



# SIMPOSIO

## DE AGUAS CONTINENTALES DE LAS AMÉRICAS PRESENTE Y FUTURO

4 - 5 DE JULIO, 2016

Porta Hotel del Lago

Panajachel, Sololá, Guatemala



# MEMORIA

Simposio de Aguas  
Continetales de las Américas:  
Presente y Futuro

Panajachel, Sololá

del 4 al 5 de julio, 2016



## COMITÉ ORGANIZADOR

**Dra. Mónica Orozco**

CENTRO DE ESTUDIOS ATITLÁN - CEA -  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA - UVG -

**Dra. Margaret Dix**

CENTRO DE ESTUDIOS ATITLÁN - CEA -  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA - UVG -

**MSc. Elsa Ma. de Fátima Reyes Morales**

AUTORIDAD PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LA CUENCA DEL LAGO DE ATITLÁN Y SU ENTORNO  
- AMSCLAE –

**Licda. Anna D’Apolito**

ASOCIACIÓN AMIGOS DEL LAGO ATITLÁN  
- AALA -



## PATROCINADORES Y COLABORADORES

Este simposio se hizo posible gracias al apoyo de muchas personas, instituciones y en especial: el personal administrativo y técnico de la Autoridad para el Manejo de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno - AMSCLAE -, el Centro de Estudios Atitlán - CEA - de la Universidad del Valle de Guatemala - UVG -, Asociación Amigo del Lago Atitlán - AALA -. Así mismo, recibimos apoyo financiero de: Porta Hotel del Lago, Agrogases, Productos del Aire, Hotel Cacique Inn, Cementos Progreso, Central Ferretera, Dilab, S.A., Complejo Hidroeléctrico Renace, Kristianstad University Sweden, Man & Biosphere Health, Asociación Guatemalteca de Limnología y Gestión de Lagos y AquaCorp, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT-.



Foto Portada: Gabriel Queché.

Diseño, edición y diagramación del interior: Fátima Reyes y Cristina Martínez.



## BIENVENIDA

El aumento en la presión a los recursos hídricos globales, ocasionado por el crecimiento poblacional, la contaminación ambiental, la sobreexplotación y el cambio climático, hacen necesaria la creación de espacios dinámicos de intercambio que permitan discutir posibles soluciones y nuevos avances científicos y tecnológicos para salvaguardar el agua a nivel mundial. Este evento internacional está centrado en el presente y futuro de los recursos hídricos en la región, con énfasis en el Lago Atitlán y sus alrededores, y busca diseminar a la comunidad científica, autoridades gubernamentales y al público en general, los descubrimientos acumulados a través de una serie de charlas y un taller impartido por especialistas nacionales e internacionales.



## INDICE

Programa detallado	6
Resúmenes de las presentaciones orales	
Tema: Estado actual y calidad de las aguas continentales	11
Tema: Gobernanza de los recursos hídricos y manejo de aguas residuales	19
Resúmenes de los posters	27



## PROGRAMA DETALLADO

4 de julio de 2016

### Estado Actual y Calidad de las Aguas Continentales

---

7:30 - 8:15	Inscripción de participantes.
8:15 - 8:25	Entonación Himno Nacional de Guatemala
8:25 - 8:35	Inauguración del Simposio. Prof. Enio Urizar, Alcalde Municipal de Panajachel.
8:35 - 9:00	Bienvenida por las instituciones organizadoras: CEA, AMSCLAE y AALA.
9:00 - 9:25	<b>Charla Magistral: Estado de los recursos hídricos en las Américas.</b> Manuel Basterrechea, Guatemala.
9:25 - 9:50	<b>Estado actual de la cuenca del lago Atitlán.</b> Margaret Dix y Fátima Reyes, Guatemala.
9:50 - 10:15	<b>Experiencias de los participantes del curso MULTICYT 03-2015: Técnicas de monitoreo y análisis para la determinación de calidad de agua.</b> Alfa Melissa Castro, Guatemala.
10:15 - 10:45	Coffee Break
10:45 - 11:10	<b>Factores de impacto en los recursos hídricos de las Américas.</b> Gerardo Umaña, Costa Rica.
11:10 - 11:35	<b>Situación de la calidad de los afluentes superficiales de Panamá: Amenazas y oportunidades.</b> Aydee Cornejo, Panamá.
11:35 - 12:00	<b>Proceso de eutrofización en el embalse Camatagua (Venezuela).</b> Ernesto González, Venezuela.
12:00 - 12:20	<b>Causas del deterioro de la calidad del agua y los recursos hidrobiológicos en la microcuenca del río Pinula y propuesta de manejo.</b> Alan Humberto Herrera, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, Guatemala.
12:20 - 12:30	<b>Programa cultivando agua buena.</b> Carmen Magzul, Multienergías.
12:30 - 13:30	Almuerzo



