

La vida en las aguas continentales

Luis Zambrano



No podemos pasar por alto a los organismos de lagos y ríos en los planes de manejo y mantenimiento de los recursos acuáticos; resulta impostergable generar prácticas de conservación para que los cuerpos de agua tengan una vida útil para el ser humano.

Introducción

En la sociedad occidental el agua se percibe como un recurso no renovable útil para diferentes actividades, como el consumo humano e industrial o para la agricultura. Los cuerpos de agua continentales también son vistos como medio de comunicación entre ciudades o países por medio de barcos. En el peor de los casos, los recursos acuáticos son usados como desagües para deshacerse de contaminantes.

La preocupación por la disminución del recurso agua, que recientemente se ha hecho presente en el ánimo de la sociedad, está dirigida precisamente a los problemas que se suscitarían en nuestra civilización si no contáramos con el vital líquido. Sin embargo, en raras ocasiones se piensa que los ríos y los lagos son también el hábitat de una gran diversidad de organismos acuáticos.

Hay muchas razones por las que rara vez pensamos en las plantas y animales que viven en los sistemas acuáticos. Una es que el agua es un elemento vital para la vida humana, y como consecuencia entramos en competencia con los organismos que viven en ella. Otra razón puede ser que la popularidad de las peceras y acuarios, donde se encierra a los organismos más vistosos del medio acuático, haya generado un efecto contrario al esperado. El sentido común sugiere que los zoológicos y los acuarios educan a la población, fomentando la importancia de la conservación en el ánimo colectivo. Sin embargo, a diferencia de los animales de los

zoológicos, los acuarios pueden montarse en domicilios particulares, y por tanto su decoración deja de ser similar a su hábitat natural, con lo que la función del acuario pasa a ser únicamente estética y artificial. El ver a un animal como adorno dentro de un tanque reduce las posibilidades de considerarlo como bandera para su conservación o la de su hábitat. Además, los organismos en las peceras son muy distintos a sus hermanos del medio natural, donde es prácticamente imposible ver a los organismos que se encuentran dentro del agua.

El entendimiento de un sistema como hábitat de muchas especies surge en gran medida del hecho de poder ver a dichas especies en tal hábitat. Cuando uno visita la selva, la exuberancia de los árboles transmite el sentimiento de vida dentro de ésta. En la selva, fijándose muy poco, uno se encuentra con insectos de todo tipo, y con un poco de suerte logra observar lagartijas, sapos o hasta pequeños mamíferos. Fijándose más, se verán aves y quizá algún mamífero grande, como un mono. Esto ha ayudado a que la humanidad comprenda que la selva es el hogar de muchas especies, y que es muy importante conservarla. No sucede así con los sistemas acuáticos, donde con fortuna, en un sistema turbio (como son la mayoría de los sistemas acuáticos mexicanos) uno verá alguna planta emergente o un lirio flotante (que por lo general se consideran una plaga).

La gente se sorprende cuando se entera de que Xochimilco tiene organismos vivos. Quizá se les hace extraño que pueda contener vida un sistema acuático en medio de la ciudad más grande del mundo, con agua turbia y muy contaminada, invadida por el turismo, con mariachis, quesadillas y alcohol. No sólo eso: más extraño les parece que todavía contenga vida nativa y endémica de México. La razón de esta sorpresa es que los organismos no son visibles.

Xochimilco cuenta con una gran diversidad de organismos de todo tipo, y si un sistema acuático tan alterado por el ser humano como éste puede ser hábitat de una muy amplia variedad de especies, imaginemos lo que pueden tener lugares con menos perturbación.

Para entender cuáles son los tipos de organismos que se encuentran dentro de los sistemas acuáticos, a



Ajolotes de Xochimilco (foto: Carmen Loyola).



Pez de agua dulce en cenote de Tulum (foto: Thomas DeWitt).

continuación presentamos una breve descripción de los más característicos.

Organismos no visibles que viven en ríos y lagos

Hay una gran variedad de organismos que no se pueden ver a simple vista dentro del agua, puesto que son microscópicos, pero tienen un papel fundamental en hacer del sistema acuático un lugar habitable para el resto de las especies.

