversibles, para los ecosistemas que los reciben, sin que nadie haga nada o casi nada para evitarlos. Los daños causados por estos contaminantes pueden ser variados (cuadro 2).

CUADRO 2. Algunos efectos nocivos causados por verter aceites animales y grasas vegetales en suelos y aguas

<i>Impacto de las grasas y los aceites en el agua y el suelo</i>
1. Impiden el paso del oxígeno al formar una capa impermeable en la superficie (no permiten que las bacterias ni los hongos, además de otros factores, realicen la descomposición de la materia orgánica).
2. Esta capa impide el paso de luz solar (evita la realización de la fotosíntesis, por lo que afecta a las cadenas alimenticias).
3. En los suelos, la película o capa impermeable formada impide la alimentación de los mantos freáticos.
4. Igualmente, los aceites animales y las grasas vegetales dificultan el uso del suelo para las actividades agropecuarias.

Lo anterior se torna alarmante pues las reglamentaciones al respecto en poco contribuyen al cuidado de nuestras aguas o suelos receptores de estos contaminantes. Basta con observar los niveles máximos que permite la NOM-001-ECOL-1996 de aceites y grasas que se depositan en los drenajes y que finalmente llegan a los ríos: 15 miligramos en promedio mensual y 25 miligramos promedio diario por litro vertido en cualquier tipo de agua para utilizarse; aunque esta sea para riego agrícola, actividades turísticas, uso público urbano, protección a la vida acuática en ríos, embalses naturales y artificiales, estuarios o humedales, es la misma cantidad, sin distinguir la importancia que tiene cada renglón de los mencionados.

Por otro lado, la NOM-068-ECOL-1994 establece los límites máximos de contaminantes permitidos en las descargas de aguas residuales de los cuerpos receptores provenientes de la industria de los aceites y las grasas comestibles de origen animal y vegetal. Podemos observar que esta NOM es una reglamentación proteccionista, ya que autoriza a las industrias a verter al medio ambiente hasta 50 miligramos por litro diario, pero con una tolerancia de hasta 80 miligramos por litro según una prueba instantánea, lo que a todas luces es aberrante, por lo que habría que vigilarlas más para que cumplieran las disposiciones generales, y no permitirles descargas de más de 300% con respecto a lo que deben contener las aguas, independientemente del uso que se les dé (cuadro 3).

CUADRO 3. Las descargas de aguas residuales provenientes de la industria de las grasas y los aceites comestibles de origen animal y vegetal deben cumplir con las especificaciones que se indican (NOM-068-ECOL-1994)

<i>Parámetros</i>	<i>Límites máximos permisibles</i>	
	<i>Promedio diario</i>	<i>Instantáneo</i>
pH (unidades de pH)	6-9	6-9
Demanda química de oxígeno (mg/l)	290	360
Grasas y aceites (mg/l)	50	80
Sólidos sedimentables (ml/l)	1.0	2.0
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	130	160

Una de las formas en que se puede evitar esta contaminación es a través del reciclaje de estas grasas y de estos aceites, dándoles una utilidad específica en bien de la sociedad. Es por eso que se propone recolectarlos y almacenarlos para la elaboración posterior de un biocombustible

(biodiesel), que evitaría la contaminación que ocasionan en aguas y suelos. Además, esto representa una gran ventaja, pues no se seguiría utilizando un recurso no renovable como los combustibles de origen fósil, que contaminan el medio ambiente con cantidades altas de bióxido de carbono, azufre, hollín, plomo y óxidos de nitrógeno; es por esto que el combustible obtenido a partir de los aceites y las grasas recicladas posee una mayor ventaja, pues no tiene plomo, azufre, hollín, sus nivel de bióxido de carbono son bajos y se produce a partir de un recurso renovable como son los aceites y los alcoholes.

En cuanto al rendimiento del biodiesel, en pruebas realizadas por nuestro laboratorio (Hernández Rivera *et al.*, inédito), este es prácticamente igual al del diesel convencional, cuando mucho existe una variación del 10%, pero hay que considerar que su costo es muy bajo. Además, por cada litro de aceite de desecho se obtienen 900 mililitros de combustible y el resto es un producto secundario llamado glicerina, misma que puede ser usada como desengrasante y en la industria cosmética.

La elaboración de este biocombustible no requiere de equipo muy sofisticado, pues con los conocimientos técnicos necesarios, equipo y material de laboratorio común, se puede realizar el procedimiento para la obtención del biodiesel. Todo el proceso que se lleva a cabo está basado en un método químico en el que se utilizan sales de hidróxido, un alcohol (etanol, metanol u otro) para formar una base, cuya cantidad total se sustenta en una curva de calibración realizada según las grasas o los aceites y la cantidad a emplear.

La curva de calibración nos permite determinar la cantidad de hidróxido total que, combinado con el alcohol, proporcionará 20% requerido de la base que será mezclada con los aceites o las grasas; después de ello, mediante la combinación y la agitación durante 15 minutos en una mezcladora a alta velocidad, se efectúa la transesterificación que nos aporta una porción de biocombustible (biodiesel) y otra de glicerina: 90% del primero y 10% del segundo. Se deja reposar de 48 a 72 horas después de realizada la mezcla para la separación de las fases, decantando posteriormente para separar ambos productos y filtrar el biodiesel para obtenerlo con mayor pureza. Los ésteres que se forman de los ácidos grasos contenidos en las grasas y los aceites combinados con los alcoholes, reciben el nombre de origen de estos ácidos grasos (cuadro 4).

Estos productos obtenidos del proceso de la transesterificación son los que finalmente forman el biodiesel y la glicerina que, una vez filtrados y separados para eliminarles algunas impurezas, pueden ser utilizados de manera directa en los motores a diesel (*e. g.* tractores, carros);

además, el biodiesel no requiere de que se realice ninguna adaptación en los motores, como sucede con el diesel tradicional (de origen fósil).

CUADRO 4. Ésteres que se forman de ácidos grasos y sus nombres comunes

<i>Nombre común del ácido graso</i>	<i>Alcohol utilizado</i>	<i>Nombre del éster formado</i>
Ácido palmítico	Metanol	Metil palmitato
Ácido esteárico	Metanol	Metil estearato
Ácido oleico	Metanol	Metil oleato
Ácido linoleico	Metanol	Metil linoleato

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos, sometidos a prueba de eficiencia en un tractor, permiten concluir que es posible la elaboración de este biocombustible para ser utilizado como fuente de energía en automotores, ya que es un combustible prácticamente limpio pues no produce contaminantes en la medida que lo hacen los de origen fósil; es de muy bajo costo, lo que lo hace accesible a los grupos sociales más desprotegidos cuya actividad es la agropecuaria y requiere del consumo de combustibles. Así, también, nos invita a reflexionar que es necesario: 1. el establecimiento de programas educativos que fortalezcan las responsabilidades ambientales, 2. la búsqueda de nuevas alternativas a los combustibles, 3. el aprovechamiento y el reciclaje de materia de desecho, y 4. la necesidad de que la Universidad Veracruzana se convierta en la pionera del desarrollo de energías alternativas.

REFERENCIAS

- CONAPO. 2010. *Boletín*. Núm. 03, Secretaría de Gobernación-Gobierno de México.
- GALINDO ÁNGEL, J., L. Vázquez Castán, M. A. Cruz Lucas, M. López Ortega y A. P. San Martín. 2005. "Contaminación del río Cazones, Veracruz, México, durante el periodo octubre 2004-junio 2005", *UDO Agrícola*. 5 (1): 74-80.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-068-ECOL-1994.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL 1996.
- RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ-ALBA, A., M. J. Gómez Ramos, S. Herrera López, M. del M. Gómez Ramos. 2010. "Evaluación y presencia de contaminantes emergentes en aguas residuales urbanas y aguas de ríos", *Revista Técnica de Medio Ambiente*. 146: 28-37.

LA INTERACCIÓN ENTRE LA VEGETACIÓN Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN VERACRUZ

Leonel Torres Hernández y S. Mario Vázquez Torres

INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de la alfombra vegetal de Veracruz, es inevitable la conclusión de que su territorio está lleno de vida. La pregunta igualmente ineludible es ¿por qué tanta? La clave está en el agua.

El agua es un recurso vital cuya disponibilidad varía de acuerdo con el espacio y el tiempo. Hay ambientes y temporadas en que el agua es tan abundante que anega los terrenos, y los hay en que su escasez cubre el paisaje con un manto de sequía.

Agua, orografía, estaciones del año, vegetación y biodiversidad van de la mano, además de otros factores. En los lugares montañosos, como lo es una buena parte de México, las vertientes en barlovento expuestas a vientos cargados de humedad por provenir del mar, normalmente reciben lluvias abundantes. Por su parte, las vertientes en sotavento, refugio de los vientos húmedos a causa de la sombra orogénica y las planicies costeras lejanas a las montañas, reciben menor precipitación. Además, las

diferentes oportunidades para la precipitación pluvial debido a la sucesión del estío, la lluvia, la canícula y otros varios meteoros atmosféricos (tormentas, ciclones, frentes fríos, vaguadas), hacen que la disponibilidad del agua dulce arrastrada por los vientos desde el mar varíe mucho a lo largo del año. Las especies responden a esta cambiante disponibilidad del agua de múltiples formas, de tal modo que el ambiente se hace muy diverso, lo mismo que la vegetación y la biota en general que se le asocia.

Veracruz es un estado ampliamente favorecido tanto por la cercanía del mar, como por la orografía montañosa de su territorio y su posición geográfica en la franja intertropical. El mar alimenta al estado con abundante humedad, en particular, en el verano cuando la cantidad de energía solar es máxima. Por otro lado, las elevaciones montañosas propician la retención de esta humedad en forma de lluvias, en tanto que la inclinación del terreno que va de las montañas al mar hace que las escorrentías bañen la propia comarca veracruzana.

Veracruz en unas ocasiones goza y en otras padece esta situación. El paisaje está tachonado de paradisíacas lagunas y corrientes de todo tipo y tamaño, permanentes y estacionales, pero también de grandes áreas y épocas en que el agua se vuelve un bien escaso o, por el contrario, en un torrente peligroso y hasta mortal. La consecuencia es un territorio en extremo variado, que reúne en su interior la tercera mayor diversidad de vida en el país.

AGUA Y VIDA

La predominancia de formas biológicas tales como árboles, arbustos o hierbas, deviene de las muy variadas maneras en que se pueden combinar la humedad y la temperatura. A esto hay que sumar una amplia gama de factores del terreno, que van desde la topografía y el drenaje de las aguas aluviales hasta la presencia y la estabilidad de compuestos químicos y de seres vivos (hongos, bacterias, lombrices y otros), todos los cuales podemos referir simplemente como factores físicos, químicos y bióticos del suelo (Krebs, 1978).

Es difícil establecer la secuencia de sucesos que generan el tapiz vegetal de una región dada. No obstante, no hay duda de que nada funcionaría, o no a la escala planetaria en que sucede, si no existiera un fenómeno como el ciclo del agua. El agua es el mayor recurso que los seres vivos necesitan para existir, lo mismo que el mayor reservorio del calor proveniente del Sol.

Recordemos el ciclo del agua (figura 1). El agua contenida en los océanos absorbe la energía solar, de lo que se producen colosales cantidades de vapor de agua. Éste se eleva, se enfría y se condensa progresivamente hasta formar masas nubosas, o bien es arrastrado por los vientos hacia tierras emergidas (continentes, islas), donde las montañas, a manera de resbaladillas que funcionan al revés, lo impulsan hacia mayores alturas y ahí se enfría y se condensa en nubes. Estas nubes son como inmensos lagos flotantes colmados de agua y calor solar, mismos que se descargan cuando llueve. Ya en forma de agua líquida en la superficie terrestre, el agua disuelve y arrastra sales minerales, al tiempo que está disponible para ser utilizada como tal por los seres vivos.

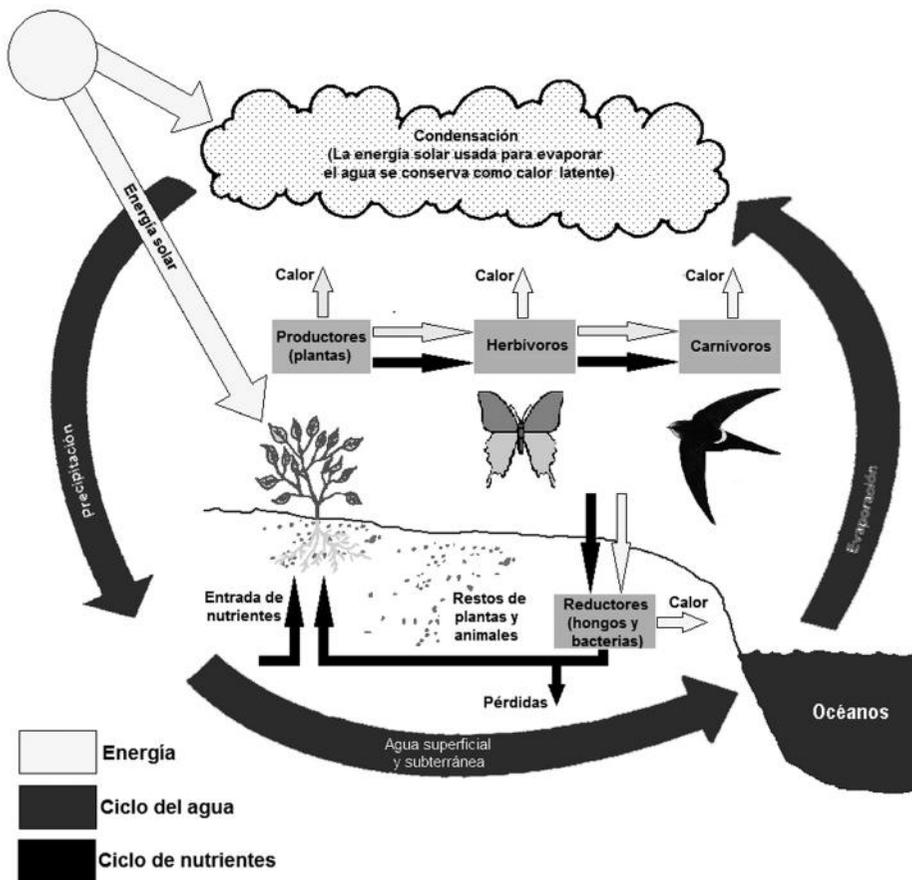


FIGURA 1. Ciclo del agua. A medida que el agua fluye por el ecosistema arrastra y disuelve materiales, con lo cual se constituye en el soporte del flujo de los materiales y la energía a través de las cadenas tróficas de los seres vivos, o en cadena de transporte de otros ciclos biogeoquímicos acoplados (dibujo de los autores).

Las plantas son los primeros organismos en aprovechar el agua para producir tejido vivo, y lo hacen a partir de fotones nacidos en el Sol, un puñado de sales disueltas en el suelo y gases de la atmósfera (en esencia bióxido de carbono). Este proceso, el de la fotosíntesis, ocurre en un medio acuoso dentro de las células de las plantas. Luego, los animales herbívoros se alimentan de las plantas y así convierten en carne –un alimento rico en proteína y de fácil digestión– lo que originalmente era tejido vegetal –un alimento pobre en proteína y rico en fibra, lo que dificulta su digestión. Después, convertidos en paquetes concentrados de comida, los herbívoros son devorados por animales depredadores (carnívoros, insectívoros, omnívoros, carroñeros). Finalmente, los restos de las plantas y los animales, y las excretas de éstos, son consumidos por los hongos y las bacterias, que los reconvierten en compuestos orgánicos e inorgánicos primarios que, ya en esa forma, pueden ser adquiridos por las plantas.

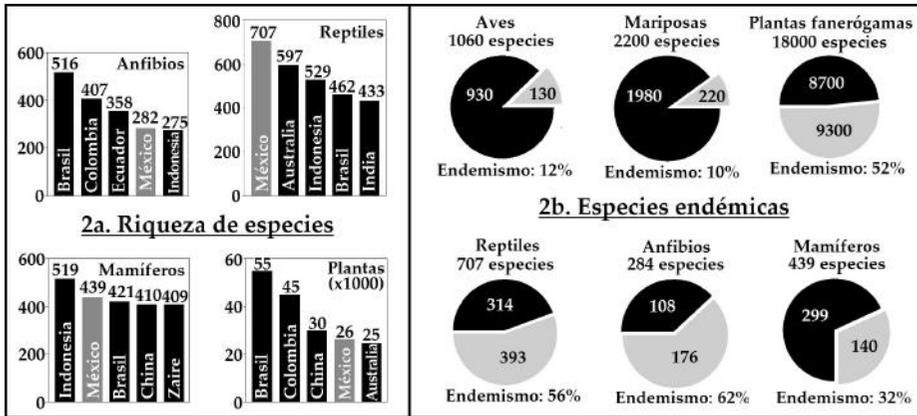
Con todo lo anterior, se completa un flujo cíclico de materiales y energía, que tuvo como punto de partida al agua como transportadora y disolvente de compuestos participantes en otros ciclos biogeoquímicos, así como aportadora de un escenario químico intracelular donde ocurren las transformaciones de los compuestos propios de la vida. El resultado es la producción de alimento a partir de sustancias elementales (luz, agua, tierra, aire), mismas que después fluyen en forma de compuestos orgánicos y energía química por los cuerpos de varios organismos mediante el proceso de transferencia secuencial de materia y energía de las cadenas alimenticias. En verdad, el agua lo es todo para la vida en nuestro planeta.