## PROGRAMA DETALLADO

4 de julio de 2016

### Estado Actual y Calidad de las Aguas Continentales

---

- 13:30 - 13:50 **Variación temporal del ensamble de fitoplancton en el lago Atitlán.** Ana Isabel Arriola de León Régil y Fátima Reyes, Guatemala.
- 13:50 - 14:10 **Ecotoxicología trófica de metales pesados del lago Atitlán, Guatemala.** Hugo Villavicencio, Frank Von Hippel, Sudeep Chandra y Eliška Rejmánková EEUU.
- 14:50 - 15:10 **Determinación de arsénico y mercurio en agua superficial del lago Atitlán.** Francisco Pérez Sabino, Balmore Valladares Jovel, Elisandra Hernández, Bessie Oliva, Marta Del Cid y Pedro Jayes Reyes, Guatemala
- 15:10 - 15:45 Coffee Break
- 15:45 - 17:00 **Foro: Retos y perspectivas de los recursos hídricos en las Américas.** Panelistas invitados
- 17:00 - 18:00 Evento cultural



## PROGRAMA DETALLADO

5 de julio de 2016

### Tema: Gobernanza de los recursos hídricos y manejo de aguas residuales

---

- 8:30 - 9:00 **Charla Magistral: Propuesta para un manejo integral del agua: Conservación, uso y recuperación.** Gabriel Roldán, Colombia.
- 9:00 - 9:30 **Experiencia en manejo del recurso hídrico en Guatemala.** Juan Pablo Ligorria, Guatemala.
- 9:30 - 10:00 **EMAPET, un modelo de éxito en la gestión mancomunada del recurso hídrico.** Carlos Montoya Cano, Guatemala.
- 10:00 - 10:30 **El papel de las macrófitas acuáticas en ecosistemas lacustres: énfasis en el lago Atitlán.** Eliška Rejmánková, EEUU.
- 10:30 - 11:00 Coffee Break
- 11:00 - 11:30 **Los recursos hídricos de Nicaragua: Amenazas al lago Cocibolca por el Canal Interoceánico.** Katherine Vammen, Nicaragua.
- 11:30 - 12:00 **Casos de éxito en la gestión social de proyectos de infraestructura de saneamiento en Guatemala.** Guillermo Recinos, Guatemala.
- 12:00 - 12:30 **Manejo sostenible de aguas residuales en Latinoamérica: Fracasos, éxitos y nuevas estrategias.** Stewart Oakley, EEUU.
- 12:30 - 13:30 Almuerzo/Conferencia de Prensa
- 13:30 - 14:00 **Thinking outside your own box - A universal challenge and fantastic opportunity in Water Governance.** Jean O. Lacoursière, Suecia.
- 14:00 - 14:20 **Tecnología de gases en el tratamiento de las aguas residuales de la planta de la Universidad del Valle de Guatemala, campus Altiplano, Sololá.** Rodolfo Torres, Guatemala.
- 14:20 - 14:40 **Fitorremediación en la cuenca del lago Petén Itzá: Análisis de la capacidad depuradora de cinco macrófitas presentes en la cuenca.** Gerson Ochaeta, Guatemala.
- 14:40 - 15:00 **Casos exitosos de potabilización de agua para consumo humano y de gestión comunitaria del agua en la cuenca del lago Atitlán.** Ana Cristina Martínez Rendón, Guatemala.



## PROGRAMA DETALLADO

5 de julio de 2016

**Tema: Gobernanza de los recursos hídricos y manejo de aguas residuales**

---

- |               |                                                                                                                                                   |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15:00 - 15:20 | <b>Mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos hídricos ¿Son talla única?</b><br>Sharon van Tuylen, Guatemala.                         |
| 15:20 - 15:30 | <b>Reservorio San Gabriel, hacia el uso sostenible y responsable del recurso hídrico.</b><br>Gabriela Longo, Guatemala.                           |
| 15:30 - 15:45 | Coffee Break                                                                                                                                      |
| 15:45 - 17:00 | <b>Foro: Retos y perspectivas de la gobernanza de los recursos hídricos y el manejo de aguas residuales en las Américas.</b> Panelistas invitados |
| 17:00 - 17:15 | Clausura                                                                                                                                          |
| 19:00 - 22:00 | Cena de Gala                                                                                                                                      |



## PROGRAMA DETALLADO

### Sesión de Posters

---

**Modelación del perfil de biomasa de fitoplancton, expresado como clorofila - a (Chl-a) en términos de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el lago Atitlán.** Ovidio García-Oliva, Margaret Dix y Fátima Reyes.