Dentro de este tipo de organismos se encuentra el fitoplancton (comúnmente conocidos como algas) y el zooplancton (entre los que figuran también pulgas de agua, que sirve de alimento para peces en los acuarios). Por otra parte, existen diversos organismos macroscópicos que tampoco pueden verse a simple vista, ya sea porque están enterrados en el fondo de los lagos (llamados organismos bentónicos) o se encuentran dentro de otros organismos, porque son parásitos de los vertebrados. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de estos grupos.

a) *Fitoplancton*: es el causante de que el agua se vea verde en un lago o en un río. Son células de algas, o colonias de esas células, que flotan libremente en el agua. Como cualquier planta, estos organismos necesitan de recursos

para hacer la fotosíntesis, así como de nitrógeno y fósforo para sobrevivir y multiplicarse. Puesto que flotan cerca de la superficie, la luz rara vez se convierte en un recurso limitante, a menos que el agua sea muy turbia. A diferencia de las plantas, el fitoplancton no cuenta con estructuras duras y difíciles de producir (tallos, hojas, raíces), por lo que su capacidad de reproducción es muy rápida: sólo se enfoca en duplicar las células que hacen la fotosíntesis. Esta velocidad de reproducción hace que las células de fitoplancton sean capaces de cambiar el color del agua de un lago de transparente a verde en pocos días, e incluso en horas. Entre más verde es un lago, más fitoplancton tiene, lo cual puede verse como una ventaja (ya que se considera que puede dar más energía para productividad y diversidad, lo cual no necesariamente es cierto, como veremos más adelante) o desventaja (pues se considera que entre más verde un lago está más *eutroficado*, sinónimo de contaminado para muchas personas). El fitoplancton es una de las bases de la cadena alimentaria en los cuerpos de agua, y como tal es fundamental comprenderlo no sólo en su diversidad, sino también en su capacidad productiva dentro del ecosistema.

b) *Zooplancton*: los primeros en consumir el fitoplancton son organismos que viven en la columna de agua y componen al zooplancton. La gran mayoría de estos organismos sólo se pueden ver bajo el microscopio, pero los más grandes (aquellos que se venden en las tiendas de mascotas como alimento de peces, de color rojo-anaranjado) se perciben a simple vista. Un primer grupo de zooplancton son los *protozoarios*, organismos unicelulares que son los componentes menos abundantes, tanto en número como en biomasa, de esta comunidad. Los grupos más importantes de zooplancton en ríos y lagos son los *rotíferos*, los *cladóceros* y los *copépodos*. Los rotíferos pertenecen al grupo de los asquelmintos (un tipo de gusanos), y por lo general son el grupo de tamaño más pequeño entre los tres mencionados. Los otros dos (cladóceros y copépodos) son crustáceos, es decir parientes cercanos de los camarones. Los cladóceros son quizá los más famosos, pues son los que se venden como comida viva para los peces con el nombre de “pulgas de agua”. Estos organismos se alimentan de fitoplancton, y por lo general son la bisagra más importante entre la producción primaria (las algas) y los consumidores mayores (los peces). Finalmente los copépodos son en su mayoría carnívoros. Se alimentan de otros miembros de la comunidad zooplanctónica, formando una cadena alimenticia microscópica en la colum-



Foto: Carmen Loyola

na de agua. Aun siendo pequeños, este tipo de organismos desarrollan dinámicas de depredación interesantes, puesto que son capaces de seleccionar el tipo de alimento, y pueden modificar la estructura de la comunidad de fitoplancton.

c) *Bentos*: de la columna de agua pasamos al fondo del cuerpo acuático. A los animales que viven sobre o dentro del sedimento del río o del lago se les denomina *bentos*. Los tipos de organismos bentónicos son muy variados: pueden ser unicelulares, como bacterias y protozoarios; esponjas de agua dulce, gusanos planos como los platelmintos, gusanos típicos como las sanguijuelas, ostrácodos (que son crustáceos encerrados en dos conchas, a manera de ostra microscópica), decápodos como los acociles, moluscos como los caracoles, e insectos de todo tipo, desde larvas de mosquitos y de libélulas hasta escarabajos acuáticos. Puesto que sus formas son muy variadas, este tipo de organismos se alimenta de toda clase de fuente de energía: algunos comen detritus, otros plantas, otros son depredadores y las sanguijuelas consumen la sangre de algunos vertebrados. Los organismos bentónicos son parte importante en la reincorporación al ciclo trófico de la materia que muere en la columna de agua. En particular las bacterias son buenas para descomponer materia orgánica; parte fundamental del reciclaje de energía se lleva a cabo en el bentos por medio de este tipo de organismos.