ESTA TIERRA NUESTRA

México es uno de los 10 países con mayor biodiversidad en el planeta (figura 2a). Pero no sólo se trata de riqueza de especies, sino también del número de especies que viven exclusivamente aquí (figura 2b).

Quizá la mayor diversidad y el mayor determinante de la biodiversidad radiquen en el paisaje. Hay ambientes de todo tipo en donde las diferentes condiciones de humedad, temperatura y suelo se combinan para permitir el establecimiento de múltiples formas de vida. Por otro lado, como la diversidad cultural tiene una relación directa con la diversidad de la vida, un corolario sorprendente de la riqueza del paisaje es la riqueza de formas humanas de vivirlo, entenderlo y expresarlo en términos de cultura. Eso explica la permanencia hasta el presente de 64

etnias nativas diferentes (cuya distribución y permanencia actual coinciden con las zonas de mayor biodiversidad), que representan al menos 64 puntos de vista sobre la naturaleza mexicana.



FIGURAS 2a. Datos de biodiversidad y 2b. Proporción de especies endémicas a México (con base en datos de Mittermeier y Goettsch, 1992).

El país se caracteriza por tener una especie de doble marco (figura 3). Uno de ellos, el externo, es el mar; al oeste se encuentra el Océano Pacífico y al este el Océano Atlántico (expresado en los mares interiores del Golfo de México y el mar Caribe). El otro marco, el interno, corresponde al conjunto de grandes cadenas montañosas que recorren el territorio de norte a sur y que, en general, establecen dos vertientes en barlovento a los vientos marinos. La vertiente del oeste es definida por la Sierra Madre Occidental y sus prolongaciones en los complejos sistemas serranos de los estados de Oaxaca y Chiapas, mientras que la vertiente del este lo es por la Sierra Madre Oriental. Una sierra transversal a éstas, el llamado Eje Neovolcánico, conecta a ambas vertientes mediante la cadena de volcanes más altos y activos de la nación, y al hacerlo la divide en regiones norte, centro y sur. En el interior de este doble marco y de las regiones propiciadas por el Eje Neovolcánico, queda una gran extensión de tierras en sotavento a los vientos húmedos del mar.

Desde el punto de vista de los recursos hídricos, el resultado de lo anterior es una distribución sumamente desigual del agua dulce, producto de la precipitación pluvial y su escurrimiento. Para ejemplificar, veamos los siguientes datos. En los ríos del país escurren 400 km³ de agua en un año, pero la mayor parte (87%) fluye en 39 ríos principales, cuyas

cuencas ocupan poco más de la mitad (58%) de la extensión territorial (García y Almazán, 1990). Sin embargo, la situación resulta aún más sesgada al observar que 65% del escurrimiento superficial pertenece a muy pocos ríos: Balsas, Santiago, Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Pánuco y Tonalá, cuyas superficies sumadas representan alrededor de la quinta parte (22%) de la del país. Los ríos Balsas y Santiago pertenecen a la vertiente del Pacífico, y los otros 5 a la vertiente del Golfo de México. En suma, la vertiente del Atlántico es más húmeda que la del Pacífico y ambas son mucho más húmedas que las vertientes del interior del país, donde encontramos hasta desiertos.

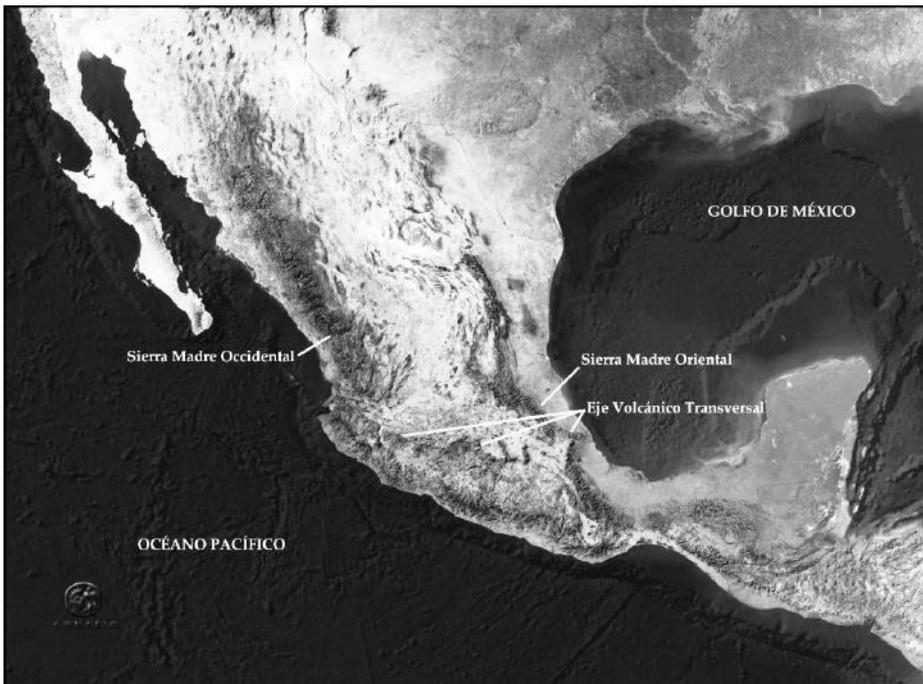


FIGURA 3. México. Modificado de Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Mosaico 2002 de imágenes Modis sin nubes del satélite Terra, bandas 1, 4, 3 (RGB), resolución espacial 250 m, sobre un modelo digital del terreno. FUENTE: http://www.conabio.gob.mx/informacion/geo_espanol/doctos/imagenalta_febrero2003.html.

Veracruz, en una escala menor, repite el mismo esquema. Es decir, es limitado por un lado por el mar —el Golfo de México— y, por el otro, por la abrupta cadena de montañas de la Sierra Madre Oriental, que por cierto tiene la primera y la octava cimas más altas de México. En medio, se forma un territorio largamente inclinado hacia el mar compuesto por el pie

de monte de la serranía y la planicie costera. Este plano inclinado es atravesado por múltiples ríos, los más importantes son Pánuco, Tecolutla, Nautla, Papaloapan, Coatzacoalcos y Tonalá. Por otro lado, la planicie costera es interrumpida en algunas porciones por el Eje Neovolcánico, la sierra de Los Tuxtlas y otros macizos montañosos menores. Además de esta fuente de diversificación interna del paisaje, se encuentra la diversificación de la margen costera (figura 4); en su dilatado litoral de 640 km de longitud se presentan 33 albuferas (lagunas costeras) de diverso tamaño, a muchas de las cuales se asocian varios cuerpos de agua que conforman sistemas lagunares, el más importante de ellos es el humedal de Alvarado, con sus 43 lagunas interiores.

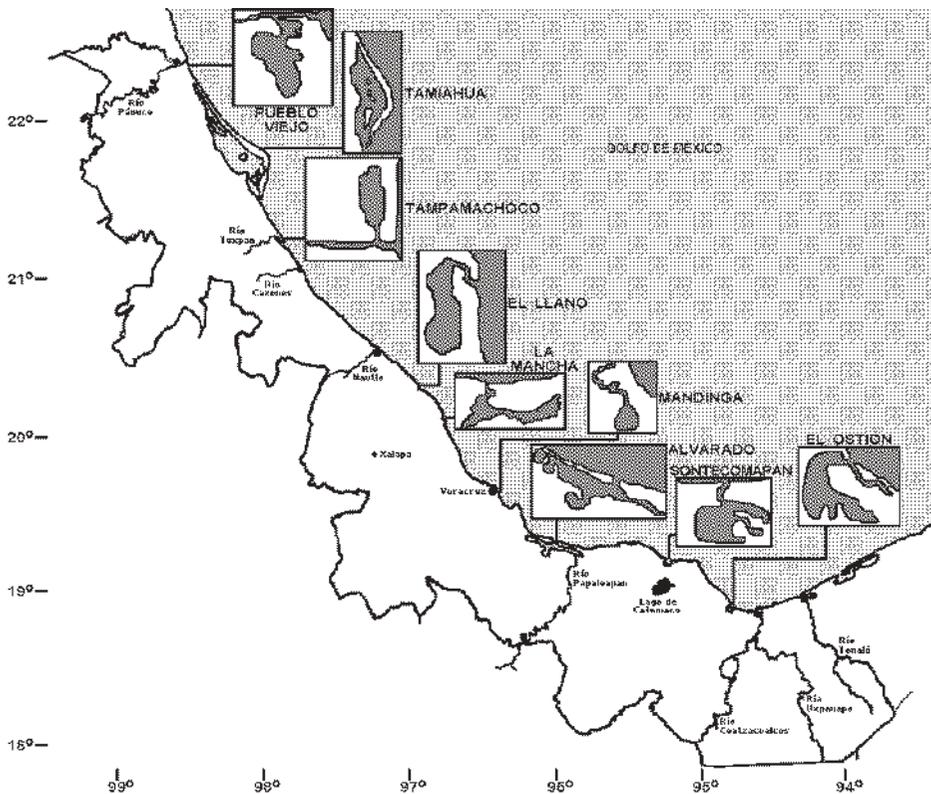


FIGURA 4. Ecosistemas de litoral de Veracruz. Se indican las principales lagunas costeras del estado (sin escala de proporción entre ellas). FUENTE: Torres Hernández, 1999.

En virtud de esto, el estado posee zonas expuestas a lluvias frecuentes o sus escorrentías por estar en barlovento, y al mismo tiempo tiene zonas con gran escasez de humedad, ya sea permanentemente o durante un

largo estiaje, por estar en sotavento o en planicies costeras sin montañas cercanas. Así, se abre un sinfín de oportunidades para la diversificación del paisaje, lo que da pie a una gran biodiversidad. En el estado existe la mayoría de los tipos de vegetación reconocidos para México, aunque es claro que predominan los de carácter tropical húmedo, tropical seco y templado húmedo.

Las plantas silvestres asociadas a los ámbitos selváticos, boscosos, de matorral y de pastizal de Veracruz suman más de 8 000 especies, lo que corresponde aproximadamente a un tercio del total de la flora de México, la cual reúne unas 25 000 especies nativas (Mittermeier y Goettsch, 1992). Como dato comparativo para dar significado a estas cifras recordemos que toda Europa, incluyendo Turquía (que a veces se considera como parte de Asia), tiene unas 20 000 especies de plantas (European Environment Agency, 2010).

PROBLEMAS Y MÁS PROBLEMAS

Quizá por la soberbia que causa la abundancia, quizá por la más ciega de las ignorancias, o tal vez por simple torpeza, en Veracruz no se ha hecho un buen manejo de los recursos naturales. En el estado la vida silvestre vive un franco deterioro.

La sociedad veracruzana ha hecho esfuerzos notables por alcanzar mejores condiciones de desarrollo, pero el costo de esto para el ambiente ha sido muy alto. Los espacios naturales son ocupados y transformados con fines productivos, y eso parece bueno, lo malo es que los recursos son sobreexplotados y las especies silvestres son cazadas, taladas hasta su erradicación en amplios ámbitos y, en los casos graves, hasta su extinción.

La degradación ambiental en general comienza con el establecimiento de la agricultura extensiva de las zonas forestadas. Continúa con la fragmentación del espacio natural, que lo deja compuesto de meros remanentes no significativos. Sigue con la extracción selectiva y desmedida de las plantas y los animales de interés económico. Prosigue con la deforestación y la defaunación generalizada, que simplifica al mínimo la estructura y la composición de especies de la biota. Finaliza con la transformación total del ecosistema original a otro tipo de ecosistema (como sembradíos extensivos y pastizales ganaderos), el cual es más pobre en biodiversidad, más inestable ecológicamente y menos productivo en cualquier sentido, pero en especial en lo económico (figura 5).



FIGURA 5. Deforestación en la región de Los Tuxtlas. Lo que originalmente era la condición natural de la zona, es decir, una exuberante selva, se ha reducido a escasos remanentes de vegetación (fotografía de Leonel Torres).

Veamos, a manera de ejemplo, el caso de los manglares, que son de los ecosistemas más productivos en el planeta. Para el pescador, los manglares son muy útiles porque sirven de criadero de varias especies de peces y crustáceos de alto valor económico. Se calcula que en algunos manglares de Asia se producen en promedio 750 kg de camarón en cada hectárea cada año, pero ese mismo espacio ya deforestado y convertido en pastizal para ganadería extensiva rinde unos 15 kg de carne de res por hectárea en un año. Y en este desbalance aún no incluimos el valor inmenso de un paisaje de aspecto prístino, en comparación con el valor nimio de un paisaje empobrecido ni el costo de recuperarlo.

Como se ve, el uso irracional de la naturaleza paradójicamente no conduce a la riqueza generalizada, sino a la pobreza generalizada. No es que el expolio del ecosistema no produzca riqueza, pues en algún lugar alguien obtuvo mucho dinero con eso (por ejemplo, en la venta de terrenos primero, y luego en la de maquinaria para la transformación del ambiente y su uso ya transformado), sino que la gente que vive directamente en, con y de los recursos naturales tan sólo ve aumentar los problemas ambientales y disminuir sus oportunidades de desarrollo.

Claro está que el asunto no acaba aquí. Del empobrecimiento del ambiente deviene una pérdida de recursos y una degradación ambiental tan progresiva y acumulativa, que en sentido literal se torna catastrófica, tanto por lo seco como por lo húmedo. Las increíbles pérdidas materiales, económicas y de vidas humanas debidas a las crecidas de los afluentes en toda la cuenca del río Nautla en 1998, o la de los pantanos y los esteros que inundaron la zona urbana de Veracruz-Boca del río en el 2005, son tan sólo pequeños ejemplos. La verdad es que cada año, y cada vez con mayor impacto, al desastre de las sequías de la primavera le sigue el desastre de las inundaciones y las granizadas del verano y luego el desastre de las heladas en el invierno, para luego reiniciar el ciclo de sufrimiento humano por las calamidades supuestamente naturales.

Y no sólo eso, de manera cotidiana disminuye suelo y territorio en forma de sedimentos disueltos en los ríos color chocolate y en las playas arenosas que retroceden ante el avance del mar en los extensos sistemas de las dunas deforestadas. La causa es la deforestación extensa de todos los ecosistemas terrestres, que hace que la tierra se pierda cuando se pierde su cubierta vegetal.

LA SOLUCIÓN COMIENZA CON EL CONOCIMIENTO

Como ya dijimos, la muy cambiante disponibilidad de agua y el paisaje extraordinariamente variado explican la gran biodiversidad natural de Veracruz. Con ello se abre un abanico de formas humanas de explorar el mundo, pues hay una relación directa entre la diversidad de vida y la diversidad cultural.

Estos no son asuntos menores ni frivolidades científicas. Saber las formas de interacción entre el agua y la vegetación no sólo contribuye a conocer las causas y las consecuencias de la biodiversidad, sino también a reconocer mejor el lugar de la humanidad tanto en el medio natural, como en el medio transformado. Si el medio natural es excesivamente afectado por las actividades humanas, tal como ha estado ocurriendo

de manera muy aguda en nuestros días, la pérdida de los recursos no se limita a un tiempo y un lugar determinados, sino que se extiende a todos los aspectos de la vida humana de manera progresiva.

De ningún modo es descabellado afirmar, que con frecuencia la vegetación y su riqueza florística y los demás seres vivos que la habitan, es lo único que nos separa del desastre físico y social. La deforestación, la defaunación y la destrucción en general de la naturaleza, claramente disminuyen las oportunidades de desarrollo y aumentan la pobreza, la marginación y la susceptibilidad a los desastres naturales.

No obstante, no se trata de dejar el asunto en lamentaciones o en crónicas de desastres anunciados. Es la oportunidad para que la inventiva y el esfuerzo muestren la mejor cara del espíritu humano. El decepcionante desempeño del gobierno no deja mucha oportunidad de esperar que desde los órganos oficiales se actúe conforme a las circunstancias lo demanden, pues la situación actual no es ajena a su corrupción e incapacidad o falta de voluntad para actuar. Sin embargo, el Estado tiene gran potencial tanto en las instituciones de educación e investigación como en los actores (es decir, los usuarios de los recursos) para lograr percatarse y revertir los mayores impactos de la sociedad humana sobre la naturaleza. Así, con mayor conocimiento y un buen uso de los recursos, que se basen en prácticas productivas y hábitos de vida que garanticen el manejo sustentable y la protección de la vida silvestre, la vida de todos tendrá una buena oportunidad y la naturaleza se mostrará tan generosa como siempre ha sido.

REFERENCIAS

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. 2010. *EU 2010 Biodiversity Baseline*. European Environment Agency, Copenhagen.
- GARCÍA, F. y A. Almazán. 1990. *Geografía de México*. Editorial Kapelusz Mexicana, México.
- KREBS, C. J. 1978. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper & Row Publishers, Nueva York.
- MITTERMEIER, R. A. y C. Goettsch de Mittermeier. 1992. "La importancia de la diversidad biológica de México", J. Sarukhán y R. Dirzo (comps.), *México ante los retos de la biodiversidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, pp. 63-73.
- TORRES HERNÁNDEZ, L. 1999. "Generalidades sobre los humedales", S. M. Vázquez-Torres (ed.), *Biodiversidad y problemática en el humedal de Alvarado, Veracruz, México*. UV, Xalapa, México, pp. 9-18.

