

Recomendaciones para la restauración del Lago de Amatitlán

Durante todas las presentaciones y visitas al campo que se realizaron en el marco del presente taller fue muy claro que la restauración del Lago de Amatitlán y su cuenca representa un reto muy grande, pero existe el consenso de que su restauración puede ser alcanzada. La geología de la cuenca consiste en sedimentos erosionados, los gradientes son muy marcados y la variabilidad del flujo es extremadamente alto. Estos factores, juntos con las actividades antropogénicas, contribuyen a **altas descargas de sedimento y nutrientes** al Lago de Amatitlán. Debido a la alta probabilidad de un futuro cambio climático global y el continuo incremento poblacional, estas entradas continuarán incrementando si medidas correctivas no son realizadas.

Los datos acumulados hasta ahora demuestran que una reducción de las extremas cargas es la prioridad más alta. Nos impresionamos por el equipo de AMSA, que consiste de personas jóvenes, entusiastas y competentes, así como de todo el trabajo que han estado realizando, así como una atmósfera abierta y cooperativa durante el taller. Una colaboración cercana entre los diferentes grupos que trabajan para AMSA, y con otras entidades gubernamentales y no gubernamentales interesadas facilitaría la implementación de estrategias para enfrentarse a todos estos retos.

Un componente importante para la restauración del Lago de Amatitlán es el **monitoreo**. Los datos de monitoreo son requeridos para evaluar el éxito de medidas de restauración actuales y pasadas. Estos datos también proveen un medio para probar la efectividad de las medidas de restauración y son base de las decisiones a tomar referente a qué estrategias son exitosas y deberían de continuar siendo aplicadas, así como qué esfuerzos deberían de frenarse. Los datos de monitoreo también dan información acerca de los procesos del lago y su cuenca. Nosotros recomendamos que un mejor esfuerzo debería ser dedicado a la interpretación de todos los datos pasados y actuales debido a que esto sería un mejoramiento crítico para el entendimiento de los procesos dentro del lago y para cuantificar las reservas de nutrientes y flujos.

Esfuerzos de **modelaje** utilizando datos actuales mejorarían el entendimiento del sistema y facilitarían a su vez la evaluación de los esfuerzos de restauración. Se deberían de establecer **objetivos**, es decir, qué concentraciones de nutrientes constituye un mejoramiento significativo de la calidad del agua. Por ejemplo, qué estado trófico debería de re-establecer y si dicho mejoramiento es posible? Adicionalmente, medidas deberían de ser tomadas para validar las mediciones actuales y comprobar la calidad de los datos que han sido colectados en el pasado. Utilizando los datos existentes para entender el sistema y realizando modelos, también ayudarán a determinar qué variables adicionales deberían de ser consideradas en un futura y con qué frecuencia deberían de ser medidas. Este tipo de información permitirá la modificación de las estrategias existentes, con respecto a la ubicación y temporalidad de los muestreos, y probablemente se podrían identificar variables que podrían ser omitidas en futuros muestreos. Recomendamos la implementación de la estrategia de **manejo adaptativo**.

Fondos son requeridos para mantener y mejorar las capacidades analíticas del grupo, y asegurar que los métodos y equipos utilizados sean los mejores y los más actualizados. Nosotros incentivamos a la publicación de datos acumulados y a la interpretación de los procesos de la cuenca para que todos los individuos que estén involucrados en el mejoramiento de ecosistemas tengan acceso a los datos. Recomendación su publicación en revistas científicas internacionales y en un formato local (por ejemplo, capítulo de libros,

publicaciones en universidades). También sería de gran ayuda hacer toda la información accesible en una página web de un proyecto (por ejemplo: ver Florida Lakewatch).