d) *Parásitos*: son el otro tipo de organismos que no pueden verse a simple vista porque se encuentran escondidos, son los parásitos acuáticos. En este grupo se encuentran animales que se incrustan en la piel o en las agallas de peces y algunos anfibios como crustáceos y ácaros. Otro tipo de parásitos se alojan en el intestino de peces y ranas, como los helmintos, unos gusanos parientes de la “solitaria” que afecta al ser humano. Los hongos, como los chitidrios, son parásitos que afectan específicamente la piel de todos los anfibios. Recientemente la preocupación por la infección de este tipo de hongos ha aumentado, pues la enfermedad afecta a todos los anfibios alrededor del mundo. Es quizá la amenaza más grande (y hay muchas) a la que se enfrentan hoy muchas especies de anfibios. Sin embargo, no todos los parásitos generan malas noticias dentro de los sistemas. Muchos de ellos necesitan de varios hospederos para completar su ciclo de vida. Por ejemplo, un helminto puede necesitar de un copépodo, un ave o un pez para desarrollar toda su vida y poder reproducirse. Por tanto, estos parásitos son indicadores de la salud del sistema, pues de faltar uno



Rana cercana a un humedal en la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (foto: Sam Mecham).

de esos elementos no puede sobrevivir. Contrario a lo que se piensa, el que los peces de un lago o un río no tengan un solo parásito helminto sugiere que este sistema está en muy mal estado.

Organismos visibles que viven en ríos y lagos

Calificar a los siguientes organismos como “visibles” es muy relativo. Más bien son organismos conspicuos, pues aun cuando son de tamaño grande, casi nunca es posible



Ninfa en humedal de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an (foto: Laboratorio de Restauración Ecológica).



Rana arborícola cercana a cenote (foto: Thomas DeWitt).

verlos desde afuera del agua. Es más difícil detectarlos en sistemas turbios, y en la gran mayoría de casos podemos ver sólo parte de ellos (como las plantas emergentes) o las corrientes que forman al nadar (como los cardúmenes de peces). En ocasiones las cabezas de algunos peces o anfibios se pueden detectar cuando salen a boquear o por alimento. Aun así, por ser los organismos de mayor tamaño, son los que la mayoría de personas conoce gracias a los acuarios.

a) *Algas y plantas*: los productores primarios macroscópicos, como algas y plantas, están entre los organismos más visibles dentro de ríos y lagos. A este tipo de organismos también se les conoce como *macrofitas*. Las algas, por ejemplo, son la principal causa de que las piedras de los ríos se pongan verdosas y la gente se resbale al intentar cruzarlos. Algunas algas han generado estructuras suficientemente fuertes como para soportar las corrientes de agua. En los lagos, a las macrofitas se les puede clasificar por su forma y por el lugar que ocupan dentro

del mismo. Así, tenemos a las *sumergidas* (pueden ser algas o plantas) que nunca llegan a la superficie. Este tipo de macrofitas son muy apreciadas para los manejadores de lagos, porque indican que el agua es transparente y, por tanto, de buena calidad. Las plantas *emergentes* son las que se encuentran en los márgenes del cuerpo de agua. Los pastos altos donde se esconden los cazadores de patos son un ejemplo característico de este tipo de plantas. Finalmente están las plantas *flotadoras*, como el lirio o la lentejilla. Este tipo de plantas pueden ser muy agresivas para el sistema, porque pueden reproducirse a gran velocidad y en poco tiempo cubrir toda la superficie de un lago, dejando en completa oscuridad a todos los organismos que viven dentro del agua.

En general las macrofitas son grandes generadoras de diversidad espacial dentro de los cuerpos de agua, lo cual se debe a su capacidad para modificar el espacio dentro de un río o un lago. En comparación con un sistema terrestre, un lago sin plantas podría parecerse a un desierto, mientras un lago con plantas se parecería más a un bosque. Esta heterogeneidad implica que existan sitios para esconderse de los depredadores; también aumenta el sustrato en donde poner huevos, circular o alimentarse. En resumen, las macrofitas dentro de los lagos no sólo son productores primarios, base de la cadena trófica, sino que también hacen que un río o un lago tenga estructura espacial diferente, lo que aumenta la posibilidad para otras especies de sobrevivir y reproducirse.