EL IMPACTO DE LAS PLANTAS INVASORAS ACUÁTICAS

Isabel López Zamora

INTRODUCCIÓN

La introducción de las especies invasoras exóticas representa una de las mayores amenazas que enfrentan nuestros ecosistemas y las especies nativas. Su presencia puede causar serios daños tanto a los ecosistemas terrestres como a los acuáticos, y provocar desequilibrios ecológicos entre las poblaciones silvestres, generar cambios en la composición de las especies y en la cadena trófica, desplazamiento de las especies nativas, reducción de la diversidad genética, transmisión de diversas enfermedades como plagas agrícolas y forestales y, principalmente, ocasionar la pérdida de la diversidad biológica.

La presencia dominante de las plantas invasoras puede explicarse en términos del proceso de invasión biológica. Éste consiste en la introducción (fase uno), la colonización y la propagación (fase dos) y subsiguiente establecimiento (fase tres, también reconocida como “naturalización”) de especies tanto de plantas como de animales, en ecosistemas naturales o seminaturales de los cuales no son nativas, y que se manifiestan como consecuencia de las actividades humanas. El proceso de bioinvasión está ampliamente reconocido como un fenómeno distribuido de modo global, y que afecta en la práctica a todos los sectores de la sociedad.

De manera particular, el reconocimiento de la invasión de las especies acuáticas consideradas como malezas acuáticas tiene lugar al detectar su excesivo crecimiento, que en corto tiempo produce cambios y afecta drásticamente el equilibrio hasta entonces existente del sistema que se

encuentran invadiendo, lo que genera también serias consecuencias ambientales y altera algunas actividades humanas (Pieterse, 1990). En ocasiones, la proliferación de estas especies responde a la contaminación por vertidos de algún nutrimento que llega a concentraciones altas y que puede ser tóxico para las especies nativas. En algunos casos, la invasión de las plantas acuáticas genera cambios en el pH del agua, tal es el caso de la invasión de *Pistia stratiotes* L. conocida comúnmente como la “lechuga acuática”, cuya proliferación resulta exitosa aun en aguas ácidas. Algunas de las especies invasoras acuáticas son muy importantes a escala global (cuadro 1).

CUADRO 1. Especies invasoras acuáticas más problemáticas a nivel mundial (Sidorkewicj *et al.*, 2004)

<i>Sumergidas</i>	<i>Emergentes</i>	<i>Flotantes</i>
<i>Potamogeton pectinatus</i>	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	<i>Eichhornia crassipes</i>
<i>Hydrilla verticillata</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Pistia stratiotes</i>
<i>Elodea</i> spp.	<i>Typha</i> spp.	<i>Salvinia molesta</i>
<i>Myriophyllum spicatum</i>	<i>Scirpus</i> spp.	<i>Azolla</i> spp.
<i>Myriophyllum aquaticum</i>	<i>Panicum</i> spp	<i>Lemma</i> spp.
<i>Ceratophyllum demersum</i>		
<i>Vallisneria americana</i>		
<i>Najas</i> spp.		
<i>Zannichellia palustres</i>		
Algas filamentosas (<i>Cladophora</i> spp., <i>Enteromorpha</i> spp., <i>Vaucheria</i> spp.)		

La presencia de este grupo de plantas invasoras acuáticas obedece a dos tipos de introducción. La primera se trata de una *introducción intencional o deliberada*, que resulta ser el caso de la mayoría de estas malezas. Esta se da cuando no se dispone de una información adecuada de la especie que se está introduciendo ni del ecosistema receptor, como ocurre en casos con fines ornamentales, estéticos, recreativos, para uso alimenticio y para restauración del hábitat.

El otro tipo de introducción es *accidental*; se da principalmente por el aumento de las actividades comerciales, aunado al énfasis dado al libre comercio, por la influencia del turismo, el transporte y otros desplazamientos humanos, y también por los cambios que ocurren dentro de un

ecosistema. Todo ello ofrece más oportunidades para que las especies foráneas logren dispersarse muy rápido y alcancen su establecimiento exitoso en diversos ambientes.

ASPECTOS DE LA ECOLOGÍA DE LAS MALEZAS ACUÁTICAS

Estas plantas exhiben numerosas adaptaciones tanto fisiológicas como morfológicas, que les permiten crecer en un amplio rango de condiciones en los sistemas acuáticos. La presencia de hojas modificadas, algunas muy delgadas, otras con vellosidades y con la ubicación de cloroplastos en las capas celulares más superficiales, representan algunas de las adaptaciones más comunes que poseen las malezas acuáticas. Estas adaptaciones les confieren una ventaja competitiva en relación con otras plantas, ya que les permiten compensar los cambios que existen en el nivel de disponibilidad de luz, que representa uno de los principales factores que influye más significativamente sobre los sistemas acuáticos.

Algunas especies invasoras acuáticas son capaces de realizar una absorción foliar directa para capturar de forma eficiente los nutrientes de la columna de agua, que son necesarios para mantener su rápido crecimiento. Otras malezas acuáticas desarrollan un sistema radical funcional con raíces que logran adherirse a diversos sustratos como los sedimentos, el fango o un suelo húmedo, a través de los cuales adquieren sus requerimientos nutricionales. Sin embargo, en algunas especies también se reporta la habilidad de desarrollar ambos mecanismos de explotación de recursos, tanto por la vía foliar como por la raíz.

La mayoría de estas plantas invasoras están caracterizadas por un rápido crecimiento y por su gran potencial reproductivo (Wade, 1990). Se pueden reproducir sexualmente vía semillas y asexualmente por fragmentación, y a través de la formación de algunas estructuras especializadas tales como los "turiones", que son los brotes de la hoja que llegan a producirse de manera masiva, alcanzando cifras de hasta de 300/m². También por medio de la producción de rizomas y tubérculos que se producen en gran número (hasta 600/m²). Este potencial reproductivo representa importantes estrategias de sobrevivencia, y asegura la colonización en un ambiente acuático dado. Dicha colonización se logra a través del establecimiento exitoso de individuos, que se propagan con gran velocidad y originan nuevas colonias de plantas capaces de explotar y colonizar rápidamente el mismo cuerpo de agua, y en cualquier vía acuática disponible y sujeta a la invasión.

La producción de semillas es muy abundante, tanto que en algunas especies es posible cuantificarla en cientos de miles, las cuales resultan viables y logran germinar con facilidad cuando hay condiciones de humedad en el suelo y en cualquier sustrato en que se encuentren depositadas. Además, la mayoría de estas semillas exhiben una gran longevidad.

En general, se trata de un grupo de plantas potencialmente competitivas y muy agresivas con la vegetación nativa. Esta competitividad se explica en términos de su habilidad para explorar nuevos sitios y explotar con eficiencia los recursos que estén disponibles en el sitio que se encuentran invadiendo. Esto sin lugar a duda, representa una fuerte amenaza para los ecosistemas y las especies nativas, muchas de las cuales no logran sobrevivir a su dominante presencia, y quedan excluidas gradualmente por la intensa competencia que las malezas ofrecen.

LAS MALEZAS ACUÁTICAS MÁS TEMIDAS DEL MUNDO

Los ecosistemas acuáticos naturales y los creados por el hombre, proporcionan un ambiente ideal para la proliferación de las plantas acuáticas invasoras con diversos hábitos de crecimiento. En algunos sitios es posible reconocer su crecimiento excesivo, que alcanza elevadas densidades de plantas por unidad de superficie del cuerpo de agua que invaden. El rápido crecimiento y la extensa cobertura generan graves problemas, que afectan la adecuada utilización del recurso agua para diversos fines: urbano, agrícola, industrial y recreativo.

A pesar del gran número de plantas de vegetación acuática, sólo a unas pocas especies se les consideran la causa de la mayoría de los problemas de las malezas acuáticas que prevalecen en la actualidad. Sin embargo, este conocimiento del problema debería ser motivo de preocupación y merecer una mayor atención, ya que estas pocas especies son las que logran rápidamente extenderse y cubrir áreas enormes en diversos cuerpos de agua alrededor del mundo.

El calificativo de “malezas acuáticas más temidas del mundo”, tiene una amplia distribución y se aplica a todas aquellas plantas invasoras acuáticas que exhiben un excesivo crecimiento. Tienen una propagación exitosa vía sexual, asexual o ambas y son competidoras muy agresivas. Cubren extensas áreas en diferentes cuerpos de agua, en redes y canales de irrigación y desagüe, e interfieren con la utilización y el manejo adecuado de un recurso acuático dado. De este grupo de malezas acuáticas

quedan incluidas las especies flotantes, las sumergidas parcial y completamente y las emergentes.

DIVISIONES BÁSICAS DE LAS MALEZAS ACUÁTICAS

Plantas flotantes

En esta división se identifican plantas que flotan con libertad sobre la superficie del cuerpo de agua; son capaces de reproducirse vía sexual y asexual, y se reconocen ampliamente por las masivas infestaciones que ocasionan y llegan a cubrir varias hectáreas. Algunas se encuentran enraizadas al fondo y las hojas flotan de manera horizontal sobre el agua. Sus tallos son delgados, apenas presentan obstáculos al flujo del agua, con hojas en general grandes que impiden el paso de la mayor parte de la luz, lo que evita el crecimiento de otras plantas acuáticas. Entre las especies más reconocidas por su alto grado de nocividad figuran *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, comúnmente conocida como “el lirio o jacinto acuático”, y la especie *Salvinia molesta* Mitchell., como “helecho acuático” (Petroeschovsky, 2003).

Plantas sumergidas

Son plantas que crecen bajo el agua, aunque algunas veces se les encuentra de modo parcial sumergidas y con flores que emergen de ésta. Sus raíces logran alcanzar los sedimentos del fondo; se reproducen vegetativamente por brotes axilares (turiones) y por tubérculos que están adheridos a las raíces; sin embargo, es posible que las plantas que tienen algunas hojas flotantes puedan reproducirse por medio de semilla. Este grupo de malezas acuáticas de hecho está presente en todos los cuerpos de agua, tal es el caso de la especie *Hydrilla verticillata* (L. f.) Royle, conocida como “hidrila o tomillo acuático”. Esta maleza está catalogada globalmente como la maleza acuática perfecta, debido a los eficientes mecanismos de propagación y a la resistencia que ésta posee. Otro ejemplo, es la especie *Myriophyllum spicatum* (Vell.) Verdc., conocida por lo común como “milenrama acuático”, por la apariencia de sus hojas que semejan plumas. Esta maleza, en particular, se reproduce por fragmentación de la misma planta, lo que con facilidad origina nuevas colonias de ésta en el mismo cuerpo de agua que invaden, o en cualquier vía acuática donde los fragmentos llegan a ser introducidos (Eiswerth *et al.* 2000).

Plantas emergentes

Estas plantas tienen sus raíces en el suelo del fondo o en cualquier sustrato húmedo y partes aéreas que emergen del agua. Estas malezas pueden crecer en áreas superficiales de lagos, ríos, arroyos y en canales de irrigación y drenaje. Algunos autores no consideran a este grupo de plantas como verdaderas malezas acuáticas, y las denominan como semiacuáticas, ya que son capaces de prosperar y colonizar suelos o sustratos húmedos con un alto grado de saturación, e incluso pueden sobrevivir sumergidas. Entre las más conocidas por su masiva colonización figuran los géneros *Scirpus* ("juncos") de la familia Cyperaceae, *Typha* ("colas de gato") de la familia Typhaceae y el género *Sagittaria* ("flechas de agua") de la familia Alismataceae.

PROBLEMAS CON SU PRESENCIA

Existe una creciente evidencia que indica que las plantas exóticas invasoras están produciendo un gran impacto negativo en la diversidad biológica, tanto a escala local como global. Las alteraciones que provocan con su abundante presencia y dominante competencia afectan el funcionamiento y la salud de los sistemas que invaden. Sus impactos son inmensos y en general irreversibles. A escala global, se reporta que la presencia de las especies exóticas invasoras es posible que sea más perjudicial para las especies y los ecosistemas nativos que la misma pérdida y el deterioro del hábitat.

De manera particular, la presencia de las malezas acuáticas está generando la pérdida de las especies y la diversidad biológica en los ecosistemas de aguas continentales y marinas en todo el mundo. Esta pérdida es por los grandes cambios y la degradación en los diversos sistemas acuáticos, tanto naturales como creados por el hombre, logrando en muchos casos el completo reemplazo de sus especies nativas. Los impactos socioeconómicos que también generan con su presencia ocasionan serios problemas, principalmente relacionados con el manejo y la utilización del agua en numerosos sistemas acuáticos de alrededor del mundo.

CASOS DE INVASIÓN DE MALEZAS ACUÁTICAS

Invasión por vegetación flotante

La *Eichhornia crassipes*, conocida comúnmente como "lirio o jacinto acuático", es una planta flotante perenne que pertenece a la familia Pontede-

riaceae (figura 1). Se considera una maleza acuática muy nociva y está catalogada entre las 100 especies más invasoras del mundo (Gopal y Sharma, 1981; Pieterse, 1990; Pieterse, 1998). Es originaria de América del Sur, y está distribuida en casi todo el mundo debido a que fue introducida por su aspecto ornamental y comercializada como accesorio para acuarios, estanques y jardines.



FIGURA 1. Invasión de “lirio acuático” (*Eichhornia crassipes*), una maleza acuática flotante catalogada entre las 100 especies más invasoras del mundo (material fotográfico: José Luis Llaguno Roque e Iván Flores Santiago, Instituto de Investigaciones Biológicas-UV).

Debido a sus elevadas poblaciones, forma densas alfombras flotantes y puede cubrir como una manta toda la superficie de los ríos y los lagos, lo cual impide el intercambio gaseoso y, por lo tanto, la entrada del oxígeno al agua del fondo, lo que puede provocar la asfixia de la fauna acuática.

Las infestaciones pueden cubrir varios acres, y las alfombras flotantes duplican su tamaño en tan sólo de 6 a 18 días. Como consecuencia de su rápida proliferación sexual y asexual, ocasionan serios problemas en las vías acuáticas al obstruir en corto tiempo las vías fluviales o lacustres; también interfieren en los canales de riego agrícolas, lo que afecta los ecosistemas ribereños. Su abundante presencia degrada la calidad del agua al bloquear la interfase aire-agua y reducir considerablemente los niveles del oxígeno disuelto en ella, lo que erradica la fauna acuática sumergida. También reduce la diversidad biológica por el bloqueo de la luz solar y esto elimina muchas plantas nativas sumergidas, lo que altera las comunidades vegetales emergentes al alejarlas y desplazarlas del sitio.

En los últimos tres años, el establecimiento exitoso de las masivas colonias de lirio ha sido observado, sin ser objeto de monitoreo, en la porción sur del estado de Veracruz, con preferencia de invasión a lo largo de los humedales de Alvarado. Al parecer, su denso crecimiento ha sido favorecido por las intensas actividades agrícolas e impactos antropogénicos en los sitios vecinos al humedal. Su invasión gradualmente ha ido acrecentándose, y causado serios problemas de obstrucción en algunas rutas de navegación de mayor demanda en el área. Es muy posible, que las excesivas densidades de estas invasoras flotantes, proporcionen los hábitats favorables que sirvan como vectores de enfermedades crónicas en ambientes tropicales, y de modo paulatino degraden la calidad del agua.

Otro caso es la invasión de la maleza acuática *Salvinia molesta*, conocida como “helecho acuático”; pertenece al grupo de los helechos flotantes de la familia Salviniaceae (figura 2). Su origen se ubica en el sureste de Brasil, y ha sido propagada intencionalmente alrededor del mundo como una planta ornamental o planta para los acuarios. Sin embargo, su introducción también puede ser accidental, ya que se adhiere en botes y en otros equipos acuáticos.

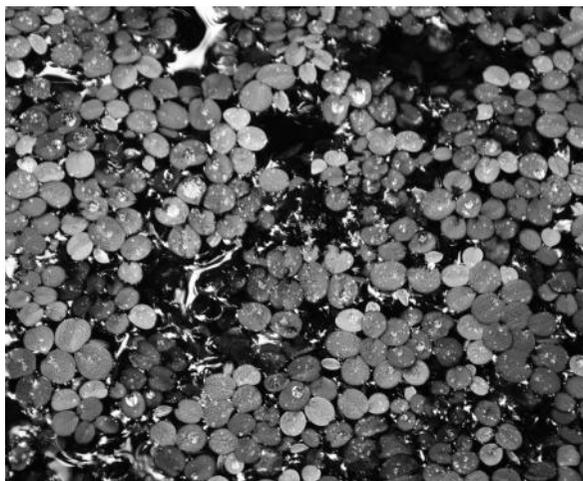


FIGURA 2. Invasión “del helecho acuático flotante” (*Salvinia sp.*) (material fotográfico: José Luis Llaguno Roque e Iván Flores Santiago, Instituto de Investigaciones Biológicas-UV).

Salvinia puede incrementar su densidad por crecimiento (los tallos crecen hasta 300 mm de largo) o vegetativamente, un par de frondas flotantes puede iniciar una nueva y completa infestación. Prospera en

agua estancada o de lento movimiento y crecen muy rápido, cubriendo toda la superficie de ésta con una densa manta de vegetación. Se propaga muy rápido y sus infestaciones duplican su tamaño cada dos o tres días. Una infestación puede alcanzar hasta 400 toneladas en peso húmedo por hectárea. Las áreas no infestadas llegan a cubrirse rápidamente con *Salvinia* incluso con pequeñas cantidades introducidas en una vía acuática (Petroeshevsky, 2003).