**Evaluación de las relaciones espacio-temporales de la calidad del agua y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en dos ríos de la Cuenca del lago Atitlán, Sololá.** Sharon van Tuylen, Margaret Dix y Jorge García.

**Estado actual de la pesca artesanal del municipio de San Juan La Laguna, Sololá.** Edna Stephanie Rueda Stalling y José Roberto Ortiz.

**Uso de microorganismos eficientes de montaña MEM como tratamiento alternativo en el Hotel Paradise Inn, Panajachel, Sololá.** Heraldo Alfonso Escobar López.

**Nanotecnología para filtración y tratamiento de contaminantes en el agua.** Jorge Iván Cifuentes Castillo.

**Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la subcuenca del río San Francisco, cuenca del lago Atitlán, Guatemala.** Juan Carlos Bocel Chiroy.

**Evaluación de la red de monitoreo hidrometeorológico y variabilidad de la lluvia en la cuenca del lago de Atitlán.** Juan Carlos Fuentes.



## RESÚMENES DE LAS PRESENTACIONES

### TEMA: ESTADO ACTUAL Y CALIDAD DE LAS AGUAS CONTINENTALES

#### Desafíos de la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe

Manuel Basterrechea<sup>1</sup>

1. Academia de Ciencias, Guatemala; asebaste@gmail.com

Recientemente la Comisión Económica para América Latina y el Caribe -CEPAL- publicó los desafíos de la seguridad hídrica en Latinoamérica. El documento describe los desafíos que debe de enfrentar la gestión del agua en la región para alcanzar una adecuada seguridad hídrica. Las áreas prioritarias en las que la seguridad hídrica constituye un elemento crítico para el desarrollo socioeconómico de la región son: i) el acceso de la población a niveles adecuados de agua potable y saneamiento; ii) la disponibilidad de agua para garantizar un desarrollo productivo sostenible y reducir la conflictividad asociada; iii) la conservación de cuerpos de agua en un estado compatible con la protección de la salud y el medioambiente; y iv) la reducción de los riesgos relacionados con el exceso de agua, en especial en las zonas urbanas.

#### Estado actual de la cuenca del lago Atitlán

Margaret Dix<sup>1</sup> y Fatima Reyes<sup>2</sup>

1. Centro de Estudios Atitlán (CEA), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Guatemala; margaret.dix@gmail.com.

2. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), Autoridad para el Manejo de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), Guatemala; fatimarys3@gmail.com

La cuenca del lago Atitlán sufre un deterioro continuo debido al aumento poblacional, cambio de uso de la tierra, producción de desechos sólidos y líquidos y una falta de prioridades de acciones en el tema de manejo y gestión por parte de las autoridades municipales. En los últimos seis años se han implementado programas de monitoreo ambiental en los principales cauces de la cuenca y en el lago, con el fin de detectar y evaluar los cambios que están ocurriendo en el tema de calidad de agua. Se ha determinado que desde 1969 ha habido una disminución de 10.7 m a 5.2 m de transparencia, una reducción de oxígeno disuelto hasta condiciones anóxicas por varios meses en el fondo y un aumento de las concentraciones de nutrientes (124 µg/L nitrógeno total (NT) y 39 µg/L



fosforo total (PT) en el epilimnio. Los cambios de la calidad del agua se deben principalmente al impacto que tienen las aguas residuales sin tratamiento adecuado. Dentro de la cuenca, la mayoría de las plantas de tratamiento no cumplen con los límites establecidos en la legislación vigente, debido al mal funcionamiento y operación. Los nutrientes (14.93 mg/L NT y 5.97 mg/L PT) y la materia orgánica (DBO<sub>5,20</sub> 285.04 mg/L) que entran desde las plantas de tratamiento, disminuyen la calidad del agua de los ríos y del lago. Aunado al mal manejo de las aguas residuales, está el constante ingreso de sedimentos producto del cambio del uso del suelo (86.4 mg/LTDS, 0.00082 mg/cm<sup>2</sup>/hr TSS) y nutrientes (2 mg/L NT, 0.54 mg/L PT), con un caudal promedio de 0.14 m<sup>3</sup>/s (río San Francisco) y 0.98 m<sup>3</sup>/s. Los sedimentos que ingresan al lago aumentan la turbidez y contribuyen a una mayor disponibilidad de nutrientes para el fitoplancton. Los cambios físicos y químicos del agua han ocasionado cambios en el ensamble de fitoplancton tanto de densidad como de diversidad, originando florecimientos de cianobacterias de *Limnorphis robusta*, *Microcystis spp.*, *Aphanizomenon sp.* y *Dolichospermum sp.*, entre otras. En respuesta a la degradación de la calidad del agua del lago Atitlán se han planificado, coordinado y ejecutado entre instituciones privadas y públicas, estrategias y acciones que permitan conservar, preservar y resguardar los ecosistemas de su cuenca.