b) *Peces*: son los organismos más conocidos dentro de los sistemas acuáticos. Sin embargo, la gran mayoría de personas considera que los peces son grandes organismos como los que se aglomeran en el lago de Chapultepec para recibir pan de los paseantes dominicales, o los famosos peces dorados típicos de las peceras. Pero estos ejemplos están muy alejados del tipo de peces nativos de México. Poco conocidos aquí, pero apreciados en muchos países europeos, los *godeidos* (una familia que prácticamente es exclusiva de nuestro país) es uno de los grupos más representativos de la cuenca central de México. Muchos de ellos han logrado sobrevivir a las condiciones tan perturbadas que el río Lerma les impone, pero actualmente la gran mayoría está en peligro de extinción. Además de éstos, otros peces, llamados *cíclidos* y *poecílidos* (un poco más conocidos por los acuaristas) son también parte fundamental de la ictiofauna (fauna de peces) mexicana.

Algunos lagos son propicios para la diversidad de estos organismos. Por ejemplo, hay lagos en la Península de Yucatán que cuentan con cuatro diferentes especies de peces que única-

mente se encuentran ahí. Estas especies no están en peligro de extinción, pero hay otros casos más tristes, como el de *Zoogoneticus tequila*, una especie que solía vivir sólo en un manantial en Jalisco y que desde hace unos años se considera extinta, puesto que el manantial se convirtió en balneario y se introdujeron otras especies de peces.

Los peces tienen funciones ecológicas muy diversas dentro de los ríos y lagos, debido a que ocupan todo el espectro dentro de la red trófica. Esto es, algunas especies pueden comer fitoplancton; otras, zooplancton; algunas, plantas; otras, larvas de insectos; otras más, peces, en tanto que otras pueden comer todo lo anterior. Esto convierte a los peces en uno de los grupos más importantes para mantener la estructura de la pirámide trófica de un río o lago.

c) *Anfibios y reptiles*: son pocas las especies de anfibios y reptiles que viven enteramente dentro de los cuerpos de agua de un río o lago. Sin embargo, particularmente para los anfibios, los cuerpos de agua son fundamentales en gran parte de su ciclo de vida. La mayoría de anfibios necesitan del agua para reproducirse y ahí pasan sus primeras etapas de vida. Los sapos, ranas y salamandras, por ejemplo, necesitan del agua para sobrevivir durante una parte o toda su vida. Muchos reptiles también necesitan del agua para sobrevivir, y entre los más notables se encuentran los cocodrilos, pero también existen muchas serpientes que viven gran parte del día dentro del agua.

d) *Aves*: las aves son quizá los organismos más vistosos, y ayudan a comprender lo importante que puede ser un cuerpo de agua. Por ser migratorias, algunas aves comienzan a aparecer en una determinada zona cuando las condiciones de un lago están mejorando. Por ello pueden ser buenos indicadores de la mejora de un sistema. No todas las aves son necesariamente migratorias: algunas garzas, gallaretas o patos se quedan de manera permanente en su hogar acuático. Las aves pueden comer peces, anfibios, plantas o insectos. Su supervivencia depende de que tengan no sólo comida, sino también sitios para anidar. Las plantas emergentes les brindan a sus crías protección contra la depredación y por ello un sitio sin plantas es poco amigable para cualquier tipo de ave.

e) *Mamíferos*: aun cuando son pocos, todavía existen mamíferos capaces de vivir en los cuerpos de agua. Quizá los más espectaculares son los delfines rosas que habitan en el Amazonas. Pero sin ir muy lejos, en el río Balsas todavía es posible encontrar nutrias, y en los cuerpos de agua del sur del país los manatíes están presentes. Por su tamaño, los mamíferos acuáti-



Lago en Plan de la Noria (foto: Laboratorio de Restauración Ecológica).

cos por lo general son últimos en la cadena trófica. Son pocas las especies que se alimentan únicamente de plantas, como los manatíes.

Las dinámicas de los sistemas acuáticos

Una vez conocidos los organismos que se encuentran dentro de los sistemas acuáticos, es posible entender que estos sistemas tienen dinámicas propias dentro de las cuales interactúa cada organismo. Hasta hace pocos años se consideraba que los sistemas acuáticos únicamente respondían a las variables *abióticas* (constituidas por elementos no biológicos). Por tanto, los organismos que vivían dentro estaban a merced de lo que sucedía con las concentraciones de nutrientes, la temperatura, la salinidad o la cantidad de luz presentes. Se consideraba entonces que para modificar un sistema acuático lo único que se tenía que hacer era aumentar o disminuir alguna de estas variables *abióticas*, pues los organismos únicamente iban a responder de manera lineal a este efecto.