Su presencia produce un efecto de sombra muy densa sobre cualquier vegetación sumergida e impide el intercambio de oxígeno, convirtiendo el agua en un sitio inadecuado para la población de peces y otras especies. Las densas matas de vegetación que se forman sobre el agua bloquean la irrigación, causan inundaciones, contaminan el agua e impiden actividades de recreación acuática. Sus infestaciones también generan impactos negativos sobre el sector salud, debido a que sus densas matas proporcionan un ambiente ideal para la proliferación de mosquitos portadores de enfermedades (Petroeshevsky, 2003).

Invasión por vegetación sumergida

La *Hydrilla verticillata* conocida comúnmente como “hidrila o tomillo acuático”, pertenece a la familia Hydrocharitaceae y es considerada como la maleza acuática perfecta. Es una planta invasora perenne sumergible, pero también tiene la capacidad de crecer sobre la superficie (figura 3).



FIGURA 3. *Hydrilla verticillata*, comúnmente conocida como “hidrila”, es considerada como la maleza acuática perfecta por su potencial de proliferación (material fotográfico: José Luis Llaguno Roque e Iván Flores Santiago, Instituto de Investigaciones Biológicas-UV).

Fue introducida por la gran demanda que tiene su utilización como planta para los acuarios. Está representada en todos los tipos de los cuerpos de agua, lo cual se explica con facilidad en términos de su potencial de proliferación, ya que logra generar nuevas colonias a través de la producción de estructuras especializadas llamadas turiones, las que semejan brotes de la hoja y se producen en cantidades elevadas (hasta $300/m^2$), y de tubérculos que también son producidos masivamente ($600/m^2$); ambas estructuras pueden ser viables por más de cuatro años. La abundante presencia de *Hydrilla* altera poblaciones de peces, produce cambios en el zooplancton y afecta las propiedades físico-químicas del agua (Langeland, 1996).

La invasión por vegetación emergente

Como ejemplo se considera la invasión por *Spartina alterniflora* Loisel., conocida comúnmente como "Spartina", que es una planta perenne que pertenece a la familia Poaceae (figura 4).



FIGURA 4. Invasión de la maleza acuática *Spartina alterniflora* (material fotográfico: José Luis Llaguno Roque e Iván Flores Santiago, Instituto de Investigaciones Biológicas-UV).

Su introducción en muchas partes del mundo fue a través de su plantación para restaurar esteros debido a su habilidad para atrapar sedimentos (hasta $1\ 300\ g/m^2$ anualmente), y a su utilización como posible agente para el control de la erosión. Se ha llegado a estimar que las tasas de adherencia de sedimentos ante la presencia de estas plantas invasoras tienden a

elevarse muy rápido, alcanzando hasta los 200 mm/año como resultado de las grandes y densas poblaciones que forma *Spartina*. Las densas matas de vegetación que forman las plantas de *Spartina*, influyen de modo significativo en la acción del oleaje, disipándolo y dando como resultado una mayor deposición y acumulación de sedimentos, lo que altera los perfiles de la playa que se hacen más pronunciados y acantilados. Un impacto secundario del acrecentamiento de los sedimentos genera cambios en los patrones de circulación del agua reduciendo el flujo de las mareas, lo que conduce a incrementar las inundaciones; en especial, durante los periodos de abundante precipitación (Callaway y Josselyn, 1992).

CONTROL Y MANEJO DE LAS PLANTAS INVASORAS ACUÁTICAS

Es importante contar con información actualizada y precisa y que ésta pueda ser distribuida eficaz y oportunamente. Esto permitiría lograr un mejor entendimiento de las causas de la introducción, el origen y el impacto que las malezas acuáticas puedan ocasionar con su invasión.

Algunas herramientas para su combate

1. Prevenir sus invasiones, esta es la opción más económica y deseable, por lo que debe otorgársele mayor prioridad.
2. Promover investigaciones y compartir experiencias sobre el tema.
3. Propiciar y mantener colaboración constante con los organismos, las agencias y las instituciones interesadas y relacionadas con el manejo y el control de las invasiones biológicas.
4. Desarrollar programas de cooperación a todo nivel (local, nacional y global).
5. Adquirir conciencia e incrementar la sensibilización sobre este fenómeno ambiental en todos los sectores de la sociedad.
6. Mejorar la educación ambiental a todo nivel.
7. Reconocer que la sociedad humana funciona como el medio facilitador del problema de las invasiones biológicas, pero que también representa el medio a través del cual podemos realizar algunas acciones y alcanzar soluciones.
8. Reconocer la problemática de las invasiones biológicas y los impactos ecológicos y socioeconómicos que generan las especies invasoras.
9. Tratar las invasiones biológicas con eficacia, considerándolas temas ambientales de alta prioridad.

REFERENCIAS

- CALLAWAY, J. C. y M. N. Josselyn. 1992. "The introduction and spread of smooth cordgrass (*Spartina alterniflora*) in South San Francisco Bay", *Estuaries*. 15: 218-226.
- EISWERTH, M. E., S. G. Donaldson y W. S. Johnson. 2000. "Potential environmental impacts and economic damages of Eurasian watermilfoil (*Myriophyllum spicatum*) in western Nevada and Northeastern California", *Weed Technology*. 3: 511-518.
- GOPAL, B. y K. P. Sharma. 1981. *Water hyacinth (Eichhornia crassipes): the most troublesome weed of the world*. Hindosia Publishers, Delhi, India, 128 p.
- LANGELAND, K. A. 1996. "*Hydrilla verticillata* (L. F.) Royle (Hydrocharitaceae), The Perfect Aquatic Weed", *Castanea*. 61: 293-304.
- PETROESCHEVSKY, A. H. 2003. "Salvinia (*Salvinia molesta*) weed management guide", Weeds of National Significance. Department of the Environment and Heritage and CRC for Australian Weed Management.
- PIETERSE, A. H. 1990. "Biological control of aquatic weeds: (a) Introduction to biological control of aquatic weeds", A. H. Pieterse y K. J. Murphy (eds.), *Aquatic Weeds: The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation*. Science Publications, Oxford University Press, pp. 174-177.
- . 1998. The dramatic advance of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in Africa in recent decades and options for its management: is further spread inevitable? Proceedings of the 10th EWRS International Symposium on Aquatic Weeds, Lisboa, Portugal, pp. 279-282.
- SIDORKEWICJ, S., M. R. Sabbatini, O. A. Fernández y J. H. Irigoyen. 2004. "Aquatic Weeds", Inderjit (ed.), *Weed Biology and Management*. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 115-135.
- WADE, P. M. 1990. "General biology and ecology of aquatic weeds", A. H. Pieterse y K. J. Murphy (eds.), *Aquatic Weeds. The Ecology and Management of Nuisance Aquatic Vegetation*. Science Publications, Oxford, pp. 17-30.

BREVE CONSIDERACIÓN DEL CASO DEL AGUA COMO UN PROBLEMA ÉTICO Y NO TÉCNICO

Rubén López Domínguez

INTRODUCCIÓN

Si bien el siglo XX puede considerarse como el siglo de las guerras internacionales promovidas, en las últimas décadas, por el afán de dominio sobre un recurso natural como el petróleo, el siglo XXI podría ser el siglo de las guerras por otro recurso natural: el agua. Para todos es sabida la importancia del agua como elemento vital, pues sin éste la vida sencillamente no sería posible. Esto es así no sólo en términos de la vida humana, sino en relación con toda forma de vida sobre este planeta. No es casual, que las actuales exploraciones espaciales tengan como prioridad encontrar agua en otros mundos como requisito para la vida y como base para posibles asentamientos humanos extraplanetarios.

Este afán de expansión de la especie humana ha llevado a descuidar los recursos que todavía están presentes en nuestro hogar primigenio. La expansión demográfica del ser humano ha llevado a un abuso de tales recursos. Por un lado, los ha usado indiscriminadamente y, por el otro, los ha contaminado de tal forma que su utilidad desaparece no sólo para nuestra especie sino para todas las demás, afectando el equilibrio natural de las otras especies con quienes compartimos nuestro entorno.

Parte de este problema ha sido la actitud que nosotros, la especie humana, hemos adoptado ante la naturaleza. Nos hemos erigido como dueños absolutos de los recursos sin tomar en consideración los mecanismos ecológicos preexistentes a la presencia del *Homo sapiens*, y hemos abusado del planeta cuando todavía ignoramos el funcionamiento cabal de dichos mecanismos. Todo ello nos ha llevado a situaciones de extremo riesgo para la viabilidad, no sólo de nosotros como especie, sino de toda forma de vida sobre la Tierra. Tal es el caso del índice de extinción masiva de especies originada por otra especie (la nuestra) casi equiparable a los cataclismos planetarios del pasado, o el caso de la degradación de la capa de ozono, también ocasionada por la actividad humana.

Esta actitud soberbia nace de la convicción generada desde finales del siglo XVI –con Francis Bacon como uno de sus principales impulsores–, del inmenso potencial que el ser humano tiene para dominar la naturaleza utilizando la ciencia. Esta postura promovió que la ciencia se haya desarrollado con base en una concepción reduccionista. Debido a ello, en ocasiones, ha ofrecido explicaciones muy simplificadas del mundo, las cuales llevan frecuentemente a limitaciones en nuestra concepción del mismo, como en el caso de aspectos importantes de las ciencias biológicas. Esta simplificación se debe en buena parte a la filosofía cartesiana. Y aunque el enfoque cartesiano ha demostrado ser muy útil (Laudan, 1977), desde un punto de vista epistemológico contiene una deficiencia que se expresa especialmente en el campo biológico; esta es que, al aplicar una metodología reduccionista, no se considera adecuadamente la enorme complejidad del mundo vivo.

La tradición cartesiano-baconiano-positivista ha dejado un esquema del mundo en el que la naturaleza es vista únicamente como un grupo de propiedades comprensibles sólo a través del frío análisis cuantitativo, y ha construido un abismo que aparta al ser humano de la naturaleza (Pepper, 1984). Esto ha alimentado no sólo que el ser humano se conciba como observador externo a la realidad, sino que en la comunidad científica se dé la llamada “dictadura del experto”, en donde el científico experto es el único autorizado a emitir juicios de valor y los únicos autorizados para refutarlo sean sus pares; con ello, el resto de la sociedad está parcial o totalmente incapacitada para tomar parte en el debate, al menos si no ubica su argumentación desde el lado de la ciencia misma.

Aunado a lo anterior, esta visión del mundo deja implícito que la ciencia tiene una capacidad infinita para resolver problemas o predecir sus consecuencias, lo cual no necesariamente siempre es cierto. Por estas razones se requiere de una actitud más modesta sobre las capaci-

dades de la ciencia. Y es aquí donde entran en juego otros criterios, tales como los éticos, e incluso los estéticos, para contribuir a mediar nuestra concepción del mundo. Es necesaria una transformación tal de nuestra forma de ver el mundo, y el mundo vivo en particular, que se deshaga del lastre que representa la hegemonía del reduccionismo cartesiano. Para ello, se vuelve necesario construir una nueva visión del mundo que, *en el aspecto epistemológico*, enfrente a la obsesión reduccionista.

Sería absurdo afirmar que la ciencia cartesiana no sirve para nada o que no ha hecho aportaciones de importancia al conocimiento del mundo. Todo lo contrario, si se ha mantenido como la visión hegemónica de la ciencia es debido, precisamente, a su elevada capacidad heurística con respecto a problemas trascendentales (Muñoz, 2004). Pero esta pujanza y vigor que muestra el reduccionismo en la ciencia de los siglos XVI al XIX, se convierte en debilidad con el ascenso de las ciencias biológicas. La simpleza del mundo cartesiano se cuestiona y se ponen de relieve sus limitaciones. Como ejemplo tenemos la mecánica cuántica en el campo de la física, en donde se pierden las certezas para dar lugar a las probabilidades y a la incertidumbre. En el caso de las ciencias biológicas tenemos la ecología planetaria. Es decir, la visión de nuestro mundo pasa, de la segmentación a ultranza a lo holístico, de lo individual a lo sistémico.

De acuerdo con Lewontin (1992) y Litchman (1990) es *el todo* el que, entendido como una multitud de relaciones en su interior y con otros sistemas similares, puede explicar la existencia de las partes y sus papeles específicos en contextos espacio-temporales. En otras palabras, en el universo, sea este físico y biológico, como cultural y social, las relaciones que se establecen entre esos sistemas son las que pueden explicar el papel específico jugado por cada una de las partes que lo componen. Desde esta perspectiva, las unidades componentes de la vida son capaces de hacer lo que hacen sólo en la medida en que establecen relaciones con otros componentes del sistema en el que están; esto es, estableciendo interacciones en el espacio-tiempo. Es así como podemos explicar los procesos de evolución en cualquiera de sus escalas. Es decir, el conjunto de interacciones de las partes con el todo, de éste con las partes, y de las partes entre sí, en un complejo espacio-tiempo, es lo que explica, por ejemplo, las características morfofisiológicas de un organismo. Esta concepción dialéctica niega la existencia de una parte o de los componentes esenciales y, por tanto, que tengan una jerarquía superior a las demás, a partir de las cuales todo lo demás se construya unilinealmente. Emerge entonces una visión desde y hacia lo complejo, que es lo que caracteriza a los sistemas ecológicos: su complejidad.

El problema del uso del agua se inscribe entonces como uno más de los abundantes problemas ecológicos con los que ahora tiene que lidiar el hombre. Pero sería un error brutal abordarlo como un elemento aislado de los otros problemas ambientales, pues aunque el agua es un recurso limitado, y desde el punto de vista técnico es posible usarla indefinidamente, el problema reside en otra parte, que es el uso irresponsable por parte de todos los actores de la sociedad humana. Como se estableció líneas atrás, lo que se requiere es un abordaje multidimensional e integral, junto con estrategias definidas de uso y reutilización racional a partir de una conciencia que vaya de lo individual a lo comunitario, pasando por una auténtica educación ambiental a todos los niveles.

EL AGUA COMO RECURSO LIMITADO

Aunque nuestro planeta es principalmente agua, no toda esa agua es útil para el consumo humano ni se encuentra con facilidad disponible. Se ha calculado el volumen total del agua sobre el planeta en alrededor de 1 365 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales, como agua dulce, sólo tenemos acceso a 0.30%, unos 4.08 millones de kilómetros cúbicos. Una gota de agua tarda 20 mil años en circular a través del ciclo hidrológico. Este ciclo es de los considerados *cerrados*, ya que las entradas y salidas del agua al ciclo no parecen ser tan importantes como para modificar sustancialmente el volumen total existente en el ciclo (UNEP, 2002).

El uso irresponsable del recurso agua, así como los altos niveles de contaminación generados por los seres humanos, ha propiciado que el consumo del vital líquido se duplique cada 20 años. Según la UNESCO (2009) y la ONU (2012), a nivel global mil millones de personas carecen de agua potable y dos mil millones no tienen acceso a un saneamiento adecuado: 17% y 33% de la población mundial, respectivamente; y para el año 2025 la cantidad de agua adicional que se necesitará será del orden de 500 kilómetros cúbicos. Según la Comisión Nacional del Agua (2006), la progresiva diversificación del uso del agua ha generado un crecimiento exponencial de su demanda cercano al 60% en los últimos 100 años, con la consecuente sobreexplotación y contaminación de sus fuentes y del medio ambiente. Al mismo tiempo, en México la cantidad de agua disponible ha descendido 60% en los últimos 50 años. Todo ello ha llevado a que la definición de este recurso cambie de *renovable a limitado y escaso*, de ahí que sea preciso *fomentar una cultura del agua* capaz de otorgarle un nuevo valor y crear una conciencia clara de que su extinción significaría la nuestra.

ESTADO ACTUAL DEL RECURSO: EL AGUA EN NÚMEROS

Se considera que en 2025 la población mundial estará entre los 7900 y 9100 millones y la escasez de agua amenazará a un rango de 33% a 38% de los seres humanos, es decir, una tercera parte de la población mundial. Por consenso, se establecieron para las dos condiciones de relación agua-población los siguientes índices o valores críticos: para la escasez de agua, 1000 metros cúbicos por persona al año; para la condición de estrés sobre el recurso, entre mil y 1 700 metros cúbicos. Para los países con disponibilidad de agua, por debajo de los mil metros cúbicos la situación es angustiante: no tienen suficiente para el consumo y la producción de alimentos. En 1955, siete países enfrentaban esta situación; en 1995 se sumaron 13 más y se espera que para 2025 haya otros 14. México se sitúa como país en un lugar intermedio; no obstante, dentro de las regiones que conforman el territorio nacional, existen zonas que sufren una fuerte presión por la escasez de agua. Además, la curva de distribución del uso del agua es muy parecida a la tendencia mundial (Raynal, 2004; Carabias y Landa, 2005; Ortega, 2011).

RECURSOS HIDROLÓGICOS EN MÉXICO

En el sureste del país se localiza 68% del recurso hídrico, siete veces más que en el resto del territorio. Ahí, se asienta tan sólo 23% de los mexicanos y se genera 14% del producto interno bruto (PIB). Aun así, esta región tiene el mayor rezago en el servicio de agua potable (datos de la Conagua, www.cna.gob.mx, 2012). En el resto del país la situación es de escasez. Se trata de regiones áridas y semiáridas donde se desarrolla la mayor actividad económica e industrial. Esto hace que se den situaciones extremas por regiones, pues mientras un habitante de Baja California dispone de menos de 1000 metros cúbicos al año, uno de Chipas cuenta con cerca de 15 mil.

