

Comunicación breve / Short communication

ESTADO ECOLÓGICO DE RÍOS Y VEGETACIÓN RIBEREÑA EN EL CONTEXTO DE LA NUEVA LEY GENERAL DE AGUAS DE MÉXICO

Mayra MENDOZA CARIÑO^{1*}, Abel QUEVEDO NOLASCO¹, Ángel BRAVO VINAJA², Héctor FLORES MAGDALENO¹, María de Lourdes DE LA ISLA DE BAUER¹, Francisco GAVI REYES¹ y Bertha Patricia ZAMORA MORALES³

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo

² Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí

³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

*Autor de correspondencia: maymc_zaragoza@yahoo.com.mx

(Recibido marzo 2013; aceptado: agosto 2014)

Palabras clave: salud ecológica, vegetación riparia, corredor biológico

RESUMEN

Los ríos son unidades vitales en el funcionamiento de las cuencas que, debido al transporte y a la circulación cíclica del agua, permiten la existencia de los seres vivos. Poseen gran valor ecológico y ambiental dada su influencia sobre otros ecosistemas y los beneficios que proporcionan al hombre, tanto para consumo como para riego y uso en los ámbitos agrícola e industrial. Sin embargo, casi todos los ríos de México presentan algún tipo de deterioro. Alrededor de 73 % de los sistemas acuáticos muestran contaminación, lo que empobrece la salud de estos ecosistemas. El objetivo de este trabajo es proponer que en la formulación de la nueva ley general de aguas se considere la regulación de la vegetación ribereña, pues su influencia en el mantenimiento y en la rehabilitación del estado ecológico de los ríos es fundamental. Se sugiere que la nueva ley contenga una sección de protección ambiental en la que se incluya a la vegetación ribereña como elemento clave para proteger, conservar y restaurar los ríos. Asimismo, que la delimitación de dicha vegetación se apegue a las condiciones naturales de inundación del cauce, con una frecuencia de una vez cada ocho años, de acuerdo con la variabilidad del flujo. Además, su manejo debe tomar en cuenta la reforestación y el mantenimiento de especies vegetales nativas de cada región.

Key words: ecological health, riparian vegetation, biological corridor

ABSTRACT

Rivers are vital units in the functioning of the watersheds that, due to the transportation and circulation of water, allow the existence of life. They are of great ecological and environmental value because of their influence on other ecosystems as well as the benefits they give to humankind, not only in the consumption for irrigation but also in the use in the agricultural and industrial areas. However, almost all the rivers in Mexico show a certain type of deterioration. About 70 % of the aquatic systems shows contamination which diminishes the health of these ecosystems. The objective of this work is to propose that the riparian vegetation should be included in the making of the

new general law of water because its influence on the maintenance and rehabilitation of the ecological state of rivers is fundamental. It has been suggested a new law that contains a section of environmental protection which includes the riparian vegetation as a key element to protect, preserve, and restore rivers. Likewise, the boundaries of this vegetation should be according to the natural conditions of flooding in the bed of the river, with a once-in-every eight years- frequency, according to the variability of flow. In addition, its handling must consider the reforestation and maintenance of native vegetation species in each region.

INTRODUCCIÓN

Los ríos son de gran importancia en el planeta, ya que son esenciales para el funcionamiento de los ecosistemas y de otros sistemas naturales con los que están relacionados dentro de una misma cuenca. El hombre es parte integral del ecosistema-cuenca y se sirve del capital natural para satisfacer sus necesidades. Sin embargo, no sólo se apropia de los bienes materiales de la naturaleza, sino que también altera una infinidad de procesos ecológicos que regulan y mantienen los ecosistemas. Dentro de estos se encuentran los que regulan el clima, los que mantienen la fertilidad de los suelos, los que controlan inundaciones, los que purifican el agua, los que mantienen la biodiversidad y los que otorgan estabilidad a los ecosistemas, entre otros (Daily *et al.* 1997).

En este sentido, la explotación desmedida de los ríos y de otros recursos naturales no sólo procura satisfacer los requerimientos normales de la población, sino también atender las exigencias que demanda el capitalismo. Es decir, busca lograr un “crecimiento económico”, donde la materia prima se entrega sin mayores reservas a la comercialización mercantilista, con lo que se condiciona y pierde el “derecho de autonomía de un país”.