### **Experiencias de los participantes del curso MULTICYT 03-2015: Técnicas de monitoreo y análisis para la determinación de calidad de agua**

Alfa Melissa Castro <sup>1</sup>

#### 1. Proyecto MULTICYT 03-2015.

Como parte de los esfuerzos por para resguardar el lago Atitlán, el CEA-UVG, AMSCLAE y AALA realizaron el curso Técnicas de Monitoreo y Análisis para la Determinación de Calidad de Agua, financiado por la SENACYT, con el fin de tecnificar y homogenizar las metodologías de monitoreo, análisis de laboratorio e interpretación de resultados entre las instituciones participantes. En el curso se impartieron talleres prácticos teóricos y se realizaron muestreos en campo y análisis en laboratorio utilizando metodologías estandarizadas para validarlas. Entre los resultados obtenidos de esta experiencia se determinó el comportamiento de la calidad de agua del lago de Atitlán durante los meses de mayo a octubre 2015, evidenciando el proceso de eutrofización del lago. Algunos de los parámetros evaluados y que se incluyeron en el curso fueron fosfatos, nitratos, amonio, nitrógeno total, fosforo total, temperatura, oxígeno, radiación fotosintéticamente activa, clorofila, conductividad, entre otros. Se fortalecieron las capacidades técnicas de las entidades participantes en el curso.



## **Factores de impacto sobre los recursos hídricos en América Latina**

Gerardo Umaña V.<sup>1</sup>

1. Centro de Investigación en Ciencias del Mar y Limnología (CIMAR), Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica; gerardo.umana@ucr.ac.cr.

El agua dulce es un recurso vital para todo ser viviente en el planeta, pero su distribución en cantidad y calidad es muy heterogénea, tanto espacial como temporalmente. Esto depende de factores naturales como clima y geología, pero también de factores antropogénicos como cambios en el uso del suelo, sobreexplotación y mala gestión del recurso. El clima está siendo alterado a tal extremo que se dan excesos de sequía o de inundaciones pocas veces vistos antes, que amenazan la disponibilidad del agua para la sociedad y los ecosistemas. El agua es utilizada de múltiples maneras, pero es el consumo humano el más importante, aunque su uso en riego, generación de energía y procesos industriales también puede ser esencial. Esta multiplicidad de usuarios, dentro de los cuales no se debe ignorar a los ecosistemas, genera conflictos difíciles de resolver, sobre todo cuando a nivel local el recurso es escaso. Ante tal panorama, la falta de una cultura que priorice su uso sostenible, que permita un control efectivo de las concesiones, que premie iniciativas de buenas prácticas en el manejo del agua, y la falta de conocimiento oportuno para la toma de decisiones son los factores de impacto pues facilitan que haya contaminación, sobreexplotación y desperdicio, así como deterioro de los ecosistemas acuáticos. Se requiere un cambio radical en la forma como la sociedad utiliza el agua, pero para ello es necesaria la formación de personal calificado, principalmente de nacionales, papel que las universidades estamos llamadas a cumplir.

### **Situación de la calidad de los afluentes superficiales de Panamá: Amenazas y oportunidades**

Aydee Cornejo<sup>1</sup>

1. Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá; acornejo@gorgas.gob.pa.

Panamá tiene un amplio recurso hídrico; cuenta con 52 cuencas hidrográficas, distribuidas en cinco regiones hídricas. La precipitación anual promedio es de 2900 mm, y tiene una población aproximadamente de 3.6 millones. El país cuenta con una oferta de agua per cápita de alrededor de 50,000 m<sup>3</sup>. Lo anterior, sumado a que el 66% de la población vive en lugares considerados como urbanos (más de 1500 habitantes), hace que sea sumamente importante la buena gestión y manejo de las aguas urbanas en Panamá. Esta situación se hace aún más crítica en fuentes superficiales, que son utilizadas mayormente como fuente de agua para suplir las necesidades de esta población. El Ministerio de Ambiente (2011) reporta un 14% de los ríos muestreados en el período de 2005-2008 en condiciones de “contaminados a altamente contaminados”. Las cuencas identificadas con las aguas más contaminadas son las que se encuentran en la ciudad capital. El Plan Nacional de Gestión