De acuerdo con los datos oficiales, la agricultura utiliza 76% del suministro total del agua, para el uso urbano es de 14%, y para el industrial es de 10%. Las aguas superficiales representan 399 kilómetros cúbicos al año, pero alrededor del 87% se vierten en los 39 principales cauces, en cuencas que ocupan 58% de la extensión territorial del país. Sesenta y cinco por ciento del escurrimiento superficial se concentra en siete ríos: Grijalva-Usumacinta, Papaloapan, Coatzacoalcos, Balsas, Pánuco, Santiago y Tonalá.

En total hay 653 acuíferos, de los cuales 102 están sobreexplotados. Además, existen 17 acuíferos que presentan problemas de intrusión

salina, sobre todos los ubicados en Baja California, Baja California Sur, Colima, Sonora y Veracruz. Sumado a ello, están la deforestación del país que va de las 300 mil a las 769 mil hectáreas, la degradación del suelo (70% tiene daños de moderados a intensos) y la severa contaminación de las cuencas. Ochenta por ciento de las lluvias cae de forma torrencial entre mayo y noviembre, el resto del año es casi sequía. De las lluvias, más de 2 000 milímetros caen en el sur del país, mientras que en el norte la precipitación anual apenas llega a los 500 milímetros, según datos de la Comisión Nacional del Agua (2006; www.conagua.gob.mx, 2012) y del Centro Virtual de Información del Agua (www.org.mx, 2012).

USO DEL AGUA EN MÉXICO

Como se anotó previamente, la disponibilidad del agua en México ha disminuido 60% en los últimos 50 años, y se prevé que esta tendencia continúe. La distribución del recurso en cuanto a su uso se puede anotar como sigue (Raynal, 2004): 78% agricultura; cantidad promedio del agua necesaria en un hogar para un nivel óptimo de higiene y salud: 150 litros por persona al día; en México se utilizan 246 litros por persona al día. En la industria: 190 litros por persona al día. En la agricultura: 1 462 litros por persona al día. Cantidad de agua requerida para siembra en climas áridos: 1 000 m³ por tonelada de biomasa producida. Sólo 78% de la población tiene acceso al agua potable y 74% a un saneamiento adecuado.

La sobreexplotación de los acuíferos, el insuficiente tratamiento de las aguas residuales y el mal uso del recurso, harán que la problemática se agudice en la próxima década. El gobierno de México enfrenta el reto, para el año 2015, de reducir a la mitad el déficit de la población sin agua, que actualmente es de 11 millones de personas, de éstas, 8.8 millones viven en comunidades rurales, y alrededor de 24 millones de personas (poco más de la quinta parte de la población nacional) no tienen sistema de alcantarillado. El tratamiento de aguas residuales es de 31% del total del volumen recolectado. En 38 ciudades hay serios problemas para proveer agua (INEGI, 2000).

USO DEL AGUA EN VERACRUZ

En el estado de Veracruz, los principales y más grandes y graves problemas de este recurso son la contaminación de todas las cuencas y el desperdicio del líquido en el campo y las ciudades. Las fuentes más im-

portantes de contaminación son las tenerías, los ingenios, las descargas residuales de las grandes ciudades, la basura y los derrames de hidrocarburos por parte de Pemex. Además, del 100% del líquido que se utiliza, la mitad se destina a uso agrícola, y solamente 25% es aprovechado por los cultivos, lo demás se pierde. Del total del agua que captan las ciudades, 40% se desperdicia en fugas y por derroche. En Xalapa, 30% del agua se pierde en fugas (López, 2005).

TÉCNICAS ACTUALES PARA EL USO DEL AGUA: EJEMPLOS PRÁCTICOS

Caso de estudio 1. Apoyo tecnológico para el uso del recurso

Como ejemplo está el desarrollo de los modelos matemáticos para reproducir comportamientos de la naturaleza, es decir, modelos de simulación basados en la dinámica de sistemas que reproduzcan el comportamiento de los recursos hidrológicos a través de diversas variables hidrológicas, económicas y ambientales. Por ejemplo, el modelo Lerma, que desarrolló y validó el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) junto con el modelo Simop (simulador y buscador de respuesta óptima), que utiliza la técnica de algoritmos genéticos (un procedimiento de inteligencia artificial que se comporta satisfactoriamente en situaciones dinámicas y no lineales), que son capaces de proponer, evaluar y ordenar jerárquicamente diez mil alternativas en cinco minutos, y seleccionar la mejor opción para ayudar en la toma de decisiones. El conocimiento de los sistemas de agua y los instrumentos tecnológicos apropiados, han demostrado ser esenciales en el análisis de los escenarios y las soluciones para un conjunto complejo de problemas relacionados con el agua ante la competencia intensa por el recurso. Además, estos modelos de simulación y optimización resultaron fundamentales para construir los consensos entre las partes interesadas, y definir esquemas del manejo sustentable de la administración de las aguas transfronterizas en el caso de la Cuenca Lerma-Chapala (Aldama *et al.*, 2006).

Caso de estudio 2. El Programa para la Recuperación Ambiental de la Cuenca del Lago de Pátzcuaro

Es una iniciativa de universidades, instituciones técnicas, organizaciones civiles, comunidades rurales y la población en general. Fue un esfuerzo coordinado por los tres niveles de gobierno (federal, estatal y municipal)

con el firme propósito de contribuir a los programas de desarrollo sustentable de la región, y mejorar la calidad de vida de la población rural e indígena. En junio de 2004, se inició la primera etapa del proyecto denominado Tecnologías Apropriadas en Materia de Agua para Comunidades Rurales. Como plan piloto se instalaron algunas de las tecnologías en 1 247 sitios. Para promover la apropiación tecnológica, se establecieron áreas demostrativas en centros de capacitación, y se desarrolló un programa de difusión, promoción, capacitación, asesoría técnica, evaluación y seguimiento. Algunas de estas tecnologías son: sistemas de captación de agua de lluvia, cisternas de ferrocemento, bicihuertos, desinfección solar y tratamiento de aguas grises y negras. Este exitoso paquete tecnológico y la experiencia desarrollada en la cuenca del lago de Pátzcuaro, representan una propuesta viable para atender una buena parte de la problemática hídrica en comunidades rurales e indígenas marginadas (García *et al.*, 2006).

Caso de estudio 3. Cosecha de lluvia para comercializar

El Centro Internacional de Demostración y Capacitación para el Aprovechamiento de Agua de Lluvia (Cidecall) es una organización dedicada a llevar agua de lluvia potable a las comunidades rurales, y ha producido la primera marca comercial de agua de lluvia embotellada en México: Lluviatl. El responsable de este organismo ideó un sistema que consiste en captar agua de lluvia en los techos, almacenarla en cisternas (impermeabilizadas con láminas de cloruro de polivinilo, o sea, geomembranas de PVC) y –aquí lo innovador– dirigirla a una planta donde se purifica y se envasa (este proceso implica un tratamiento germicida, filtrado en tres etapas, aplicación de radiación ultravioleta y tratamiento con ozono). De acuerdo con Margarita Pacheco (Rueda, 2006), directora ejecutiva de la Alianza Internacional de Cosecha de Lluvia (IRHA, por sus siglas en inglés), este ejemplo de tecnología se ha presentado en varios países suscitando gran interés en la transferencia tecnológica. Esto ha llevado al Cidecall a planear vender franquicias del producto para competir con las marcas comerciales de agua embotellada puesto que, según ellos, las botellas y garrafones de “lluvia potable” cuestan 50% menos que las marcas extranjeras de renombre. Según reporta el Cidecall, el costo para la construcción de la cisterna y la planta, así como la tecnología importada de España y Alemania, implicó poco más de un millón y medio de pesos. Si se incluye a las comunidades en el establecimiento de estas tecnologías los costos se abaratan. Como ejemplo notable esta el proyecto, ya en

marcha, en la zona mazahua del municipio de San Felipe del Progreso, Estado de México. Ahí, con 300 pesos por habitante, que sumaron un total de 1 500 000 pesos, se aseguró el acceso al líquido a 5 000 habitantes, a razón de 200 litros diarios por familia. Según este organismo, el agua de lluvia bastaría para abastecer de por vida a las más de 150 000 comunidades rurales con menos de 100 habitantes que, por pequeñas y lejanas, no han sido dotadas con la infraestructura de agua potable.

POLÍTICA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL EN EL USO DEL AGUA

Los ejemplos anteriores permiten dejar en claro que para enfrentar un problema ambiental como el del agua –y lo mismo aplica para cualquier otro problema del ambiente–, se requiere de la participación decidida de los diferentes actores; el aspecto técnico para el uso eficiente y racional del agua, no es obstáculo para la resolución de éste y otros problemas. Como bien han definido los expertos en esta materia, este es un problema multidimensional en donde se requieren estrategias concretas en diferentes ejes. Por un lado, es urgente que las instancias políticas asuman su responsabilidad con conocimiento de causa, pues no sólo es un asunto de cifras como las expuestas líneas atrás, se trata de un asunto moral tanto hacia ese sector como hacia el sector científico mismo. Por otro lado, se requiere de una mayor participación horizontal de parte del sector experto; esto es, salir del ámbito estrictamente académico para involucrarse con más efectividad como ciudadanos miembros de las comunidades correspondientes.

La mayor parte de la responsabilidad por el deterioro de los acuíferos corresponde a los tres niveles de gobierno, por la suma de indolencia y corrupción; pero por otro lado, el sector de los expertos debe comprometerse a hacer más que sólo aportar información, valiosa en sumo grado, pero insuficiente para generar una auténtica toma de conciencia. En el caso del sector político, éste debe establecer políticas concretas e inmediatas para la recuperación del agua. Como ya se anotó, éstas medidas no necesariamente tienen que ser caras, pero sí efectivas, y para ello se requiere que dichas políticas se instrumenten con adecuados programas de educación ambiental a todos los niveles.

Esto ya no es un asunto sólo de escuelas o de centros de investigación; de lo que se trata es de concertar esfuerzos con toda la sociedad. Como apunta el documento Agua (2005), si en México no se pone un alto a la privatización del recurso y no se logra establecer una política del agua,

tarde o temprano las confrontaciones –entre comunidades, entre éstas y la autoridad, entre los habitantes y las empresas de potabilización y distribución– serán cosa cotidiana, con los funestos resultados lógicos. La participación de la investigación, la docencia y la difusión son aspectos esenciales para contribuir al establecimiento de diagnósticos locales, regionales y nacionales, pero todo ello será inútil sin una articulación en una agenda integral de políticas públicas con la participación de la ciudadanía [véase también *Water Wars: the coming battle over Earth's most precious resource* (Las guerras del agua: la batalla que viene sobre el máspreciado recurso sobre la Tierra), 2011].

La preocupación por la realidad de los conflictos que ya están sucediendo en torno al uso del agua, aunada a factores de presión tales como el crecimiento demográfico, la urbanización, los cambios en el uso de la tierra y el calentamiento mundial, junto con las actuales circunstancias geopolíticas, ha llevado a que la ONU establezca recomendaciones para el uso de las aguas transfronterizas, apelando a tratar el agua como un recurso polifacético que ofrece oportunidades para generar nuevos beneficios compartidos, resolver los problemas de los interesados y atender sus respectivas necesidades (ONU, 2010). Este organismo afirma que si la gestión de los recursos hídricos compartidos se basa en unos criterios apropiados, a saber, en la cooperación, la tolerancia y el respeto mutuo, se puede allanar el camino hacia el desarrollo sostenible y pacífico en todos los ámbitos: social, económico, político, cultural y ecológico.

No obstante lo anterior y a pesar de los diversos foros que se han estado realizando desde hace ya una década, no se percibe un real avance en los acuerdos que se han firmado, prueba de ello es que en el VI Foro Mundial del Agua (UNESCO, 2012) titulado Gestión de los Recursos Hídricos en Condiciones de Incertidumbre y Riesgo, se afirma que la urbanización excesiva y el cambio climático constituyen nuevos desafíos para la gestión del agua, especialmente para América Latina y el Caribe. Los autores de este documento reconocen que poco ha cambiado desde la edición de los acuerdos de 2009 y que más bien lo que ha cambiado es la velocidad a la que están interconectadas las crisis; es decir, ha aumentado esta velocidad como consecuencia de la globalización. Al mismo tiempo que presentan este panorama tan desalentador, hacen un llamado a los ciudadanos para responsabilizarse y ser más conscientes del impacto de su consumo en la calidad y la cantidad de los recursos hídricos, o aumentar la presión ante hechos como que 80% de las aguas residuales no se recojan ni traten. En vista de lo anterior y revisando los seis informes que la ONU ha generado, lo que queda claro

es que el diagnóstico de la problemática del agua es preciso y contundente, incluso las prospecciones ya existen. Se cuenta con las diferentes estructuras e instancias pertinentes; además, el interés participativo y propositivo de diferentes comunidades (académicas y organismos no lucrativos, así como comunidades urbanas y rurales) está presente. También se hace cada vez más claro que se trata de un problema de valores, pues se nota como denominador común el apelar a palabras como respeto, cooperación, tolerancia. *El reto entonces no es técnico, sino de conciencia y responsabilidad compartida.*

EL RETO PARA EL USO SUSTENTABLE DEL AGUA

El IV Foro Mundial del Agua (2006) diseñó un contenido basado en cinco temas que se ajustan a algunos de los retos más importantes del agua, además de cinco perspectivas transversales entre sectores, las cuales representan algunos factores que afectan el desarrollo de las acciones locales en todo el mundo. Todo ello con el fin de que se promuevan acciones y políticas sustentables para el manejo del agua en el ámbito mundial. Sus objetivos son generar conciencia sobre los problemas relacionados con este recurso, promover una mejor gestión de los recursos hídricos y desencadenar acciones tanto en el nivel político más alto como en toda la sociedad en su conjunto.

Como ejemplo de estos esfuerzos, la ONU, junto con 15 organizaciones civiles de todo el mundo que conforman la Asociación por el Agua de Lluvia (Rainwater Partnership), promueve acciones para la cosecha de lluvia en diferentes países. Además de lo anterior, se han planteado algunas sugerencias para enfrentar este reto, tales como:

1. Desarrollar proyectos a pequeña escala, en donde escuelas, fábricas, universidades y empresas del sector privado podrían invertir en sus propios sistemas de agua de lluvia.
2. Evitar fugas y desperdicios.
3. Dar adecuado mantenimiento a las redes de distribución.
4. Fomentar una cultura de respeto al medio ambiente.
5. Llevar a cabo alianzas estratégicas con instancias académicas y del sector social, tanto mexicanas como internacionales.
6. Desarrollar planes de manejo sustentable.
7. Contribuir a la disminución demográfica a través de programas gubernamentales que limiten significativamente el crecimiento poblacional, lo cual lleva a otro complejo problema por sus implicacio-

- nes psicológicas, sociológicas, fisiológicas, económicas, religiosas y políticas (*i. e.* China)
8. Conservar suelos, que permita una completa filtración.
 9. Apoyar con tecnología innovadora el uso del recurso.

EL DILEMA ÉTICO DEL USO DEL AGUA: DEL INDIVIDUO A LA COMUNIDAD

El asunto de fondo es si seremos capaces de pasar del egocentrismo a lo colectivo y de lo individual a lo comunitario en aras del bien común. Es pues, un asunto de ética al más alto nivel: el planetario. El registro histórico muestra que la especie humana no ha sido muy exitosa en lograr acuerdos previos a las crisis, sino más bien, son las emergencias de las crisis las que han obligado a la toma de decisiones más o menos concertadas.

La constelación de ideas que en la modernidad parecían avalar la pertinencia de la escisión hombre-naturaleza, entra en conflicto con la realidad en que nos encontramos en las últimas décadas, incluyendo graves problemas ecológicos, ineficacia en el uso de esos recursos naturales, continuado crecimiento poblacional y brechas cada vez más grandes entre las sociedades ricas y las pobres que evidencian el fracaso del modelo moderno de progreso. Es este conflicto entre el modelo de la cosmovisión y el resultado real de su praxis, uno –si no el más importante– de los factores que obligan a replantear el modo en que estamos concibiendo y aplicando culturalmente nuestra relación con la naturaleza.

Así, desde una perspectiva cultural, los esfuerzos para establecer “la vía de la sustentabilidad” en el siglo XXI están condenados al fracaso por seguir fundamentándose en una concepción antropológica dualista: la del ser humano como algo aparte de la naturaleza. En esta concepción del mundo, el problema de la sustentabilidad se construye desde una mirada temerosa ante la naturaleza, que pasa de ser ese gran almacén del que podemos extraer a nuestro antojo la materia prima para alcanzar el bienestar, a un monstruo con la paciencia agotada que parece haber encontrado el momento de la revancha con la especie humana. La tecnología es la herramienta física y conceptual que permite crear un “nuevo mundo”, el artificial, de suerte que la distinción natural-artificial es una extensión de la contraposición biosfera-tecnosfera (Hernández, 2011, comunicación personal).

Otro de los desafíos es abandonar una perspectiva universalista, como si los problemas fueran los mismos para todos en todas partes. Hay problemas globales como el aquí expuesto, pero hay muchas maneras

distintas y legítimas de entenderlos. El punto es llegar a formulaciones que permitan acuerdos mínimos y acciones conjuntas para resolverlos, aunque cada quien tenga sus propias razones y motivos para hacerlo. Lo que está en juego es la capacidad de enfocar los problemas propios de cada país y de cada región, y de ofrecer guías adecuadas para darles respuesta, tomando en cuenta las peculiaridades de cada sociedad.