El problema se agudiza cuando los beneficios sólo se reparten en un sector pequeño de la población, dada la distribución inequitativa de la riqueza.

Así, la utilización intensa de los ríos pone en riesgo su integridad ecológica, relacionada con la calidad y el funcionamiento del ecosistema asociado al agua superficial, las condiciones naturales del entorno y las presiones humanas, que los afectan negativamente (Stoddard *et al.* 2006).

Los ríos de México constituyen una red hidrográfica de 633 000 km de longitud y de acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA 2011), en éstos fluyen aproximadamente 399 km³ de agua cada año, cifra que incluye las importaciones de otros países y excluye las exportaciones. Garrido *et al.* (2010) mencionan que 87 % del escurrimiento se presenta

en 39 ríos principales, cuyas cuencas abarcan 58 % del territorio.

De este escurrimiento, 65 % pertenece sólo a siete ríos: Balsas, Coatzacoalcos, Grijalva-USUMACINTA, Pánuco, Papaloapan, Santiago y Tonalá. Éstos ocupan 26 % de la superficie nacional y exhiben diversos tipos de alteración ec hidrológica. El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA 2007) y la World Wildlife Fund (WWF) establecen que los ríos Coatzacoalcos y Blanco de Veracruz, son dos de los más contaminados del país, en especial el segundo, que ha salido en listas a nivel mundial por su alto grado de contaminación (IMTA-WWF 2007).

La CONAGUA (2011) señala que 37.1 % de las aguas residuales municipales y 19.3 % de las industriales generadas en el año 2009 fueron tratadas, mientras que el porcentaje restante se vertió directamente a los sistemas acuáticos.

Según Quiroz *et al.* (2006), numerosos cuerpos de agua se encuentran en condiciones de hipertrofia, como los lagos urbanos Tezozomoc y Xochimilco en el Distrito Federal, el río Lerma y el lago de Chapala (López-Hernández *et al.* 2007), la presa el Jihuite en Jalisco (Flores-López *et al.* 2009), la laguna la Joya-Buenavista en Chiapas, la laguna Bojórquez en Quintana Roo, las presas Valle de Bravo en el estado de México y el río Tula en Hidalgo (Montelongo *et al.* 2008).

Los efectos más visibles de la alteración de la salud de los ecosistemas acuáticos son la pérdida de la calidad del agua, la belleza escénica y la biodiversidad. En este sentido, Vidal y Barrios (2010) mencionan que las 500 especies de peces de agua dulce identificadas en México, equivalen al 60 % de los peces de Norteamérica y al 6 % del total mundial. De este total de especies, 127 ya se extinguieron (75 eran endémicas) y 139 están amenazadas o en peligro de extinción (53 % son endémicas).

Sin embargo, el uso del agua en México no sólo genera problemas ambientales, sino también sociales y económicos pese a existir un instrumento normativo que regula dicho recurso, la Ley de Aguas Nacionales (LAN; CONAGUA 1992). Por todo ello, el sector

académico del país está resuelto a elaborar y presentar ante el Congreso de la Unión de la República Mexicana, una propuesta de ley más integral y eficiente.

El objetivo de este trabajo es que se considere a la vegetación ribereña (VR) en la formulación de la nueva ley general de aguas (LGA), debido a que ésta influye en el mantenimiento y rehabilitación del estado ecológico de los ríos.

Consideramos que la nueva ley debe contener una sección de protección ambiental que incluya a la VR, cuya delimitación se debe apegar a las condiciones naturales de inundación del cauce con frecuencia de una vez cada ocho años, de acuerdo con la variabilidad del flujo. Su manejo debe corresponder a la reforestación y mantenimiento de especies vegetales nativas de la región.

DESARROLLO DEL TEMA

Factores que propician la pérdida del estado ecológico

Según la directiva marco del agua de la Unión Europea (DOCE 2000), el estado ecológico (EE) es una medida de la salud global del sistema acuático, una expresión de la calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas asociados a las aguas superficiales y es evaluado en función de una serie de indicadores biológicos, fisicoquímicos e hidromorfológicos que a su vez están relacionados con las condiciones naturales y en ausencia de presiones humanas. Engloba todas aquellas condiciones que requieren los organismos que habitan en los ecosistemas acuáticos para desarrollar sus funciones vitales, como crecer y reproducirse. Éstas varían en el espacio geográfico y con los factores bióticos y abióticos, lo que explica la diversidad de formas de vida. Si las condiciones del ecosistema cambian por causas de origen antrópico, los organismos sufren modificaciones en cuanto a su estructura, abundancia o apariencia externa, como en el caso de los peces, o desaparecen.