Una meta importante para alcanzar una disminución en las descargas de nutrientes es un sistema eficiente de **tratamiento de aguas residuales**. Es crítico que las **aguas de lluvia sean separadas de las aguas residuales**. La reducción de los desechos sólidos requerirá de la creación de **basureros oficiales**, lejos de los ríos tributarios. La construcción de instalaciones para el tratamiento de aguas residuales y la conexión de todas las viviendas es de alta prioridad. Es importante considerar soluciones innovadoras para que las plantas de tratamiento tengan costos operativos bajos. Por ejemplo, debido a la dificultad de convencer a las municipalidades de la necesidad de construcción y operar plantas de tratamiento, métodos a pequeña escala (escusados orgánicos domiciliarios) deberían de ser tomados en cuenta. Una forma de mejorar la probabilidad de un tratamiento exitoso de aguas residuales es la creación de incentivos financieros para la operación efectiva de las plantas de tratamiento. En el caso de Alemania, existe un “impuesto de aguas residuales”, es decir, las municipalidades y las industrias pagan instantáneamente si contaminan los cuerpos de agua. Para estas entidades es más barato pagar plantas de tratamiento efectivas y funcionales que contaminar las aguas superficiales. Los habitantes también pagan impuestos de aguas residuales y de escurritía.

Adicionalmente, la capacidad de la **planta de tratamiento en el río Villalobos** debería de ser expandida para que durante niveles de agua bajos a medios toda el agua del río pueda ser tratada. La efectividad debe de ser mejorada cambiando el diseño del sistema. Es posible lograr reducciones de carbono, fósforo y nitrógeno de hasta más de un 90%. El 10% restante de fósforo podría ser controlado mediante métodos químicos (tratamiento terciario) para continuar reduciendo la descarga. El uso de biofiltros (utilizando plantas) pareciese efectivo y el uso del jacinto de agua es muy prometedor, con el beneficio extra de proveer **biogas y fertilizante líquido**. Es necesaria la cuantificación de la eficiencia de absorción de nutrientes y la consideración de los posibles efectos negativos (por ejemplo, proliferación de mosquitos).

Los costos operativos de la planta de tratamiento pueden ser reducidos diseñando un sistema de flujo de agua dentro del sistema, es decir, construir un presa ajustable en la entrada que pueda ser controlada para mantener un nivel alto y constante, independientemente del caudal del río. El tubo de entrada debería de ser más bajo para que energía no sea gastada en bombear el agua a lo alto y luego tenga que volver a caer. **La planta de tratamiento del río es necesaria** debido a llevará mucho tiempo para todas las viviendas en la cuenca estar conectadas a una planta de tratamiento de aguas residuales. Incluso, luego de que un tratamiento de aguas se logre, tomará tiempo hasta que los nutrientes en el suelo y aguas subterráneas sean vaciados del sistema. Así mismo, entradas difusas de actividades agrícolas continuarán causando problemas y se volverán más importantes que la cantidad de nutrientes en el lago luego que las fuentes claves sean eliminadas.

Un sistema de colecta de los residuos sólidos debe de ser desarrollado, consistiendo en rellenos sanitarios y un aumento del reciclaje. Para disminuir basureros clandestinos, un sistema de colecta efectivo y sin costo es requerido. Para financiar dicho sistema, sugerimos que las industrias paguen por empaques producidos dentro o importados a Guatemala. Estos costos serán incluidos en los precios de los artículos, con el fin de que el desecho de la basura sea pre-pagado para cuando los artículos lleguen al mercado. Los depósitos de botellas, latas y otros contenedores incrementarán su colecta y reúso. Actualmente, la colecta de las botellas plásticas en el río Villalobos funciona y se debería de continuar. Aunque, sería más barato interceptar las botellas y paquetes antes de que entren a las aguas superficiales del lago.