Un buen indicador de que algo está cambiando, al menos en la percepción de la comunidad científica, es que cada vez hay más científicos de primer nivel involucrándose en las problemáticas sociales, no sólo desde sus trincheras laborales, sino participando en actividades de convivencia social o comunitaria para resolver problemas desde otros ámbitos. Como ejemplo de ello es el anuncio que se dio en el pasado I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación (junio de 2006) de la formación en México de la Unión de Científicos Comprometidos con la Sociedad, en donde, para ayudar a vencer resistencias mentales de otros colegas académicos, amén de estar abierto a todo lo académico, la integran científicos nacionales e internacionales de sólido prestigio, con lo que se logra acallar a aquellos que pudieran pensar que cambiar nuestra cosmovisión y la manera de reinsertarnos en la naturaleza es pura charlatanería. Todo lo contrario, es un asunto de supervivencia, pero no sólo egoístamente para nuestra especie; se trata de todo el sistema que compone la vida, la biosfera.

Tal vez la visión dialéctica, *inicialmente*, logre hacer eso porque rechaza concebir al sujeto escindido del objeto de estudio pues reivindica, por un lado, la interacción entre esos dos elementos en el conocimiento del mundo, y por el otro, la unidad entre teoría y práctica, manifestando que el conocimiento del mundo es antes que nada una relación social. La concepción dialéctica puede unificar el conocimiento de la ciencia con el de la ética y las metodologías tradicionales e integrar los argumentos de últimas esferas (de identidades personales, disciplinares y profesionales) en los debates científico-tecnológicos, sin considerar de entrada a alguna de ellas como privilegiada, esencial o dominante sobre las demás. De esta manera, la sociedad entera queda a su vez integrada en esos debates. Queda por responder la pregunta de si esto es posible dentro de los marcos del capitalismo (Muñoz, 2004). De continuar con nuestra carrera en la destrucción de los recursos naturales, los humanos pasaremos a formar parte del catálogo de especies extintas que alguna vez habitaron el planeta Tierra, sin necesidad de una colisión planetaria más.

NOTAS PARA REFLEXIONAR

Se necesitan 140 litros de agua para obtener una taza de café y la producción de un litro de leche requiere de mil litros de agua. La mayor parte del agua que “bebemos” está incorporada en los alimentos que consumimos: producir 1 kilo de carne de vacuno, por ejemplo, consume 15 000 litros de agua, y 1 kilo de trigo se “bebe” 1 500 litros. Día Mundial del Agua 2012 (www.un.org).

REFERENCIAS

- ALDAMA, A. A., A. Güitrón de los Reyes, F. J. Aparicio y C. Barragán Barrios. 2006. “La cuenca Lerma Chapala y los modelos de simulación”, *Ciencia y Desarrollo*. 32 (193): 36-41.
- CARABIAS, J. y R. Landa. 2005. *Agua, medio ambiente y sociedad. Hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México*. UNAM-El Colegio de México-Fundación Gonzalo Río Arronte, México, pp. 15-21.
- CENTRO VIRTUAL DE INFORMACIÓN DEL AGUA. 2012. Disponible en: www.agua.org.mx.
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. 2006. Estadísticas del agua en México. ———. 2012. Disponible en: www.cna.gob.mx. ———. 2012. Disponible en: www.conagua.gob.mx.
- CONSEJO MUNDIAL DEL AGUA. 2006. Acciones locales para un reto global (síntesis), IV Foro Mundial del Agua, México, pp. 21-24.
- GARCÍA, N. V., L. Gómez, A. Aldama, M. Córdoba, A. Martín, N. Barrios y A. Molina. 2006. “Aprovechamiento del agua en Pátzcuaro”, *Ciencia y Desarrollo*. 32 (193): 42-47.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA. 2000. Disponible en: www.inegi.gob.mx.
- LAUDAN, L. 1977. *Progress and its Problems: Towards a Theory of Scientific Growth*. University of California Press, Berkeley, USA.
- LEWONTIN, R. C. 1992. *The Doctrine for DNA: Biology as Ideology*. Penguin Books, Londres.
- LITCHMAN, R. 1990. “The reduction of human nature by means of human nature”, *Capitalism, Nature, Socialis*. 4:13-51.
- LÓPEZ, G. 2005. “Veracruz, desperdicio en inmundicia”, v/a, *Agua*. Documento de edición especial de La Jornada, México, pp. 105-106.
- MUÑOZ, J. R. 2004. “Ciencia y reduccionismo: una crítica a la concepción cartesiana del mundo en la producción de alimentos transgénicos”, J. Muñoz (coord.), *Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto*. Siglo XXI Editores, México, pp. 99-114.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS. 2010. El agua, la paz y la seguridad: la cooperación en la gestión de las aguas transfronterizas. Sexagésimo cuarto período de sesiones. Tema 53 a) del programa *Desarrollo sostenible: ejecución del Programa 21 y del Plan para su ulterior ejecución, y aplicación de los resultados de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible*.
- _____. 2012. World Water Assessment Programme. Informe de las Naciones Unidas para el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: Agua para todos. Agua para la vida. Pp. 4-10.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA. 2009. 3er. Informe sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo: El agua en un mundo en constante cambio. Pp. 14-20.
- ORTEGA N., M. F. 2011. "El agua en números", *Casa del Tiempo*. 4 (41).
- PEPPER, D. 1984. *The Roots of Modern Environmentalism*. Oxford University Press, Oxford, USA, pp. 37-67.
- RAYNAL, J. A. V. 2004. "Agua y desarrollo: un toro por los cuernos", *Ciencia y Desarrollo*. 20 (177): 6-13.
- RUEDA, A. 2006. "Lluvia lista para beber", *¿Cómo ves?* 91: 30-33.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. 2002. Annual Report for 2002: Environment for Development. Section Two: Water for the future. P. 32.
- V/A. 2011. "Water Wars: the coming battle over Earth's most precious resource. The future of water. Water Wranglers", *Discover. Science, Technology and the Future*. Diciembre, pp. 48-63.

LA CRISIS PLANETARIA DEL AGUA: UNA PERSPECTIVA TRANSDISCIPLINARIA

*Tania Romo González, Cristina Núñez Madrazo, Carlos Pérez Alvarado,
Leticia Bravo Reyes, Inés Medina, Denisse Escalante, Eduardo Ruiz
Cervantes y Enrique Vargas Madrazo*

Las aguas sagradas nos llevan más allá del mercado a un mundo cargado con mitos e historias, creencias y devociones, cultura y celebración [...] éstos son los mundos que nos permiten ahorrar y compartir el agua, y convertir la escasez en abundancia. Todos estamos [...] sedientos del agua que nos libere y nos dé vida –orgánica y espiritual. La lucha [...] entre los que la protegen y los que la destruyen, entre los que la consolidan y los que la explotan está en curso. Cada uno de nosotros tiene un papel en la creación de la historia del futuro del agua. Cada uno de nosotros es responsable del kumbh –el agua sagrada.

Las guerras del agua: privatización, contaminación y lucro, VANDANA SHIVA

EL AGUA, SU PRESENCIA Y LAS PREGUNTAS QUE NOS GENERA

En nuestra vida moderna, la relación que mantenemos con el agua resulta ser bastante superficial; raramente reflexionamos acerca de ella de manera profunda, y esto sólo sucede cuando el servicio de agua se suspende en casa, cuando la ciudad se inunda o cuando provoca diarreas por estar contaminada. De inmediato, pensamos en lo necesaria que es y que la necesitamos tener a nuestro alcance si es que queremos sobrevivir y disfrutar de confort.

Nos acercamos a ella a través de imágenes placenteras; pensamos en el mar con sus sonidos, su paz, sus colores, la playa, podemos pensar en un vaso de agua, en una tina de baño con agua calientita. Por otra parte, nos llegan imágenes devastadoras de un *tsunami* o de un huracán como el Stan; recordamos, quizás, también, las goteras en la casa o el río putrefacto que pasa por detrás de la colonia. Así que cuando nos vemos compulsados por una circunstancia estresante o placentera, reflexionamos con más detenimiento sobre la importancia del agua, y quizás lleguemos a nociones como “escasez del agua”, “el cuidado del agua”, “mi necesidad indispensable de agua” (Karachristianidis y Smines, 2005).

Entonces podríamos preguntarnos: ¿Qué es el agua? ¿Es materia muerta? ¿Es mercancía? ¿Es realmente escasa? ¿Penetra su esencia mi cuerpo? ¿De qué propiedades lo insufla? ¿Es igual cualquier agua independientemente de su origen o condición?

UN ACERCAMIENTO FORMAL A LA PROBLEMÁTICA DEL AGUA

El agua cubre alrededor de las dos terceras partes de la superficie de la Tierra; está presente en todos los ámbitos de la vida y la biosfera, pero sólo 2.5% del agua terrestre es dulce. De este pequeño porcentaje, 68.9% se encuentra atrapada en las capas de hielo y en los glaciares, lo que deja 30.8% de agua subterránea y sólo 0.3% en los lagos y los ríos. Lo anterior evidencia que tan sólo una pequeña porción del agua del planeta está disponible de forma directa para uso de los seres humanos.

A partir de 1950, la población mundial se ha triplicado y el uso del agua ha aumentado 6 veces. De seguir así la tendencia en los próximos 50 años, la población podría multiplicarse 40 o 50%, lo que resultaría en un incremento de la demanda del agua que traería serias consecuencias para el ambiente y la vida en general. En la actualidad, usamos 70% del agua en la agricultura, 22% en la industria y 8% es de uso doméstico; sin embargo, un buen porcentaje de esta agua se desperdicia.

LA COMPLEJIDAD DE LA CRISIS QUE HEMOS CREADO RESPECTO AL AGUA

Una mirada pausada a nuestro entorno y a nuestra historia muestra que la manera como en la vida moderna nos relacionamos con el agua es intrínsecamente insostenible, lo que ha causado devastación local, regional y planetaria. Esto sucede debido a que el proceso de urbanización e

industrialización de la humanidad, genera una relación des-proporcional respecto al agua. Una relación donde el agua es arrancada de su contexto y proporción local asociados a la orografía, a la ubicación geográfica, a su relación con la totalidad de la biosfera.

Vivimos en una cultura del olvido, de la pérdida de los saberes tradicionales, que nos ha llevado a pensar que los humanos siempre hemos tenido las mismas necesidades respecto al agua. Creemos que para vivir con dignidad, cada ser humano necesita la misma cantidad de agua, cantidad que le “garantiza el bienestar”. Este bienestar lo tasamos, como casi todo, con los referentes y los estándares propios de los países auto-denominados “desarrollados”. En éstos se consumen 500 litros de agua per cápita, por día, mientras que en los países “subdesarrollados” sólo 50 litros. Pensamos, por lo tanto, que la única manera de vivir “con dignidad” es con 500 litros de agua al día por persona. Esto es tan grotesco, como suponer que cada persona en el desierto del Sahara, en Sonora, en Arabia, en Irán o en las Pampas argentinas debería tener dicha cantidad de agua para vivir con confort.

Sabemos que la noción del baño con estropajo y jabón es un invento que surgió en Europa hace tres siglos. El retrete y más aún el *water closet* (WC) es un invento igualmente reciente. Estos procesos sociales están relacionados con la historia cultural y local del cuerpo humano y las costumbres asociadas a él. La idea de que el cuerpo es un ente inmundo, que debe ser limpiado con constancia para desprenderlo de su condición animal, es también una idea desarrollada en Europa hace tres siglos. En los países “en vías de desarrollo”, hemos seguido los pasos de la cultura occidental, y las prácticas asociadas a la modernización descontextualizada han originado que más del 90% de nuestras aguas dulces se encuentren contaminadas (Illich, 1993).

La relación desproporcionada de la civilización occidental con el agua proviene de un conjunto de usos desiguales de este vital líquido. En el caso de sus usos urbanos e industriales, por ejemplo, su utilización está basada en la premisa de que los humanos podemos usar indiscriminadamente el agua como agente para “limpiar”, tanto en las actividades cotidianas como en las industriales y en las sociales. En el contexto del desarrollo indiscriminado de las sociedades industriales y urbanas, esta noción llevó a una dependencia ficticia y genera una in-sostenibilidad de la sociedad humana.

En el marco del paradigma del desarrollo, se plantean “soluciones”, que a la luz de una perspectiva transdisciplinaria y compleja resultan insostenibles, las cuales proponen que el problema de la contaminación

del agua puede ser resuelto recurriendo a procedimientos de saneamiento, de promoción de usos más racionales y de la mercantilización del agua. Se plantea, en la práctica, el “tratamiento” de las aguas negras y contaminadas para devolverles su sanidad y “frescura”.

Ante esto, parece pertinente plantearse algunas preguntas. ¿Cuáles son los costos económicos, sociales, ecológicos y energéticos de las soluciones que se plantean a la problemática de la creciente contaminación del agua? ¿Pueden pagar estos costos todos los seres humanos del planeta? ¿En realidad es posible limpiar la inmensa cantidad de sustancias que la industria moderna genera a través de los reactores de reciclado del agua? En suma ¿es sostenible el planteamiento de limpiar las aguas contaminadas?

Estas preguntas nos llevan a reflexionar sobre qué sucede alrededor del “negocio” del agua en nuestros días a nivel global. Como dice Vandana Shiva, las guerras del agua no vendrán en el futuro, han estado ya presentes desde hace décadas, en distintas intensidades, en formas y niveles de acción. Por ejemplo, hace 40 y 50 años casi todo mexicano podía con confianza tomar agua de cualquier río, riachuelo, lago, de cualquier bebedero o llave en la calle. En la actualidad, la única forma de garantizar el consumo de agua saludable, sobre todo para las personas de bajos recursos, es pagar a las grandes empresas transnacionales como la Coca Cola, la Danone o la Nestlé, casi 1 peso por litro de agua. Si consideramos que el ingreso per cápita de una familia promedio es de 100/150 pesos diarios en México, esta situación es alarmante (Shiva, 2002). En este sentido, cabe preguntarse si estamos frente a una guerra de baja intensidad generada por la apropiación, por parte de las grandes empresas transnacionales, de los remanentes de agua limpia. Las empresas que comercian con ella obtienen enormes ganancias y a través de una noción de escasez, el agua se ha convertido crecientemente en una mercancía. En la cultura occidental el agua, como el resto de los elementos de la naturaleza, es concebida como un recurso que nos pertenece, como una sustancia que ha sido despojada de todas sus propiedades ecológicas, electromagnéticas, arquetípicas y creativas, como una mercancía. El agua es observada como una sustancia inerte que puede ser definida sólo en términos de sus propiedades físicas, que no tiene conciencia ni historia. Es decir, el agua es tan sólo H₂O, una sustancia inodora, incolora e insípida, un recurso que sólo adquiere valor al ser utilizado con fines productivos por los seres humanos.

HACIA UNA NOCIÓN TRASCENDENTAL DEL AGUA: EL CAMINO HACIA LAS AGUAS ARQUETÍPICAS

Desde otras perspectivas culturales y transdisciplinarias apegadas a los principios de solidaridad social, el agua es un bien social que es indispensable para la supervivencia de los seres humanos, de la vida y del planeta, y debe estar a disposición de todos. En sintonía con lo anterior, muchos pueblos y minorías étnicas del mundo mantienen una perspectiva ecológica-espiritual (proporcional, es decir, sustentable) en su relación con el agua, a la cual conciben como un elemento sagrado (interconectado y complejo) y no sólo como un “recurso” para ser utilizado. El agua da origen y esencia a la vida. Agua implica mucho más que H₂O. Intentamos a continuación, mostrar cómo este conocimiento tradicional no es tan sólo creencias o “interpretaciones o metáforas culturales”, sino que es un conocimiento real y de gran relevancia socioambiental.

Diversas culturas orientales como la hindú y la china, entre otras, así como los mexicas, los mayas, los griegos o los incas, han identificado el papel activo del agua en la creación continua de la vida. Por ejemplo, el filósofo griego Tales de Mileto mencionó que “el agua es la sustancia última, el principio creador de todas las cosas”. Así también, en el testamento de nuestros antepasados hebreos, las imágenes del agua aparecen como una corriente dadora de vida a través de la historia. El agua apaga la sed física y espiritual, limpia, purifica, transforma y lleva vida. El agua se encuentra en un proceso de co-creación continua junto con los demás componentes del cosmos. En las representaciones del sistema del conocimiento (filosofía) ancestral, encontramos imágenes mitológicas del agua que reflejan su esencia cósmica, universal, arquetípica, energética, organizacional y vital (Shiva, 2002). Todo esto es ampliamente coherente con los estudios sistémicos y cuánticos recién desarrollados por la ciencia en torno al agua. El agua es un elemento imprescindible en la compleja co-creación de la vida por lo que, desde hace miles de años, se generó la noción de dicho elemento como una entidad sagrada. El agua, elemento mítico, arquetípico, fundamental para la creación, para la vida, para nuestro planeta, es de una dimensión mucho más compleja que el H₂O. En la siguiente sección, tendemos un puente con la ciencia moderna para argumentar en este sentido.

Estas representaciones nos muestran la hipercomplejidad del elemento agua de una manera mucho más plausible, que los constructos utilitarios que generamos desde la modernidad y la racionalidad de la cultura occidental. A través de la noción del agua como un elemento vivo, que es otorgado por nuestra madre naturaleza como un elemento sagrado,

el ser humano ha creado diversas significaciones dinámicas de dicha entidad. Es decir, construye diversos arquetipos mitológicos y sagrados del agua, que se pueden considerar como ámbitos cognoscitivos y prácticos que dan sustento a una relación sostenible con el agua y la biosfera. Mediante estos arquetipos, se reconocen y se valoran las cualidades vitales del agua: su flujo, su sutileza, su memoria, su interconectividad cuántica, sus propiedades sanadoras, su capacidad de dar y quitar vida; y sobre todo, se propicia una ecología política que permite una relación (más que uso) proporcional con este vital elemento.