Aunque estos cambios también pueden presentarse en el tiempo, como parte de la evolución natural de un sistema, en este documento se abordan los que ocurren como consecuencia de la presión humana sobre estos hábitats. Así, en la medida en que la fauna y la flora sean “parecidas” a las correspondientes a este tipo de ecosistemas en condiciones naturales, se les puede considerar con buen EE. Si por el contrario, hay alguna alteración, la composición y la estructura de los organismos será afectada y el EE disminuirá.

En este contexto, las actividades humanas tienen impactos negativos directos e indirectos sobre los

ríos. Los primeros se relacionan con la extracción desmedida del caudal, su desviación, represamiento o agotamiento, con la inadecuada operación de obras hidráulicas (Nilsson *et al.* 2005) y con la contaminación a causa de la descarga de aguas residuales municipales e industriales que modifican el volumen, la calidad y la estacionalidad de dichos sistemas (Jones *et al.* 2000). Los segundos se caracterizan por el inadecuado manejo territorial de las cuencas: deforestación, fragmentación de ecosistemas a causa de cambios no planificados en el uso de la tierra, crecimiento urbano y desarrollo de infraestructura carretera, lo que afecta negativamente la cantidad y la calidad de agua disponible (Rosenberg *et al.* 2000).

No debe olvidarse que todo lo anterior obedece a una racionalidad que considera a las cuencas y a sus recursos naturales como objetos de libre apropiación con fines mercantilistas. En esta racionalidad las actividades humanas se realizan en el país dentro de un marco legal que poco atiende a las necesidades naturales de estos ecosistemas y de la misma sociedad.

Es decir, la LAN considera a los ríos sólo como corrientes de agua natural y no como fuente y soporte de múltiples formas de vida, por lo que su regulación se fundamenta en la administración, control y planificación del aprovechamiento del agua, conforme ciertos usos. Al omitir esta ley aquellos aspectos relativos con la protección, la conservación y el manejo regulado de dichos ecosistemas, permite que su integridad ecológica esté expuesta al impacto de las actividades humanas. A fin de que esto no continúe, es necesario crear una sección de protección ambiental en la ley, en la cual se establezca con claridad cómo cuidar la salud de estos sistemas.

Función de la vegetación ribereña en el estado ecológico de los ríos

La franja ribereña es una zona de transición entre los hábitats fluviales y terrestres, es una larga franja de vegetación adyacente a riachuelos, ríos, lagos y embalses que incluye bancos y pantanos dentro de la llanura de inundación. Su existencia es vital para la salud de cualquier sistema acuático, ya que genera amplios beneficios, como mantener la calidad del agua al frenar su eutrofización a causa de los contaminantes que arrastra el escurrimiento superficial de zonas urbanas y agrícolas. Es decir, es un filtro de la contaminación difusa.

Mander *et al.* (2005) consideran que el sistema radicular de la VR aumenta la rugosidad de la superficie, lo que favorece la infiltración y retiene sedimentos, contaminantes y nutrimentos. Aunque Vigiak *et al.* (2007) estiman que la retención de sedimentos es

mayor que la de los contaminantes, debido a que las partículas de los sedimentos son más finas y por lo tanto, se facilita su adherencia a la superficie. Los contaminantes disueltos, son los que se retienen menos. Por su parte, Cecon (2003) estima que 85 % del fósforo disponible de los escurrimientos superficiales se adhiere a las partículas del suelo, mientras que el 25 % del nitrógeno se asimila en el crecimiento de árboles y otras plantas, además de que se puede almacenar por largos periodos.

Algunos estudios muestran que 80 % del nitrógeno de los escurrimientos superficiales se reduce después de pasar un bosque ribereño. De esta manera, la creación de corredores vegetales a lo largo de los ríos es uno de los medios que permiten restaurar la calidad de las aguas superficiales (Greer 1978).