Integrada de Recurso Hídrico (PNGIRH) de Panamá explica la contaminación hídrica por varios factores: i) la descarga de aguas residuales sin ningún o con insuficiente tratamiento (origen doméstico e industrial), las descargas de desechos sólidos; ii) el uso de productos químicos: agroquímicos y detergentes; iii) los derrames de hidrocarburos y otros materiales contaminantes y iv) la deforestación y lluvias extremas que aportan sedimentos. Esta problemática nos ha llevado a explorar otras herramientas para la evaluación de la calidad de los afluentes superficiales, como el uso de macroinvertebrados bioindicadores y la implementación de “biomonitoreos participativos” como una oportunidad para la sostenibilidad del recurso hídrico, principalmente de aquellos que sirven de abastecimiento de agua a las comunidades rurales.

### **Proceso de eutrofización del embalse Camatagua, Venezuela**

Ernesto J. González<sup>1</sup>

1. Instituto de Biología Experimental, Universidad Central de Venezuela, Venezuela; ernesto.gonzalez@ciens.ucv.ve

El embalse Camatagua está ubicado en la región centro-norte de Venezuela, y se emplea como suministro de agua potable para Caracas. Forma parte del Sistema Tuy, que aporta más del 40% del agua para la ciudad. Desde 1997, ha sufrido grandes variaciones en su nivel por situaciones de sequía extrema, además de la demanda creciente de agua potable. Debido a lo anterior, se ha realizado el trasvase de aguas desde fuentes eutrofizadas y contaminadas, tales como las del embalse Taiguaiguay y del río Tucutunemo, que llegan al principal tributario del embalse, y todos estos impactos sobre la calidad de las aguas no habían sido evaluados. Por ello, se realizó una caracterización limnológica (sept/2012 - ago/2013). Durante el estudio se encontró que la transparencia disminuyó, aumentaron las concentraciones de nutrientes y la proporción de cianobacterias en las aguas, desmejorando así su calidad, pasando de oligo-mesotrófico a eutrófico en un periodo de 15 años. También se detectó que las temperaturas del hipolimnion son hasta 0.6°C mayores a las registradas hace más de 15 años, lo cual implicaría un mayor deterioro de la calidad del agua. Por ello, se hace necesario mejorar el sistema de tratamiento de aguas de sus afluentes y proteger la cuenca del embalse.



## **Causas del deterioro de la calidad del agua y los recursos hidrobiológicos en el río Pinula y propuesta de manejo**

Alan Humberto Herrera<sup>1, 2, 3</sup>

1. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), Guatemala; alanhgh@gmail.com
2. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala.
3. Centro para la Investigación de Recursos Acuáticos (CIRA), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN), Nicaragua.

Las aguas residuales en ciudad de Guatemala desembocan sin tratamiento en los ríos del sistema de drenajes del hiper-eutrofizado lago de Amatitlán. Para caracterizar cualitativa y cuantitativamente la contaminación y sus causas en el río Pinula, se evaluó el agua y sedimentos, así como la respuesta de la biota acuática al entorno. El cambio hidroquímico del agua del río evidencia la pérdida de capacidad como fuente de irrigación desde la cuenca media, diferenciada significativamente ( $\alpha=0.05$ ) de la naciente, debido al alto contenido de sodio (11.9 meq/L) y altos valores de conductividad eléctrica (4286  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). El agua del río transporta nitrógeno disuelto (3,6 mg/L  $\geq$  N-tot  $\leq$  63mg/L) y fósforo (136  $\mu\text{g}/\text{l}$   $\geq$  P-tot  $\leq$  10 000  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) con valores que expresan un alto grado de eutrofización. Además, transporta mercurio desde la naciente (0,47  $\mu\text{g}/\text{L}$ ) y plomo en sus sedimentos (22 mg/kg). Los sedimentos del río contienen contaminantes orgánicos persistentes como lindano (4,38mg/kg), ppDDE (0.53 ng/g), fenantreno (156 ng/g) y pireno (133 ng/g) en concentraciones que amenazan la vida acuática. Las causas de contaminación están asociadas a las aguas residuales especiales y ordinarias no tratadas y el impacto sobre la vida acuática se evidenció en las familias representativas de macroinvertebrados acuáticos (Chironomidae, Simuliidae, Muscidae, Syrphidae) y de fitobentos (*Scenedesmus sp.*, *Gomphonema parvulum* y *Nitzschia palea*).