LA COMPLEJIDAD TRANSDISCIPLINARIA DEL AGUA: SU DIMENSIÓN FÍSICA, MENTAL, EMOCIONAL Y ESPIRITUAL

Setenta por ciento de nuestro cuerpo, de nuestras células y del ADN es agua. Este elemento vital solubiliza y da forma, contenido, contexto, dirección y energía a todos los procesos que ocurren en los seres vivos, e inclusive a aquellos procesos “no vivos”, tales como los sistemas minerales de la biosfera. Por lo tanto, la contaminación o la alteración de la esencia del agua en toda su complejidad, tiene la capacidad de cambiar cualquier función fundamental de los organismos y los ecosistemas y, más aún, de la biosfera en su conjunto.

Desde el punto de visto biosistémico ¿qué entendemos por agua soluble? El agua se congrega en agrupamientos moleculares estrechamente organizados. Con normalidad, el agua que tomamos de las botellas o del grifo contiene agrupaciones de entre 50 a 60 moléculas. Sin embargo, el agua magnetizada, característica de los ecosistemas sanos y en su estado de integridad armónica, forma agrupaciones de 3 a 5 moléculas, manteniéndolas alineadas y en una estrecha e íntima comunicación durante los procesos de movimiento y absorción. Este tipo de agua se encuentra dinámicamente ordenada u orientada y presenta movimientos restringidos en comparación con el agua no biológica (Ho, 1996).

En el contexto de lo que a continuación detallaremos, veamos cuáles son las que con propiedad llamamos las “costumbres” y cómo se reproduce esta “cultura” de la *vida del agua*. Diversos estudios que toman en cuenta las numerosas propiedades electrodinámicas y organizacionales del agua, han mostrado que el agua “biológica” posee diversas propiedades que no están presentes en el agua “a granel”. De acuerdo con los estudios de Víctor Schauburger y muchos otros investigadores, el agua presenta una forma fundamental de movimiento denominado vortex,

así como una serie de variaciones microscópicas de temperatura, condiciones que le permiten organizarse electrodinámica y posicionalmente de forma que permita la comunicación entre sus moléculas en distintos niveles. Estas propiedades dependen de una dimensión organizacional y energética muy sutil, que Schauberger identificó como la “diferencia fundamental entre las aguas puras (frescas) y naturales y las aguas negras e industriales recicladas”.

El agua es muy maleable; existe una relación estrecha entre el ambiente físico (los campos electromagnéticos, cuánticos, la temperatura, etc.) y la estructura química y organizacional íntima del agua. Todo esto afecta la forma en que el agua co-determina cómo se llevarán a cabo los procesos vitales que ella acuna. Podemos decir que la totalidad del sistema (incluido el H_2O) que está participando, es lo que llamamos “agua” vital, y se encuentra en el ecosistema real (*in vivo*). Así, las propiedades del agua y la contribución decisiva que ella puede hacer en los procesos celulares, depende de manera estrecha de esta relación recursiva (auto y exo, es decir, intrínseca y ambiental, respectivamente) que le da forma y función; con lo anterior, nos percatamos de nuevo que el agua es mucho más que H_2O .

En muchos sentidos, la clave que le confiere al agua esta dimensión arquetípica y sistémica, reside en su gran sensibilidad a los biocampos de energías sutiles. En los biocampos, los campos electromagnéticos (CEM) ocupan un papel central, ya que éstos surgen a partir de las energías y procesos subatómicos y, por lo tanto, cuánticos, con todas sus consecuencias ontológicas; al mismo tiempo los CEM tienen influencia y operan también a nivel de los procesos meso y macroscópicos.

Pero penetremos en la dimensión subatómica y energética en la que aparecen algunas de las propiedades fundamentales responsables de esta portentosa *vida del agua que da sustento a la vida de nuestra Madre Tierra*. Diversas observaciones han mostrado, que el agua favorece y modula el movimiento de las partículas cuánticas, en específico el movimiento dinámico y vigoroso de los electrones- π en algunas proteínas como la actina de los microtúbulos. Obviando la complicadísima red de evidencias, razonamientos y explicaciones a este respecto, diremos que estos electrones- π pueden viajar a través de las capas electrónicas de cada molécula, entre moléculas e inclusive teleportarse independientemente del espacio y tiempo hacia otras moléculas del organismo (condición de no-localidad cuántica) (Hameroff y Tuszynski, 2003). El movimiento y la organización de estos electrones co-determina tanto la forma, la flexibilidad, la organización tridimensional, el movimiento mecano-químico, las

propiedades de reconocimiento molecular, la catálisis de reacciones, la comunicación intermolecular, etc., de cada molécula, así como los arreglos supramoleculares y subcelulares dentro de las células del organismo.

Se ha observado, que este conjunto de actividades del agua como solvente universal, le permite a ésta modular y coordinar el metabolismo y la organización intra y extracelular desde su posición como sustrato final de toda reacción de forma sutil y profunda. Esta condición de coherencia y auto-eco-organización viviente es una condición que tiene diversas repercusiones a nivel molecular, celular, orgánico, ecológico y evolutivo. Todo lo anterior co-determina la función celular, tisular y orgánica de los biosistemas, por lo que las cualidades del agua están participando activamente de forma determinante en la práctica total de lo que identificamos como procesos fundamentales de la vida.

Desde el punto de vista eco-sistémico podemos, a estas alturas, sugerir que el agua como elemento arquetípico es un componente central en esta hipercomplejidad de la vida y la biosfera, para que esta última pueda funcionar auto-organizándose, auto-reparándose, auto-reproduciéndose, es decir, que sea sostenible y armónica. Veamos las implicaciones de esto para las ciencias de la vida; si les asignamos a las biomoléculas, a las células y a los tejidos el adjetivo de “vivo” que expresa ciertas reacciones, texturas, colores, etc., es por las propiedades que cada subsistema de moléculas/células y la totalidad de sus asociaciones adopta. Pero tal como hemos visto, es el agua la que posibilita, dinamiza y co-crea de forma fundamental estas propiedades.

Vemos cómo la metáfora trascendente del agua como una matriz fundamental de la vida, el lugar desde donde proviene la vida y la creación, se comienza a hacer evidente y real, mucho más que las estrechas concepciones del agua como H_2O , o como un “pseudomineral” inerte y estrechamente material. Desde el punto de vista biosistémico y transdisciplinar y considerando lo que hemos mencionado aquí, resulta evidente que todo lo anterior debe tener influencia también hacia los niveles psicológico y sociales. Más adelante, veremos con los experimentos del doctor Emoto, que esta propuesta no es una “metáfora bonita”, sino que implica una estrecha correlación entre los niveles molecular-biológico con aquellos psicológico-sociales (Radin *et al.*, 2006). Esto refuerza la noción de muchas culturas ancestrales de concebir al agua como un elemento sagrado, que interconecta el todo de una forma sutil, mediando la generación de lo material a partir de lo inmaterial, produciendo orden del desorden.

La co-generación/determinación de lo material a partir de algo en apariencia inmaterial (es decir organizacional), no es la única “magia” que se encuentra en la sustancia esencial a la que llamamos agua. Por ejemplo, diversos pueblos antiguos tienen la noción de que gracias a la interconexión que el agua tiene con el todo, este elemento posee propiedades que ayudan a la sanación de los seres vivos. Esto se refuerza con varios estudios donde se muestra que el agua es capaz de retener la actividad de otras moléculas aun cuando éstas ya no estén en contacto con dicho elemento, fenómeno denominado como “memoria del agua”. Se tienen evidencias de que esto sucede gracias a que *la interacción agua-molécula activa* genera movimientos vibratorios en el agua, que son retenidos en dicha sustancia, lo cual le permite la mimetización de la actividad de la molécula activa. Además, otros experimentos muestran que los movimientos vibratorios del agua que estuvo en contacto con alguna sustancia activa, generan una frecuencia que puede ser grabada y transmitida a otras moléculas del agua. Esto lleva a plantear que el agua a través de su memoria, generada a partir de su relación con otras entidades, produce procesos fisiológicos similares a los de una sustancia química utilizada para controlar algunas enfermedades.

Todo esto refuerza la noción de que el agua tiene propiedades de lo que podríamos llamar como “generadora de actividad biológica específica equivalente a la de las biomacromoléculas”, lo que posibilita que los seres vivos puedan encontrar un equilibrio que les permita contener con ciertas perturbaciones espacio-temporales, lo cual se puede observar en su sanación física. Conocemos ahora por los trabajos del doctor Maseru Emoto, que la estructura cristalina del agua es alterada por muy distintos factores. Por ejemplo, el agua embotellada y clorada forma patrones distorsionados y aleatorios en los cristales. Por el contrario, el agua de los manantiales y los ríos vírgenes forma bellas figuras geométricas y fractales dentro de sus estructuras cristalinas. Estos experimentos han sido replicados con todo detalle mediante la metodología del doble ciego, llevada a cabo por evaluadores independientes, mostrando resultados estadísticos significativos (Radin *et al.*, 2006).

Maseru Emoto (2001) nos ha mostrado cómo esta diferencia es fundamental al dirigir los patrones de formación del cristal líquido en el agua, patrones que son altamente dependientes de la “vida” del agua, es decir, de su movimiento, de los solutos que ha tenido, de la forma del contenedor por el que fluye o se almacena, también de los campos electromagnéticos, de las radiaciones provenientes del Sol y del espacio exterior. De igual forma, otro aspecto importante de la sanación con

agua es la intención con la cual, tanto el terapeuta como el paciente, utilicen este elemento, ya que se ha observado que estas propiedades vitales del agua dependen de las emociones, de los mensajes que le enviamos subjetivamente, de nuestros deseos y comportamiento.

Resulta aquí importante articular el flujo de organización e influencia de “ida” hacia el agua desde el “ambiente” (incluido en éste la intención y la conciencia humana), así como el flujo de “regreso” desde el agua hacia el “ambiente” biológico y humano, al co-determinar y actuar ésta directamente en los procesos metabólicos, celulares, tisulares y orgánicos, e inclusive ecológicos y planetarios, como veremos más adelante.

Esto refuerza la creencia de algunos sanadores de la tradición Yoruba de Nigeria de que el agua, según la forma en que se le utilice, puede sanar o matar a los seres humanos (Rinne, 2001). Cabe mencionar que, en dicha tradición de sanación, se considera al agua como una entidad sagrada que da origen a todas las entidades vivas. También plantea que el agua puede sanar a los seres vivos debido a que este elemento tiene una conexión sutil, a un nivel profundo, de la persona con el entorno local, con el planeta y con el cosmos en general. Además, los sanadores Yoruba plantean que el agua adecuada para generar un proceso de sanación es aquella que está en contacto íntimo con la naturaleza, ya que la misma guarda la memoria que le aportan todos los componentes ambientales. De nuevo, las coincidencias entre la nueva ciencia desde una actitud transdisciplinaria y el conocimiento tradicional son enormes y nos hablan de la importancia del diálogo de saberes, así como de la noción de lo sagrado (Shiva, 2002; Solomon, 2003; Ward, 1997).

Podemos tomar un ejemplo para percibir cómo algunas de las preguntas que antes nos hicimos, no tienen respuestas simples por parte de las tecnologías modernas, tecnologías que crean cada vez más la noción de escasez y enajenación del agua por parte de la civilización industrial. Lo anterior se asume basado en la creencia de que la visión moderna es la única que “posee” los conocimientos técnicos para “solucionar” los problemas creados. Para que los cuerpos de agua puedan estar activamente en este constante proceso de purificación y recambio, se requiere de que el agua tenga minerales y microorganismos en muy variables combinaciones y siempre en constante recambio. Sin embargo, el agua tras ser muy contaminada y envenenada por la industria y las casas-habitación, carece de esta complejidad en su constitución y organización. De hecho, diversos experimentos muestran que una vez que el agua recibió sustancias tóxicas, la memoria destructiva de dichas sustancias permanece en ella durante mucho tiempo. Los procesos de “limpieza”

no pueden devolverle esta compleja trama de relaciones al agua, mucho menos es posible reconstruir con tecnología la proporcionalidad y localización biosistémica sutil del agua en su entorno de piedra y arena, que está en la base de su vitalidad y como fuente de toda vida sustentable. Así, tenemos que el agua que sale de los reactores de limpieza, ya no tendrá las mismas condiciones para seguir con la delicada trama de procesos de limpieza y purificación que la biosfera ha diseñado y ejercido durante cientos de millones de años.

Aquí estamos penetrando ya en la complejidad arquetípica y mítica de las aguas vitales de Gaia. Nuevamente, partimos de la premisa de que el agua es mucho más que H₂O. Vemos aquí cómo se comienza a expresar la dimensión ecológica, biorregional y planetaria de una sanidad a todos los niveles, y que depende en mucho de las propiedades sutiles del agua, en particular de las *aguas arquetípicas y cristalinas* que fluyen por las venas de la *Madre Tierra* (Illich, 1993).

HACIA LAS AGUAS ARQUETÍPICAS DE GAIA: LA SANGRE DE LA TIERRA

Veamos cómo esta trama sutil, poderosa, vital, penetrante, mágica y arquetípica del agua, que ahora quizás podemos ya comenzar a percibir, forma la esencia viviente de nuestra biosfera y de nuestra *Pacha Mama*: Gaia. El agua en su circulación, tanto superficial como subterránea, genera emisiones de partículas, tales como los rayos gamma, las cuales generan biocampos electromagnéticos. Este sistema de campos es vital para la forma que actualmente tiene la Tierra, y está de manera directa relacionado con estos flujos y estas propiedades del agua que circula por sus "venas". Este gran sistema de aguas planetarias opera en cada lugar con gran influencia, funcionando como un sistema de regulación en muchos niveles, a través de mecanismos biológicos como los que hemos caracterizado aquí, pero también actúa a nivel general, en grandes flujos, a través de ríos superficiales y subterráneos, a través de glaciares y lagos. Estos biocampos, como por ejemplo aquellos provocados por un cruce de ríos subterráneos, afectan determinantemente parámetros geológicos tales como grietas, movimientos de la corteza, flujos de minerales. Más aún, estos biocampos también afectan la vegetación, su crecimiento, su distribución, la salud de las especies en la biorregión, el comportamiento de los seres vivos y hasta los patrones psicológicos, médicos y sociales de los seres humanos.

El agua co-crea el sutil y global entramado de nuestra Madre Tierra. Todo proceso viviente en la Tierra está asociado a la captación de energía

procedente del Sol, con la potencialidad de generar procesos creativos y neg-entrópicos (creadores de orden). Esta energía es capturada por la clorofila mediante procesos cuánticos de los fotones provenientes de las radiaciones solares, que son transformadas en electrones ricos en energía. Es así como se inicia, a partir de la clorofila, una caída sutil y delicada en la cascada de los procesos de oxidación-reducción que determinan la vida. La nueva rama del conocimiento denominada biofotónica-bioelectrodinámica, nos muestra que todos estos efectos cuánticos en los seres vivos están mediados principalmente a través de los electrones- π deslocalizados, los que constituyen un reservorio casi infinito de energía útil para crear y mantener la vida. El acoplamiento de esta cascada metabólica comienza en la clorofila y se derrama por cada uno de los compartimientos de la abigarrada organización biológica.

El agua y las demás biomoléculas con alta actividad bioelectrodinámica, son el material y el sustrato para este sutil y complejo proceso de acoplamiento energético-material que percibimos en su forma de biosfera. A partir de esta interconexión, el agua es capaz de recibir, producir, transmitir y almacenar, es decir, computa de una forma compleja, información que co-dirige la organización de otras entidades (información organizacional). Además, mediante esta computación el agua es capaz de influir en las cualidades de diversos componentes de los seres vivos, que les permiten contender con algunas circunstancias espacio-temporales. *Es decir, el agua favorece que los seres vivos encuentren la forma que los conecta con el contexto en el cual se desenvuelven: es el sustento fundamental y sutil de la biosfera (recordemos que desde el nivel molecular hasta el orgánico, el agua juega un papel central en la co-determinación de procesos y cualidades).*

Así es como recientemente se ha comenzado a entender que la organización ecológica y evolutiva del gran sistema viviente, de los ecosistemas y los nichos ecológicos, sólo puede ser entendida al considerar esta dimensión cuántica-arquetípica del agua y de la vida en general. De esta forma, se recrea la concepción de que el agua es un elemento fundamental en la generación de la vida.

El agua es el gran agente, junto con el viento, circulatorio de nuestra biosfera. Su capacidad de solubilización le confiere la propiedad de tomar de manera constante elementos de muy distintos subsistemas. Así, la articulación delicada y maravillosa de la biosfera, permite crear distintos procesos mediante los cuales el agua va limpiándose, reciclándose, intercambiando elementos y cargándose de distintas cualidades a lo largo de su transitar por cada uno de los subsistemas de nuestra biosfera. Esta organización es sutil e invisible, posee una enorme capa-

cidad adaptativa, pero al mismo tiempo es muy delicada y sensible a perturbaciones en cada uno de sus componentes. Este deambular del sistema hídrico de Gaia es el factor central para mantener la *reostasia* (la capacidad de auto-regularse y permanecer) de nuestra biosfera, y es el agua el factor determinante, tanto en el control y la sintonía de los mega ciclos, las corrientes oceánicas y atmosféricas, como en la dirección, la intensidad y las formas de los biocampos de energías sutiles, en cada biorregión y en el planeta en su conjunto.