La VR también reduce la energía del flujo de agua, evita la erosión del suelo y fortalece los bancos de las orillas del cauce. Actúa como un agente transformador cuando los procesos químicos y biológicos cambian la composición de los nutrientes. Por ejemplo, como cuando las bacterias de esta zona descomponen los residuos de pesticidas y los transforman en componentes no tóxicos y otras formas biodegradables.

Además de la protección al agua, el bosque ripario concede una variedad de servicios a la vida silvestre local, como abundantes y diversos recursos alimenticios a la comunidad animal, por lo que es la base de la cadena alimenticia de los cuerpos de agua. El material orgánico que proviene del mantillo (hojas y ramas caídas en descomposición) se transporta al cuerpo de agua a partir de la vegetación marginal y constituye el suministro energético más importante sobre la producción autóctona de los ríos (Cecon 2003).

La madera que flota, producto de árboles muertos, desacelera el flujo de la corriente y crea hábitats para ciertos peces, al formar lagunas y espacios encrespados de agua en medio de la corriente, los cuales se convierten en áreas de desove, crianza y refugio en veranos secos e inviernos muy fríos. Por su parte, los árboles controlan el flujo de radiación lumínica que llega al lecho de los ríos, mediante la sombra que proyecta sobre el curso del agua, lo que limita la producción autóctona y modifica el microclima del río (Guevara *et al.* 2008).

La VR ofrece un espacio de reposo para la fauna silvestre local y migrante, pues ahí puede anidar, alimentarse, moverse o refugiarse. Incluso, puede albergar a especies depredadoras de roedores o insectos de zonas agrícolas o a especies endémicas. Entre otros beneficios se encuentran el suministro de alimento a seres humanos, la generación de ingresos

agrícolas a través de los productos cosechados, la captura de dióxido de carbono que contribuye a reducir los gases de efecto invernadero y la diversificación del paisaje (Naiman *et al.* 2005).

Sin embargo, existe cierta incertidumbre sobre la amplitud óptima de la franja ribereña para maximizar su funcionalidad. En condiciones naturales, ésta depende de la geomorfología del canal y del valle, mismos que varían en la longitud del río. En las cabeceras, los valles se confinan (muestran forma de “V”) y la dimensión lateral del canal que presenta influencia fluvial es pequeña, la cual se ensancha progresivamente conforme avanza la trayectoria del río, es decir, en valles confinados se puede estimar en 5 m, en valles semi-abiertos 10-15 m y en abiertos \pm 50 m (González y García 2006). Sin embargo, el desbordamiento lateral del canal hacia la zona de inundación se asocia con las fluctuaciones del nivel del agua del río, es decir con el régimen de variabilidad de los escurrimientos. González y García (2006) comentan que esta conectividad lateral es importante durante el crecimiento y la recesión de una inundación pues se transfieren sedimentos, nutrientes y biota. Thoms (2003) añade que la liberación de carbón orgánico disuelto y nutrientes, desde la superficie de sedimentos y su transporte de regreso al río, constituye una importante fuente de energía para los organismos acuáticos, por lo que se considera la base del alimento en los sistemas lóticos. Poole (2002) menciona que la energía cinética del agua juega un papel importante al moldear el área, causar erosión y colocar y remover sedimentos de diferente índole, lo que genera nuevos hábitats para la gran heterogeneidad de formas vegetativas.

Con el fin de determinar el ancho óptimo necesario para elevar la riqueza de especies y para retener nutrientes de los campos agrícolas, Spackman y Hugh (1995) estiman que el mantenimiento del 90 % de especies vegetales y del 90 % de especies de aves requiere de 10-30 m y de 75-175 m, respectivamente. Granados *et al.* (2006) consideran que para retener 50 % de nitrógeno y 95 % de fósforo de las áreas agrícolas, son suficientes 16 m. Otros científicos enfatizan que el ancho mínimo aceptable para el buen funcionamiento del bosque ripario es de 30 m. Sin embargo, si se requiere mayor oferta de beneficios significativos para la vida silvestre y la biodiversidad, son necesarios desde 100 m hasta la amplitud de la zona inundable cada 10 años, cualquiera que ésta sea (Barton *et al.* 1985).