Por ejemplo, si se quería producir más peces para la acuicultura dentro de un lago, bastaba con aumentar los nutrientes, para que las algas crecieran y fueran el forraje de los peces a cultivar. Otro ejemplo: para contar con un

sistema transparente había que hacer lo contrario, reducir los nutrientes del agua, y así moriría todo el fitoplancton. En algunas ocasiones este tipo de prácticas tiene éxito, pero en la gran mayoría de casos el resultado deseado sólo es de corto plazo, o claramente fallan.

La falta de resultados satisfactorios a partir de considerar a los elementos abióticos como reguladores del sistema se debe a que los organismos acuáticos también pueden generar una respuesta que genera modificaciones dentro de la pirámide trófica, y en algunos casos incluso sobre los elementos abióticos. Hace algunas décadas los investigadores comenzaron a generar nuevas teorías respecto a los lagos, entendiéndolos como sistemas dinámicos donde cada uno de sus elementos (fitoplancton, zooplancton, peces, etcétera) interactúa y modifica a los demás. De esta manera surgieron ideas que sugieren que el tipo de peces en un sistema acuático puede afectar la cantidad de fitoplancton (y en consecuencia la turbidez del agua) presente en la columna de agua. La teoría sugiere que las algas no sólo dejan de crecer por falta de recursos (nutrientes en el agua), sino también puede haber pocas algas cuando la cantidad de depredadores (el zooplancton) es muy alta. Si hay muchos depredadores, debe haber pocas presas, y para que existan muchos depredadores del fito-

plancton es necesario que haya pocos depredadores del zooplancton (los peces zooplanctívoros). En pocas palabras, es posible contar con agua transparente en un lago si se reduce la cantidad de peces zooplanctívoros.

Este tipo de teorías han modificado en gran medida la forma de pensar de muchos ecólogos. En el fondo, estas ideas reposicionan a los organismos de un lago, que pasan de ser únicamente variables que responden a factores abióticos a ser entes capaces de modificar a esas variables abióticas. Esto es, el sistema deja de ser monodireccional y se transforma en un sistema donde cada uno de sus elementos, abióticos y bióticos, son capaces de influirse mutuamente, por lo que se vuelve un sistema de retroalimentación.

Estas teorías que relacionaron a los peces con la turbidez fueron las primeras en ver a los lagos como sistemas dinámicos y multidireccionales. Por ejemplo, la diversidad espacial generada por las plantas en un cuerpo de agua también es capaz de modificar variables abióticas. Las plantas enraizadas aumentan el potencial del espacio donde pueden crecer, alimentarse y reproducirse diferentes tipos de organismos, que van desde aves hasta invertebrados del bentos.

El aumento de la heterogeneidad no sólo se limita al espacio. El crecimiento de las plantas modifica la cantidad de luz que puede entrar a un lago, la temperatura del agua y la posibilidad de resuspensión del fondo. El tipo de plantas relacionados con la profundidad de un lago o un río es capaz de seccionarlo espacialmente: diferentes tipos de vida se dan únicamente en cierta parte, y es imposible que sobrevivan en otra. Así, gracias a los organismos que viven ahí, los ríos y lagos no son equivalentes a tubos u ollas donde lo mismo da estar en un sitio que en otro, pues las condiciones no son iguales. En realidad los ríos y lagos son mosaicos, y cada uno cuenta con diferentes características únicas que permiten aumentar la biodiversidad.

Influencia de los microorganismos

Los organismos macroscópicos no son los únicos que pueden modificar todo el sistema. También los seres microscópicos pueden influir en diferentes medidas sobre las variables abióticas. Por ejemplo, en la capa superficial del fondo de un río o un lago existen diversas colonias de organismos unicelulares, como bacterias, o multicelulares como las algas, que se consolidan conforme pasa el tiempo. El viento genera corrientes y olas que pueden erosionar las orillas de los



Foto: Carmen Loyola

lagos. La erosión provoca un aumento en la concentración de sólidos en el agua y, por tanto, ésta se ve de color café. Lo anterior puede verse claramente en lagos como el de Pátzcuaro, donde la resuspensión de sedimentos ha hecho que el agua esté permanentemente turbia, debido a la cantidad de sedimento rebotado.