LA DIMENSIÓN SOCIAL Y HUMANA DE LAS AGUAS ARQUETÍPICAS: LO SAGRADO COMO ESENCIA DE LO SOSTENIBLE

El agua es uno de los cuatro elementos mitológicos y arquetípicos de la creación cósmica y del universo. Así se nos ha mostrado a través de la historia de la humanidad y de su sabiduría sagrada. La organización microscópica y planetaria del agua arquetípica se revela, tal como hemos visto, en sus infinitos vortex e implosiones locales, en las particularidades de “cada agua”. Las aguas arquetípicas no pueden ser separadas de la piedra y la arena forjadas com-unitariamente por los seres humanos, las plantas, los animales, los microorganismos, la tierra, el viento, el fuego, el calor del Sol, etc. Es por esto que es trascendental el llamado que nos hace Ivan Illich hacia la recuperación de la noción del agua arquetípica, para así reinsertarnos en un diálogo profundo con el agua y con la natura para la co-construcción de una *morada sostenible*. Un morar que manifieste nuestra pertenencia al terruño, a nuestro territorio.

La percepción del arquetipo sagrado del agua muestra a esta entidad no como una sustancia inerte, sino como algo que trasciende el ego racional del ser humano, como un elemento biosistémico y sagrado. Así, diversos pueblos han encontrado “la medida con respecto a la tierra” del agua que pueden utilizar para su subsistencia, sin poner en peligro la sobrevivencia de otros seres vivos. Para las sociedades indígenas, las conexiones naturales-espirituales que ligan a los seres humanos con el agua, imposibilitan la opción de anteponer los deseos humanos a las necesidades de la naturaleza. La percepción del arquetipo sagrado guía al individuo hacia un uso sostenible del agua, basado en la relación compleja individuo-entorno-agua. Se genera así una noción que bien podría nombrarse como Sostenibilidad EcoSagrada del Agua.

Se percibe claramente esta visión en la Declaración de Kyoto de los Pueblos Indígenas sobre el Agua, elaborada en el Tercer Foro Mundial del Agua (Groenfeldt, 2001) en Japón, en marzo de 2003:

1. La gente indígena de todas las partes del mundo reunidas aquí, reafirmamos nuestra relación con la Madre Tierra y la responsabilidad de las generaciones futuras de levantar nuestras voces en solidaridad para hablar de la protección del agua. Fuimos colocados de una manera sagrada en esta tierra, cada uno en nuestras propias tierras y territorios sagrados y tradicionales, para cuidar de toda la creación y para cuidar del agua. 2. Reconocemos, honramos y respetamos el agua como elemento sagrado que promueve toda la vida. Nuestro conocimiento tradicional, leyes y formas de vida nos enseñan a ser responsables y cuidar de este regalo sagrado que conecta toda la vida. 3. Nuestra relación con nuestras tierras, territorios y agua es la base física, cultural y espiritual fundamental para nuestra existencia. Esta relación con nuestra madre tierra nos obliga a conservar nuestros ríos y océanos sanos para la supervivencia de generaciones presentes y futuras.

La perspectiva espiritual de los pueblos indígenas desafía a la modernidad occidental a apreciar el agua. En muchas regiones del mundo, los sistemas de gestión hídrica campesina e indígena constituyen la base fundamental del sustento local y de la seguridad alimentaria nacional. De forma general, planteamos que es a través de la gestión participativa e integral del agua y de las condiciones esenciales para la vida, no sólo humana, como las comunidades y la humanidad podrán recuperar la sustentabilidad en su relación con ella. La superficialidad en las ideas, en los conceptos y en los enfoques científicos y tecnológicos resulta evidente, por lo que la movilización de los procesos colectivos y participativos en los talleres donde se trabaje para recuperar una visión holística y sagrada del agua en las comunidades (que son los recipientes del regalo natural del agua-en-el-lugar) resulta, a nuestro entender, un aspecto esencial que no debe ser subvalorado o despreciado por “irrelevante” o “esotérico”. Por lo tanto, la seguridad de acceso al agua y a los medios para manejar sus sistemas hídricos es de importancia crucial.

En este sentido es alarmante que, en el Foro Mundial del Agua 2000, las poblaciones indígenas y sus sistemas de valores, conocimientos y prácticas hayan sido ignorados. Más aún, los procesos administrativos y las políticas de gestión estatal han generado estragos en las comunidades, ya que la gente está perdiendo los recursos que habían estado bajo su cuidado, al tiempo que los gobiernos y el capital transnacional ganan el control y la propiedad sobre ellos. Esto es así, en gran parte, debido a que las prácticas y las estrategias políticas del estado moderno paternalista han desempoderado a las personas y a los pueblos, propiciando la pérdida de sus valores e identidad. Este sistema ha generado la manipulación, la usurpación y el pillaje de

los recursos naturales por parte de la iniciativa privada y ha ignorado los modos y los derechos tradicionales de las personas (Ward, 1997).

La crisis del agua es una crisis ecológica con causas comerciales pero que jamás hallará soluciones en el mercado, ámbito que no puede sostener la sutil y profunda trama en la que viven las aguas arquetípicas. Las soluciones del mercado destruyen la Tierra y agravan la desigualdad. La solución a una crisis ecológica es ecológica, la cual incluye una transformación social cuyo sustento sea la riqueza cultural y sagrada de la Madre Tierra viviente, a través de una democracia profunda y sagrada. Terminar la crisis del agua requiere rejuvenecer y transformar de manera profunda a la democracia. El uso responsable del agua depende no de sacar a los pobres del mercado sino de seguir el principio elemental de compartir de forma justa (con toda la biosfera) lo que es de todos y de nadie.

El actual sistema económico dominado por los grandes consorcios transnacionales, obliga al mundo pobre a destruir su entorno ambiental para mantener su precaria economía. El agua, que podría utilizarse para proporcionar el sustento en el nivel local, se malgasta en la industria maquiladora, en la agricultura del monocultivo que erosiona el suelo y contamina el agua fresca, o en la industria turística. El énfasis, en la crisis del agua, debe ponerse en el control local, pues sólo a través de una democracia profunda y comunitaria se puede convivir con y apreciar a las aguas arquetípicas. Esto requiere dialogar con los sistemas tradicionales de uso y manejo del agua, y aplaudir la visión espiritual para generar una relación sostenible y en pro de la vida de aquí hasta la “séptima generación”.

Esta praxis dialogante implica orientar los procesos de reflexión y de toma de decisiones hacia un co-diseño crítico, en el cual los elementos de la naturaleza, los saberes tradicionales, la percepción ciudadana y los saberes científicos, participen en un diálogo hacia un acto sagrado, local y comunitario. Al ocurrir este diálogo profundo, debemos percibir claramente a Natura y a *Tonantzín* como elementos sagrados que deben ser cuidados y venerados, para así recuperar la sostenibilidad de los humanos en este gran sistema viviente que es nuestra tierra-patria.

La noción sagrada del agua, la coloca como algo esencial para todos los seres en distintos niveles, desde lo material hasta lo sutil. Esto posiciona al agua como un componente universal de radical importancia, que no puede ser utilizado como mercancía. El agua puede ser usada por todo aquel ser vivo que la necesite, no es un bien material del que el ser humano se pueda apropiar.

El agua es un elemento natural, esencial y sagrado sin el cual nadie puede sobrevivir; es el derecho con el que cada criatura nace sobre la Tierra.

Los ríos preciosos y sagrados atraviesan las montañas, las tierras bajas, las tierras del arbusto, los desiertos, las ciudades y las culturas, apagando la sed física y espiritual. Las personas de todos los pueblos reconocen la necesidad y la naturaleza simbólica del agua arquetípica. Los indígenas, debido a su visión holística del mundo, tienen una relación rica, profunda, medida y respetuosa con el agua; actitudes, prácticas y cosmovisiones, que necesitan ser valoradas y retomadas en nuestro mundo contemporáneo.

REFERENCIAS

- EMOTO, M. 1999, 2001. *Messages from Water*. Hado Kyoikusha Co., Ltd., Tokio, Japón.
- GROENFELDT, D. 2001. *Water Development and Spiritual Values in Western and Indigenous Societies*. Disponible en: World Water Forum, <http://www.indigenouswater.org/user/Water%20Spirituality.pdf>, consultado el 3 de agosto de 2006.
- HAMEROFF, S. R. y J. A. Tuszynski. 2003. "Quantum States in Proteins and Protein Assemblies: The Essence of Life?", *Proceedings of SPIE* (2004). 5467: 27-41. Disponible en: http://mitacs-gw.phys.ualberta.ca/~jtus/PDF_conferences/quantum_states.pdf, consultado el 3 de agosto de 2003.
- HO, M. W. 1996. "Bioenergetics and biocommunication", R. Cuthbertson, M. Holcombe y R. Paton (eds.), *Computation in cellular and molecular biological systems*. World Scientific, Singapur, pp. 251-264.
- ILLICH, I. 1993. *El H₂O y las aguas del olvido*. Joaquín Mortiz-Planeta, México.
- KARACHRISTIANIDIS, E. y L. S. Smines. 2005. *Water: Crisis and Economy*. Disponible en: <http://www.miljolare.no/innsendt/multimedia/111/Water%20Crisis.pdf>, consultado el 14 de agosto de 2006.
- RADIN, D. I., G. Hayssen, M. Emoto y T. Kizu. 2006. "Double-blind test of the effects of distant intention on water crystal formation", *Explore: The Journal of Science and Healing*. 2 (5): 408-411.
- RINNE, E. M. 2001. "Water and Healing-Experiences from the Traditional Healers in Ile-Ife, Nigeria", *Nordic Journal of African Studies*. 10 (1): 41-65. Disponible en: <http://www.njas.helsinki.fi/pdf-files/vol10num1/rinne.pdf>, consultado el 3 de agosto de 2006.
- SHIVA, V. 2002. *Water Wars: Privatization, Pollution, and Profit*. South End Press, Boston.
- SOLOMON, P. 2003. "Water: Lifeblood of Mother Heart", *Development and Peace*. Disponible en: http://www.devp.org/testa/current/fall04/fiche03_e.pdf.
- WARD, C. 1997. *Reflected in Water: A Crisis in Social Responsibility*. Cassell, Londres.

SOBRE LOS AUTORES

Rolando Arboleda Sánchez. Licenciatura en Biología por la Universidad Veracruzana (UV de aquí en adelante). Colector científico en el Área de Zoología del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: adromm@hotmail.com.

Leticia Y. Q. Bravo Reyes. Licenciatura en Artes (Danza contemporánea) por la UV. Estudios de maestría en Psicoterapia Gestalt en el Centro de Estudios e Investigación Gestálticos, Xalapa. Técnica académica del Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes de la UV. Correo electrónico: letiquetzalli@hotmail.com.

Crystell Contreras Torres. Egresada de la Facultad de Biología de la UV.

Blanca Elizabeth Cortina Julio. Licenciatura en Biología por la UV. Maestra en Educación por la Universidad Pedagógica Veracruzana. Técnica académica en el Área de Biología de la Conservación del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: bcortinaj@gmail.com.

Denisse Eliana Escalante Martínez. Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo por la UV. Maestría en Neuroetología en el Instituto de Neuroetología de la UV.

Laura Escamirosa Gutiérrez. Licenciatura en Ingeniería Ambiental por la UV. Maestría en Política, Gestión y Derecho Ambiental por la Universidad Anáhuac.

Silvestre Augusto Hernández Rivera. Licenciatura en Biología por la UV. Especialidad en Centros de Enseñanza y Formación por el Centro de Estudios Superiores (CESEM). Investigador de tiempo completo y coordinador del Área de Investigaciones en Microbiología del Instituto

de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: aughernandez@uv.mx.

Miriam Licona Romero. Licenciatura en Biología por la UV.

Rubén López Domínguez. Licenciatura en Biología por la UV. Estudios de maestría en Filosofía por la UV. Investigador de tiempo completo del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV, en donde coordina el Área de Comportamiento y Filosofía de la Biología y el Grupo de Trabajo de Educación en Ciencias. Asesor de la Dirección General de Desarrollo Académico e Innovación Educativa de la UV. Correo electrónico: rlopez@uv.mx.

Isabel López Zamora. Licenciatura en Biología por la UV. Maestría y doctorado en Recursos Forestales por la Universidad de Florida, en Gainesville, Florida, EUA. Investigadora de tiempo completo en el Área de Investigaciones en Biología Vegetal del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: ilopez@uv.mx.

José Martínez Gándara. Licenciatura en Biología por la Escuela de Biología de la Universidad Juárez del Estado de Durango. Estudios de maestría en Ecología Forestal en el Centro (hoy instituto) de Genética Forestal de la UV. Técnico académico y colaborador en proyectos de investigación en las áreas de Biología Vegetal y Microbiología del Instituto de Investigaciones Biológicas de la uv. Correo electrónico: jmgandara@uv.mx.

Inés Medina. Colaboradora del Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes de la UV. Correo electrónico: inesdeluz@gmail.com.

Ma. Cristina Núñez Madrazo. Licenciatura en Economía por la Universidad Nacional Autónoma de México. Maestría y doctorado en Ciencias Antropológicas por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Fundadora, investigadora de tiempo completo y coordinadora del Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes de la UV. Correo electrónico: cnunez@uv.mx.

Carlos Pérez. Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo por la UV. Estudiante del doctorado en Biomedicina Molecular de la Escuela Nacional de Medicina y Homeopatía, IPN. Asistente de investigación del Grupo de Biomedicina Sistémica y Sustentabilidad Comunitaria del Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes de la UV. Correo electrónico: qfb_carlosalvarado@hotmail.com.

Enrique Portilla Ochoa. Licenciatura en Biología por la UV. Estudios de maestría en Antropología Social en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS, Xalapa, Veracruz).

Investigador en el Área Biología de la Conservación del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: eportilla@uv.mx.

Tania Romo González de la Parra. Licenciatura en Químico Farmacéutico Biólogo por la UV. Doctorado en Ciencias Biomédicas por la UNAM. Egresada del Seminario de Capacitación para Integrantes de Comités de Bioética. Secretaría de Salud del Estado de Veracruz, Instituto Veracruzano para la Formación y la Investigación en Salud (julio, 2014). Investigadora de tiempo completo en el Área de Biología y Salud Integral del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Investigadora Nacional nivel I del Sistema Nacional de Investigadores (2013-2015). Correo electrónico: romisnaider@hotmail.com.

Edgar Eduardo Ruiz Cervantes. Licenciatura en Sociología por la UV. Maestría en Desarrollo Rural por la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco. Doctorado en Sociología por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Profesor de la maestría en Estudios Transdisciplinarios para la Sostenibilidad de la UV, del Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes de la UV. Correo electrónico: edgruiz@uv.mx.

Alonso Irán Sánchez Hernández, Licenciatura en Biología por la UV. Maestro en Ciencias por El Colegio de Veracruz. Doctorante en el Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental de la UNAM, campus Morelia. Profesor en la licenciatura en Geografía de la UV y en la Universidad Veracruzana Intercultural. Correo electrónico: alosanchez@uv.mx.

Gilberto Silva López. Licenciatura en Biología por la UV. Especialidad en Manejo y Conservación de la Vida Silvestre por el Centro de Investigaciones y Conservación (CRC) del Instituto Smithsonian, en Front Royal VA y Washington, DC, EUA. Maestría en Ecología y Conservación de la Vida Silvestre por la Universidad de Florida, en Gainesville, Florida, EUA. Doctorado en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Investigador de tiempo completo en el Área de Biología de la Conservación en el Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: gsilva@uv.mx.

Leonel Torres Hernández. Licenciatura en Biología por la UNAM. Maestría en Ecología por la Facultad de Ciencias de la UNAM. Investigador de tiempo completo en el Área de Biología Vegetal del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: ltorres@uv.mx.

Enrique Vargas Madrazo. Licenciatura en Bioquímica por la Universidad de la Habana. Doctor en Investigación Biomédica por la UNAM. Fundador e investigador de tiempo completo en el Centro de EcoAlfabetización y Diálogo de Saberes de la UV. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (1994-2009). Correo electrónico: gaixallapan@gmail.com.

Santiago Mario Vázquez Torres. Licenciatura en Biología por la UNAM. Maestría en Botánica por el Colegio de Posgraduados. Botánico honorario de la Universidad Federico II de Nápoles, Italia, y doctor honoris causa en Ciencias Naturales por la misma universidad. Investigador en el Área de Biología Vegetal del Instituto de Investigaciones Biológicas de la UV. Correo electrónico: savazquez@uv.mx.

Siendo rectora de la Universidad Veracruzana
la doctora Sara Ladrón de Guevara,
AGUA: DIEZ REFLEXIONES EN TORNO A NUESTRO PATRIMONIO NATURAL,
de Gilberto Silva-López (comp.),
se terminó de imprimir en febrero de 2015,
en los talleres de Master Copy S. A. de C. V.
Avenida Coyoacán núm. 1450,
col. Del Valle, del. Benito Juárez, CP 03220,
México, DF, tel. (0155) 55242383.
Los interiores fueron impresos en papel bond blanco de 90 g
y los forros en cartulina sulfatada de 14 pts.
Para su composición se utilizaron tipos Palatino.