En el tenor de las necesidades naturales de estos ecosistemas, González y García (2006) señalan que

la anchura óptima se reconoce como la zona lateral al canal que se inunda sin restricciones, con la periodicidad de una vez cada 2-8 años (de acuerdo con la variabilidad del régimen de flujo). Una amplitud intermedia (menor a óptima) corresponde a aquella que se inunda una vez cada 10 años o bien cuando las restricciones obedecen a la regulación del flujo, dragados o incisiones del canal. Amplitudes deficientes se observan cuando los bancos están levantados por estructuras ingenieriles y los desbordamientos ocurren una vez cada 25-30 años. Estrela (1994) coincide con lo anterior al explicar que las inundaciones ordinarias incluyen los flujos máximos anuales, cuyo periodo de retorno en ríos permanentes y con regímenes de flujo regulares oscila entre 1.5-2 años. Mientras que en ríos de temporal, con más variabilidad en el régimen del flujo y de regiones semiáridas, es entre 5-8 años.

Por todo lo anterior, la VR constituye una unidad biológica que permite evaluar los efectos de cambios que ocurren y permanecen en el tiempo, ya que su supervivencia, biodiversidad y productividad dependen de la geomorfología del sistema y de la dinámica fluvial. En conjunto estos atributos regulan los intercambios ecológicos en la zona de transición acuática-terrestre, por lo que la VR se convierte en un elemento clave del paisaje y de la ecología y entorno de los ríos. De acuerdo con Granados *et al.* (2006) en México alrededor del 16 % de la tierra está sujeta a inundaciones periódicas, razón por la cual se considera como parte de ecosistemas riparios o con cierta semejanza a ellos. Aunque más del 70 % de esta área se convirtió en urbana y agrícola o está inundada por reservorios, cerca del 2 % permanece como ecosistema ripario natural. De aquí la necesidad de crear un instrumento normativo que cuide la existencia y funcionalidad de estos bosques ribereños, así como su rehabilitación en beneficio del EE de los ríos.

PROPUESTA

La nueva LGA debe contener una sección de protección ambiental de los ecosistemas acuáticos, donde se incluya el concepto “estado ecológico de los ríos”, que se define como sigue:

Es el valor promedio de la calidad del agua, las variables hidromorfológicas del cauce y la presencia y desarrollo de especies de flora y fauna que coexisten en condiciones naturales en el sistema o bajo las menores presiones humanas. Es decir, una medida global de la composición, de la estructura y del funcionamiento del ecosistema acuático libre

de la influencia del hombre o, bien, en equilibrio con la sociedad que depende de sus recursos para poder sobrevivir.

En dicha sección, se debe incluir a la VR como un elemento clave para proteger, conservar y restaurar la salud de los ríos, porque es una unidad biológica que permite evaluar los efectos de cambios que ocurren y permanecen en el tiempo, ya que su supervivencia, biodiversidad y productividad dependen de la geomorfología del sistema y de la dinámica fluvial. Es decir la VR, como comunidad biológica, representa la película de lo que ha sucedido durante cierto tiempo hasta la fecha (Alonso y Camargo 2005), cuya evaluación constituye la mejor opción para conocer el EE de un río. Por tal motivo, dicha sección debe contener los siguientes apartados:

I. Conservar la vegetación natural y la cobertura de los estratos herbáceo, arbustivo y arbóreo, así como de aquellas plantas de la zona riparia cuyas raíces y parte inferior está bajo el agua. Se debe dar preferencia a la vegetación nativa sobre la inducida, aunque haya compatibilidad entre ambas.

II. Prohibir la extracción de especies endémicas o en categoría de riesgo, de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010) y de aquéllas cuya presencia se relacione con especies de fauna que se encuentren en los mismos supuestos.

III. De las actividades humanas dentro y adyacentes al corredor ripario, así como cambios de uso de suelo:

III.1 Limitar con normatividad incluyente todo tipo de actividad en la franja riparia (El término incluyente se refiere a la participación de expertos y en especial de la sociedad involucrada, donde se sumen los criterios para que el uso del recurso se haga de manera sustentable).

III.2 Delimitar las actividades y cambios de uso de suelo adyacente a la zona ribereña que puedan comprometer el desarrollo y la regeneración de la vegetación, la topografía del área inundable y en general la funcionalidad del corredor ripario.

III.3 Evitar la edificación en general y en especial de unidades habitacionales. En caso de existir asentamientos humanos, las descargas se deben canalizar a humedales artificiales para un pretratamiento, antes de verterlos al río.