### **Variación temporal del ensamble de fitoplancton en el lago Atitlán**

Isabel Arriola<sup>1</sup> y Fátima Reyes<sup>1</sup>

1. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), Guatemala; isa.arriola@gmail.com, fatimarys3@gmail.com

El lago Atitlán es un ecosistema que ha sufrido grandes cambios en los últimos años, debido principalmente al ingreso de desechos sólidos y líquidos, y al escurrimiento natural de campos agrícolas, factores que afectan la calidad de sus aguas y a todas las comunidades bióticas que lo habitan. Con base en la metodología para el establecimiento del estado ecológico, según la Directiva MARCO del Agua para lagos profundos, se tomaron muestras integradas de fitoplancton de los



primeros 30 m, en tres sitios del lago Atitlán, durante febrero de 2015 a abril de 2016. Se identificaron las algas a nivel de género y se estimó su abundancia relativa. Se identificaron 23 géneros distintos pertenecientes a las clases Bacillariophyta, Chlorophyta, Cyanophyta, Charophyta y Dinophyta. Se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA), en donde se determinó que las variables radiación solar, PAR y temperatura del agua son las variables que explican la relación de las variables ambientales con las biológicas. Durante el 2015 se observó una mayor presencia de diatomeas en febrero y octubre, siendo los meses más fríos y con mayor presencia de vientos; mientras que en los meses de abril, junio y agosto incrementó la presencia de clorofitas y cianobacterias. Se analizó la correlación entre las variables físicas, más no se encontró correlación entre las mismas.

### **Ecotoxicología trófica de metales pesados del lago Atitlán, Guatemala**

Hugo A. Villavicencio<sup>1</sup>, Frank Von Hippel<sup>1</sup>, Sudeep Chandra<sup>2</sup> y Eliška Rejmánková<sup>3</sup>

1. Universidad de Alaska Anchorage, Estados Unidos; hugovillavicencio@gmail.com

2. University of Nevada, Reno, Estados Unidos.

3. University of California, Davis, Estados Unidos.

El lago Atitlán es un lago volcánico en Sololá y es, en volumen, el cuerpo de agua continental más grande de Centroamérica. Ha sufrido grandes estreses ecológicos recientes. En 2009, experimentó un florecimiento de cianobacteria (*Limnorphis robusta*) debido a la eutrofización cultural. En 2010, la tormenta tropical Agatha temporalmente introdujo sedimentos que incrementaron la concentración de fósforo por al menos un 60%. La cuenca del lago Atitlán experimenta un uso extensivo de agroquímicos con cargas significativas de fósforo y nitrógeno, así como de pesticidas que contienen metales pesados. La estructura trófica del lago ha cambiado, basado en la composición de peces en estudios previos. La primera parte de este estudio caracterizó la red trófica utilizando análisis de dietas y de isótopos estables de Carbono ( $\delta^{13}$ ) y Nitrógeno ( $\delta^{15}$ ), mostrando dominancia de especies invasoras sobre los organismos nativos. La segunda parte incluyó la ecotoxicología de metales pesados en diversos taxones, mostrando mayores niveles en los invertebrados que en los peces. El estudio proporciona bases para el manejo de especies invasoras y de riesgos por toxicidad para los locales, quienes consumen las especies hidrobiológicas del lago.



## **Caracterización del ensamble de macroinvertebrados acuáticos del lago Atitlán, Sololá, Guatemala**

José Roberto Ortíz<sup>1</sup> y Elsa María de Fátima Reyes<sup>2</sup>

1. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Guatemala; josealdana\_23@hotmail.com.
2. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), Guatemala

Los macroinvertebrados acuáticos forman parte de las cadenas tróficas, ayudan en los procesos de recirculación de nutrientes, descomposición de la materia orgánica y en la mezcla de sedimentos. El principal objetivo del estudio fue la caracterización del ensamble de macroinvertebrados de la zona litoral y sublitoral, en relación a su diversidad, abundancia y distribución. Se realizaron dos muestreos de los macroinvertebrados bentónicos y de la vegetación en cuatro sitios del lago en 2014. Se recolectaron 5,229 macroinvertebrados bentónicos y se identificaron 18 taxa, siendo el dominante el caracol invasor *Tarebia granifera* (Lamarck, 1816). En la vegetación acuática se recolectaron 1,714 individuos y se identificaron 34 taxa, el taxa dominante fue el anfípodo *Hyalella* sp. Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) en relación a la abundancia total de los macroinvertebrados bentónicos entre los cuatro sitios de muestreo y las cuatro profundidades (1, 15, 25 y 50 m). Mediante una prueba de Monte Carlo, se evidenció que la distribución y abundancia de los macroinvertebrados bentónicos se ve influenciada por los parámetros fisicoquímicos del agua, pero no por la granulometría del sedimento. Las macrófitas acuáticas que presentaron mayor diversidad de macroinvertebrados fueron *Hydrilla verticillata* y *Eichhornia crassipes* con 21 taxa cada una, ambas especies invasoras.