La reforestación es considerada como un proyecto a largo plazo que debería de ser implementado ahora para la reducción de la erosión, y las descargas de nutrientes en 20-30 años. Debería de ser enfocada a las áreas ribereñas (cerca del cauce de los ríos) para ser eficiente. Habitantes locales deben de ser involucrados para mejorar la aceptación y el éxito final de los proyectos de reforestación. De igual manera, los asentamientos urbanos y la agricultura debe de ser prevenida en las áreas sensibles cerca del cauce de los ríos. Una **educación ambiental** es fundamental para el mejoramiento de la calidad del lago. Medias para mejorar la calidad del agua serán solamente exitosas si son entendidas y aceptadas por los habitantes locales. Los esfuerzos actuales de educación ambiental deberían de ser reforzados. Una cambio a largo plazo de la conciencia ambiental es requerido.

Bajo las circunstancias actuales, no existe un beneficio en todas las medidas in-situ para mejorar la calidad del agua, debido a que las descargas de nutrientes son extremadamente altas. Luego de lograr una reducción sustancial de las descargas (~90%), se podría garantizar el uso de los métodos in-situ para la restauración. De cualquier forma, será necesario tratar los dos cuerpos de agua del Lago de Amatitlán (este vs oeste), por separado. En el cuerpo de agua del oeste, el tiempo de residencia es muy corto, por lo que incluso luego de una reducción sustancial de las descargas, las medidas in-situ no tendrán un significado impactante. En el cuerpo de agua del este, podría valer la pena considerar medidas de tratamiento dentro del lago, pero solamente luego de haber logrado una reducción considerable de las descargas. Primero, de cualquier forma, será necesario determinar el tiempo de residencia en el cuerpo de agua del este. Solamente, si el tiempo de residencia fuese alto, podría ser apropiado el uso de medidas in-situ. Una posibilidad a tomarse en cuenta, es la construcción de un canal desde la planta de tratamiento del río Villalobos al cuerpo de agua del este, luego de haberse demostrado que la planta de tratamiento ha reducido las descargas de nutrientes. El agua limpia de la planta de tratamiento podría utilizarse para limpiar el cuerpo de agua del este.

En la actualidad, el lago contiene aireadores y está en discusión el utilizar más. Sin embargo, no existen datos que sustenten y demuestren el beneficio de los mismo. Existen muchos ejemplos en la literatura que indican que **la aireación no es una técnica exitosa para reducir el estado trófico de los lagos** o mantener una reducción del fósforo. Mientras una capa de sedimento delgada (<1 mm) y oxidativa puede almacenar fósforo precipitado de la columna de agua, nuevo sedimento se depositará y se acumulará sobre esta capa y en corto tiempo se tornará reductiva, liberando el fósforo que había sido previamente almacenado. De igual forma, el fósforo será liberado luego de que los aireadores se apaguen. Los costos asociados al uso de aireadores son altos y el volumen del agua anóxica es tan alto que el impacto de la aireación es muy local.

La ciudad de Guatemala posiblemente en un futuro cercano sufrirá de una **reducción del manto freático y deterioro de la calidad de las aguas subterráneas** como consecuencia de filtraciones de aguas superficiales contaminadas al acuífero. Escorrentías superficiales podrían ser reducidas mediante medidas tales como la reforestación, logrando incrementar la recarga subterránea. Así mismo, podría ser necesario en un futuro cerca, utilizar el Lago de Amatitlán como una fuente de agua potable, otra justificación más para realizar más esfuerzos para mejorar la calidad del agua del lago.

Existe un **gran potencial para la cooperación internacional** con el fin de mejorar la calidad del agua del Lago de Amatitlán y afrontar factores en su cuenca que afectan la calidad del agua del lago. Nosotros sugerimos una búsqueda colaborativa de financiamientos de

Alemania, USA y otras agencias internacionales. Nos comprometemos a cooperar con AMSA y con otras partes interesadas con el objetivo de establecer condiciones en el Lago de Amatitlán para volverlo a un recurso de agua potable y recreación.

Taller para la definición de estrategias metodológicas para la restauración de Lago de Amatitlán, Guatemala (04-08 junio de 2012)