Si se presentan, deben:

III.3.1 Respetar la longitud y la anchura total de la franja ribereña, la cual corresponde a las condiciones naturales de inundación del cauce. En caso de no ser posible,

III.3.2 Mantener el ancho que se inunde con la frecuencia mínima de una vez cada ocho años o bien, de acuerdo con la variabilidad del flujo que debe contener el promedio del flujo máximo anual o

III.3.3 Conservar al menos 50 % de la amplitud promedio con respecto al ancho inundable, al menos una vez cada ocho años o de acuerdo con su régimen de flujo para asegurar la funcionalidad del corredor.

III.3.4 Cuando por producto de una actividad o cambio de uso de suelo se altere la composición, la cobertura y la continuidad del bosque ripario, así como las márgenes de los ríos, se debe reforestar con especies nativas de la región.

III.3.4.1 En caso de obras hidráulicas y de carreteras, evitar el uso de concreto u otros materiales para estabilizar los bancos de los ríos que impidan el desarrollo y la regeneración de las plantas. Reforestar con especies nativas.

III.3.5 La regulación del flujo de los ríos se debe hacer con mínimas restricciones para inundar la franja ribereña, conforme los puntos III.3.1 – III.3.4.

IV. Del resguardo de las zonas ribereñas

IV.1 Decretar el estudio de diagnóstico de calidad de la vegetación ribereña en los ríos del país (desde arroyos hasta grandes ríos), mismo que puede ser una de las metas a realizarse en el Plan Hídrico Nacional 2012-2018 y puede llevarse a cabo en colaboración con las instituciones de educación superior y de investigación del país.

IV.1.1 Éstas a su vez pueden proponer y ejecutar medidas para conservar, proteger, rehabilitar y remediar la zona ribereña, según la situación que presente.

IV.1.2 El gobierno, la academia, los municipios y la ciudadanía deben ser incluidos en las acciones del punto anterior.

IV.2 Realizar el levantamiento detallado de la cobertura vegetal ribereña [escala 1:20 000, conforme a los lineamientos de la NOM-023-SEMARNAT-2001 (SEMARNAT 2001)] y su seguimiento cada dos años, con el fin de monitorear las medidas de conservación, protección, rehabilitación y remediación de los ríos.

DISCUSIÓN

La zona ribereña es un ecotono de alta diversidad biológica, con un funcionamiento complejo debido a su posición entre los sistemas acuático y terrestre, que ofrece múltiples servicios ambientales. Como parte de estos están la estabilización de los cauces de los arroyos, la reducción de la descarga de productos químicos presentes en los escurrimientos de tierras altas, el mantener la temperatura del agua y

mejorar su nivel de oxígeno disuelto y la protección de los recursos acuáticos y su flora y fauna asociadas. Aunado a lo anterior, la VR es uno de los factores biológicos de gran significado en las cuencas hidrográficas, pues tiene especial incidencia en el régimen hidrológico de las aguas superficiales (al intervenir en el circuito general del agua como factor de atenuación y regulación natural), adicionalmente ayuda a mitigar los impactos que se producen en las cuencas por los usos del suelo, favorece el mosaico paisajístico e interviene en los procesos que ocurren en el ecosistema-cuenca a múltiples escalas del tiempo y del espacio (Primack *et al.* 2001).

No obstante su correspondencia ambiental con los ecosistemas adyacentes y su importancia en el contexto de la cuenca, este componente se explota intensivamente debido a su proximidad con el agua y a su productividad para el pastoreo y la agricultura. En ese sentido la VR constituye uno de los elementos clave en el funcionamiento de una cuenca, el cual no debe tratarse en forma aislada sino como parte de un todo en el manejo integral de la misma, donde cada una de ellas representa un caso especial.

Sin embargo, hablar del complejo ecosistema-cuenca, para luego desmenuzar cada una de sus partes, excede los límites de este trabajo. Este documento parte de dos conceptos técnicos: VR y EE de los ríos, los cuales se deben considerar en el manejo integral de los ecosistemas-cuenca. Se aportan elementos para la formulación de la nueva LGA. Las disposiciones de esta ley permitirán proteger, conservar y rehabilitar la VR en beneficio del EE de los ríos y de las comunidades ribereñas (incisos III.1 y III.2), ya que también se promueve el uso sustentable de este recurso. Es necesario que exista la armonía entre lo que se usa y lo que se devuelve al medio, para mantener un equilibrio dinámico y una dinámica en equilibrio.