### **Determinación de arsénico y mercurio en agua superficial del lago Atitlán.**

Francisco Pérez Sabino<sup>1</sup>, Balmore Valladares Jovel<sup>2</sup>, Elisandra Hernández<sup>1</sup>, Bessie Oliva<sup>2</sup>, Marta Del Cid<sup>2</sup>, Pedro Jayes Reyes<sup>1</sup>

1. Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala; elisandrahernandez@gmail.com, fpsabino@yahoo.com
2. Departamento de Análisis Inorgánico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Las aguas de ríos y lagos, al no existir contaminación antropogénica, presentan contenido de arsénico (As) menor a 10 µg/L. La principal causa de intoxicación crónica por As inorgánico en el mundo, es la ingesta de agua de pozo contaminada. El objetivo del estudio fue analizar arsénico y mercurio en el agua superficial del lago Atitlán, en sus dos principales ríos tributarios y en el afluente



y efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) localizada en Panajachel, durante cuatro muestreos. La cuantificación de As y Hg se realizó mediante Espectrofotometría de Absorción Atómica con generador de hidruros para As y con vapor frío para Hg. Los niveles de As encontrados en el lago Atitlán, tributarios y en la PTAR, fueron superiores a 20 µg/L. Los resultados indican que la contaminación por As se debe principalmente a la geología de la cuenca, al localizarse en una zona volcánica. Como principal conclusión se encontró que los niveles cuantificables de As son superiores al nivel máximo permitido para agua potable en la Norma Guatemalteca de agua potable (NGO 29001:99) de la COGUANOR, por lo que el agua del lago Atitlán no se considera apta para el consumo humano.



## RESÚMENES DE LAS PRESENTACIONES

### TEMA: GOBERNANZA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS Y MANEJO DE AGUAS RESIDUALES

#### Propuesta para un modelo de manejo integral del agua

Gabriel Roldán Pérez<sup>1</sup>

1. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colombia; groltan@une.net.co.

El problema principal del agua en Latinoamérica y en el mundo en general, es un asunto de calidad antes que de cantidad. El sistema institucional y administrativo, es decir la gobernabilidad del agua, ocupa también un puesto destacado en nuestra problemática. Los sistemas de captación y distribución del agua presentan muchas fallas de diseño y de mantenimiento que llevan a altas pérdidas y ponen en riesgo el abastecimiento de la población en años secos, no por carencia natural de agua, sino por deficiencias en la conservación de las cuencas abastecedoras de acueductos municipales, desperdicio del agua por falta de una cultura en los usuarios y falta de tratamiento de las aguas residuales. Es claro que el manejo del agua no es un asunto exclusivamente técnico, sino que debe tener una visión más compleja e interdisciplinaria denominada: "gestión integral del recurso hídrico", que parte de la idea de que para que el manejo del agua sea sostenible, debe incluir el ciclo hidrológico completo, proteger e incrementar la oferta natural y considerar en conjunto las demandas y necesidades de todos sus usuarios. En resumen, es la práctica de una política de conservación, uso y recuperación del agua.

#### Experiencia en manejo de recurso hídrico en Guatemala

Juan Pablo Ligorria<sup>1</sup>

1. Instituto de Fomento Municipal (INFOM), Guatemala; jpligorria@gmail.com

El manejo integrado de los recursos hídricos en Guatemala implica el involucramiento de todos los actores de una cuenca. El gobierno y la población tienen la obligación de establecer acuerdos sostenibles en el territorio para balancear las agendas de ambiente, sociedad y economía. La gobernabilidad del territorio puede alcanzarse integrando tales agendas y gestionando políticas públicas pertinentes. La base fundamental de un manejo integrado depende de la convergencia de las agendas. Un manejo integrado de agendas es la única oportunidad para el manejo sostenible de una cuenca. En ese entendimiento, el gobierno y cualesquiera estructuras de participación ciudadana deben convenir tal manejo integrado y asimismo plasmarlo en una normativa que vincule tales acuerdos como una política pública. Materializar esa política pública es el ordenamiento territorial por el cual todos debemos abogar.