Si al sedimento se le deja reposar sin perturbación (sin que las olas, corrientes o motores fuera de borda remuevan el fondo), las colonias de bacterias y algas comienzan a crecer y pueden ser capaces de aumentar la velocidad de consolidación del fondo del lago. Un lago con fondo consolidado resiste más los embates de las corrientes, y por tanto evita que éstas puedan resuspenderse de nuevo en el fondo. Así, las colonias que crecen en los fondos de ríos y lagos pueden generar dinámicas de retroalimentación positiva, en las que, cuanto más crecen, más difícil es resuspender el sedimento, y por tanto es posible que crezcan aún más colonias. Un lago con fondo más consolidado tiene mayores probabilidades de contar con agua transparente y una comunidad de macrofitas saludable, y en consecuencia con mayor diversidad.

Es precisamente el estudio de estas dinámicas, y el entender a ríos y lagos como sistemas multidireccionales, lo que ha hecho que algunos ecólogos de lagos someros hayan sido capaces de generar modelos para entender, desde una perspectiva matemática, el funcionamiento de cada uno de estos elementos dentro del sistema. De este tipo de modelos han surgido ideas como las *dinámicas biestables*, que sugieren que los lagos son sistemas con retroalimentaciones positivas y negativas, las cuales cuentan únicamente con dos puntos de estabilidad: un punto estable donde el agua es turbia y el lago poco diverso, y otro punto estable donde el agua es transparente y con abundante biodiversidad. Pasar de un punto estable a otro depende de muchas variables y condiciones, mas por lo general se sugiere que una vez que se pasa de un sistema estable transparente a uno turbio, cuesta mucho trabajo y dinero regresarlo a su estado original. El fondo de esta teoría sugiere que los lagos son capaces de “resistir” grandes perturbaciones sin modificarse en lo absoluto. Pero una vez que se llega a un umbral, el lago cambia radicalmente sus condiciones, y para retornar a su estado original es necesario regresar a otro umbral mucho mayor por debajo del estado en que se generó la modificación.

De esta manera, la biodiversidad es un elemento fundamental para el mantenimiento de los cuerpos sobre la superficie continental. La conservación de los organismos acuáticos

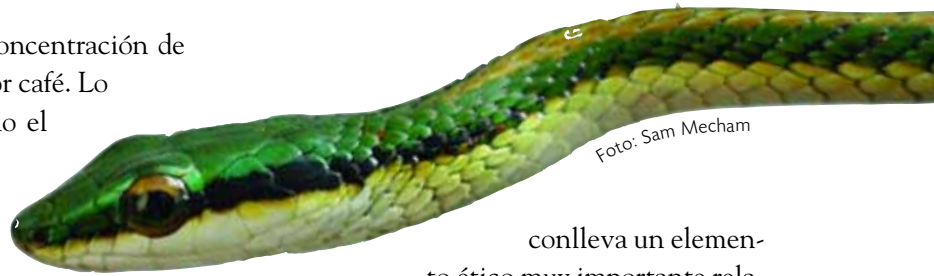


Foto: Sam Mecham

conlleva un elemento ético muy importante relativo a la posición que tiene el ser humano en la naturaleza, al ser capaz de generar extinciones de los diferentes organismos que habitan dichos cuerpos de agua. Pero también cuenta con un elemento práctico: los organismos influyen de manera directa en la calidad de agua, la tasa de azolvamiento de un río o lago, y su potencial productivo. Al incluir a los organismos que conforman la vida de lagos y ríos como agentes activos en la dinámica de los cuerpos de agua, nos damos cuenta de que no podemos dejarlos de lado en los planes de manejo. Por tanto, es fundamental generar prácticas de conservación de esos organismos para disponer de cuerpos de agua que tengan una vida útil para el ser humano.

Luis Zambrano es biólogo por la Facultad de Ciencias y doctor por el Instituto de Ecología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Hizo su posdoctorado en la Universidad de Wageningen, Holanda. Ha trabajado en restauración de sistemas acuáticos en Inglaterra, con la Universidad de East Anglia. Actualmente es investigador del Instituto de Biología de la UNAM, donde está a cargo del Laboratorio de Restauración Ecológica.

zambrano@ibiologia.unam.mx