CONCLUSIONES

Debido a que los ríos son fuente de vida y promotores del desarrollo de la sociedad, es necesario evaluar y monitorear su estado ecológico. Ello a través de una metodología estándar, que se contemple dentro del marco legal mexicano y que considere aquellos componentes biológicos que están relacionados con los ríos, como es la vegetación ribereña. La nueva ley general de aguas de México, al adoptar la propuesta de este trabajo, garantizaría el mantenimiento y la rehabilitación de las franjas riparias que son unidades clave del estado ecológico de los ríos debido a que: i) actúan como filtro de los sedimentos y de los contaminantes

que son arrastrados por los escurrimientos que provienen de las zonas agrícolas, urbanas y rurales, ii) son la base de la cadena alimenticia de los sistemas acuáticos, iii) proveen sitios de resguardo y de reproducción para peces y otras especies acuáticas, condiciones que en conjunto propician un ambiente óptimo para su supervivencia y iv) influyen en el régimen hidrológico del agua superficial en la cuenca. De esta forma la nueva ley se tornaría más eficaz al procurar la cantidad y la calidad del agua de los ríos, pese a las actividades humanas. También, la ley introduciría una nueva percepción de los ríos, no sólo como portadores de agua sino como los primeros usuarios de dicho recurso ya que sostienen diversas formas de vida acuática y terrestre, a la vez que permiten el óptimo desarrollo de los ecosistemas que integran.

Es necesario fomentar la participación activa de los habitantes ribereños con programas de educación holística y de preferencia pragmáticos, con énfasis en la concientización local y global. La idea de estos programas sociales es que sirvan para combatir las causas con propuestas más integrales y prácticas sobre los riegos de ignorar el estado ecológico de los ríos, donde cada uno es un caso particular.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de posgrado otorgada al primer autor. A Jorge Alvarado López, Andrea Valtierra Chaparro y a los revisores anónimos, por sus comentarios y sugerencias, las cuales contribuyeron sustancialmente a elevar la calidad de este documento.

REFERENCIAS

- Alonso A. y Camargo J.A. (2005). Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas* 3, 1-12. [en línea]. <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/432> 10/06/2012.
- Barton D.R., Taylor W.D. y Biette R.M. (1985). Dimensions of riparian buffer strips required to maintain trout habita in southern Ontario streams. *North Am. J. Fish. Manage.* 5, 364-378.
- Ceccon E. (2003). Los bosques ribereños y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. *Ciencias* 72, 46-53.
- CONAGUA (1992). Ley de Aguas Nacionales. Comisión Nacional del Agua. Diario Oficial de la Federación. 01 de diciembre de 1992. México [en línea]. http://www.normateca.gob.mx/Archivos/50_D_2773_19-08-2011.pdf 01/10/2012.
- CONAGUA (2011). Estadísticas del agua en México. Comisión Nacional del Agua. Compendio informativo. México, D. F. 132 pp. [en línea]. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/EAM2011.pdf> 10/02/2013
- Daily G., Alexander S., Ehrlich P., Goulder L., Lubchenco J., Matson P., Mooney H., Postel S., Schneider S., Tilman D. y Woodwell G. (1997). Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology* 2, 1-16.
- DOCE (2000). Directiva 2000/60/CE. Norma del parlamento europeo y del consejo de la Unión Europea. Por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas. Diario Oficial L 327. 22 de Diciembre de 2000.
- Estrela T. (1994). Asistencia técnica para la ordenación de cauces y márgenes inundables: informe parcial sobre aspectos prácticos de la definición de la máxima crecida ordinaria. Centro de Estudios Hidrográficos. Madrid, España. 49 pp.
- Flores-López H.E., Carrillo-González R., Francisco-Nicolás N., Hidalgo-Moreno C., Ruiz-Corral J.A., Casteñeda-Villanueva A.A. y Velazco-Nuño R. (2009). Aportes de nitrógeno y fósforo de tres sistemas agrícolas de la cuenca hidrográfica "El Jihuete" en Jalisco, México. *Agrociencia* 43, 659-669.
- Garrido P.A., Cuevas M.L., Cotler H., González D.I. y Tharme R. (2010). Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México. *Investigación Ambiental* 2, 25-45.
- González T.M. y García J.D. (2006). Attributes for assessing the environmental quality of riparian zones. *Limnetica* 25, 389-402.
- Granados S.D., Hernández G.M.Á. y López R.G.F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12, 55-69.
- Guevara G., Reinoso G., García J.E., Franco L.M., García L.J., Yara D.C., Briñez N., Ocampo M., Quintana M.I., Pava D.Y., Flórez N.Y., Ávila M.F., Hernández E.E., Lozano L.A., Guapucal M., Borrero D.A. y Olaya E.J. (2008). Aportes para el análisis de ecosistemas fluviales: una visión desde ambientes ribereños. *Revista Tumbaga* 3, 109-127.
- IMTA-WWF/FGRA – PHI/UNESCO-SEMARNAT (2007). Requerimientos para implementar el caudal ambiental en México. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua-World Wide Fund / Fundación Gonzalo Río Arronte - Programa Hidrológico Internacional /

- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Morelos, México. 36 pp.
- Jones J.A., Swanson F.J., Wemple B.C. y Snyder K.U. (2000). Effects of roads on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks. *Conserv. Biol.* 14, 76-85.
- López-Hernández M., Ramos-Espinosa M.G. y Carranza-Fraser J. (2007). Análisis multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y lago de Chapala, México. *Hidrobiológica* 17, 17-30.
- Mander U., Kuusemets V. y Hayakawa Y. (2005). Purification processes, ecological functions, planning and design of buffer zones in agricultural watersheds. *Ecological Engineering* 24, 421-432.
- Montelongo C.R., Gordillo M.A.J., Otazo S.E.M., Villagómez I.J.R., Acevedo S.O.A. y Prieto G.F. (2008). Modelación de la calidad del agua del río Tula, estado de Hidalgo, México. *Dyna* 154, 5-18.
- Naiman R.J., Décamps H. y McClain M.E. (2005). Riparia: ecology, conservation, and management of streamside communities. Academic Press. San Diego, California, EUA. 430 pp.
- Nilsson C., Reidy C.A., Dynesius E. y Revenga C. (2005). Fragmentation and flow regulation of the world's large river systems. *Science* 308, 405-408.
- Poole G.C. (2002). Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. *Freshwat. Biol.* 47, 641-660.
- Primack R., Rozzi R., Feinsinger P. y Massardo F. (2001). Destrucción y degradación del Hábitat En: Fundamentos de conservación biológica: Perspectivas latinoamericanas. (R. Primack, Ed.). Fondo de Cultura Económica. México. Pp.183-212.
- Quiroz C.H., Mora L.M.Z., Astudillo I.M. y García J.R. (2004). Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el lago de Chapala, Jalisco, México. *Acta Universitaria* 14, 47-58.
- Rosenberg D.M., McCully P. y Pringle C.M. (2000). Global-scale environmental effects of hydrological alterations: Introduction. *BioScience* 50, 746-751.
- SEMARNAT (2001). Norma Oficial Mexicana NOM-023-SEMARNAT-2001. Que establece las especificaciones técnicas que deberá contener la cartografía y la clasificación para la elaboración de los inventarios de suelos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 01 de diciembre de 2001.
- SEMARNAT (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. 30 de diciembre de 2010.
- Stoddard J.L., Larse D.P., Hawkins C.P., Jonson R.K. y Norris R.H. (2006). Setting expectations for the ecological conditions of streams: the concept of reference condition. *Ecological Applications* 16, 1267-1276.
- Thoms M.C. (2003). Flood-plain river ecosystems: lateral connections and the implications of human interference. *Geomorphology* 56, 335-349.
- Vidal O. y Barrios E. (2010). Crisis del agua vs. Caudal ecológico. [en línea]. http://www.wwf.org.mx/noticias/noticias_agua.cfm?208538/crisis-del-agua-vs-caudal-ecologico 17/10/2014.
- Vigiak O., Ribolzi O., Pierret A., Valentin C., Sengtaheuanghoung O. y Noble A. (2007). Filtrado de los agentes contaminantes del agua por la vegetación ribereña: comparación del bambú con las pasturas nativas y el arroz en una cuenca en la República Democrática Popular Lao. *Unasyuva* 58, 11-16.