## Un modelo de éxito en la gestión mancomunada del recurso hídrico

Carlos Montoya Cano<sup>1</sup>

1. Empresa Municipal de Aguas de Petén (EMAPET), Guatemala; montoyaycarlos@gmail.com.

La mayoría de sistemas de agua potable y saneamiento en Guatemala, administrados por las municipalidades, no son operativamente rentables debido a que el usuario tiene poco afecto de pago hacia una municipalidad. En la región central de Petén fue necesaria la creación de una empresa independiente a la municipalidad –que no deje de ser municipal- que administrara, operara y mantuviera los sistemas de agua potable y saneamiento. EMAPET es una empresa mancomunada entre las municipalidades de Flores y San Benito, Petén; surgió en 1997 cuando el servicio de agua en el área central de Petén era irregular y el sistema de saneamiento nulo. El objetivo principal al crear EMAPET era contar con una empresa que administrara las redes de agua potable, el alcantarillado sanitario y tratara las aguas residuales de la región central de forma autosostenible, con el fin de conservar el lago Petén Itzá. En la actualidad, EMAPET brinda un servicio de agua aceptable; cuenta con una cobertura del 34% en redes de alcantarillado sanitario y un 70% en saneamiento (planta de tratamiento de aguas residuales) que se ha ido incrementando. Con sus propios recursos invierte en ampliación de coberturas, administración, operación y mantenimiento. El cumplimiento de ser una empresa administradora de las redes de agua y alcantarillado sanitario, la ha llevado a gestionar importantes proyectos de saneamiento, tal como la Fase 2 de la planta de tratamiento de aguas residuales, que tendrá la capacidad de tratar el agua residual del 70% de la población del área central de Petén. Actualmente, EMAPET es una empresa que implementó un modelo de éxito en la gestión mancomunada del recurso hídrico.

## El papel de las macrófitas acuáticas en ecosistemas lacustres: énfasis en el lago Atitlán

Eliška Rejmánková<sup>1</sup>

1. University of California, Davis, Estados Unidos; erejmankova@ucdavis.edu

Las macrófitas acuáticas comprenden, taxonómicamente, un grupo muy diverso de plantas. Sus funciones en los ecosistemas lacustres afectan el ciclo de nutrientes, el flujo de gas, la dinámica de la red alimentaria, y la disponibilidad de hábitat. Los cambios en la disponibilidad de nutrientes a menudo resultan en la sustitución de la baja productividad - sistemas de alta diversidad de especies con monocultivos de las especies altamente productivas. En el lago Atitlán, las zonas litorales ocupadas por las macrófitas son relativamente estrechas y cubren un área pequeña debido a un fuerte aumento de la profundidad del agua; sin embargo, pueden desempeñar un papel importante en la interceptación de nutrientes, patógenos y pesticidas residuales, y la disponibilidad de hábitat para los peces, caracoles y cangrejos. Históricamente, estas zonas fueron dominadas por tul,



*Schoenoplectus californicus*, y en las zonas más profundas por un grupo diverso de macrófitas sumergidas (por ejemplo, *Potamogeton illinoensis*, *Ceratophyllum demersum*, *Chara spp.*). En las últimas décadas, la superficie del agua en las bahías poco profundas a menudo ha sido cubierta por una maleza acuática invasora, el jacinto de agua, *Eichhornia crassipes*, y en la última década se ha visto una expansión dramática del “pashte”, *Hydrilla verticillata*. La *Hydrilla* es una planta sumergida, capaz de crecer a una intensidad de luz muy baja y por lo tanto capaz de colonizar aguas de hasta 10-12 m de profundidad. Se ha propagado en las zonas anteriormente dominadas por tul, y sus densos mantos ahora impiden la regeneración del tul. Se darán ejemplos de los efectos de estos tres tipos diferentes de macrófitas, tul, jacinto de agua y *Hydrilla*, sobre el régimen de gas, el ciclo de nutrientes y las interacciones de macrófitos por fitoplancton y se discutirán las recomendaciones para las mejores prácticas de gestión.

### **Los recursos hídricos de Nicaragua: Amenazas al lago Cocibolca por el canal interoceánico**

Katherine Vammen<sup>1</sup>

1. Universidad Centroamericana (UCA), Nicaragua; katherinevammen@yahoo.com.mx

Nicaragua es un país especialmente privilegiado en recursos hídricos. El recurso agua disponible es de 38 668 m<sup>3</sup>/cápita/año, lo que posiciona al país por encima del promedio de Centroamérica. Se destaca que posee aproximadamente cuatro veces la disponibilidad de agua que Estados Unidos o algunos países de Europa como Suiza. No obstante, es importante resaltar que Nicaragua y todo Centroamérica ha sido evaluada con escasez económica de agua por la falta de recursos financieros para el mantenimiento y gestión de las fuentes de agua con la calidad adecuada para el consumo humano. La contaminación es resultado del crecimiento de la población en sinergia con la deficiente infraestructura sanitaria y la ausencia de medidas de ordenamiento territorial que han provocado el deterioro ambiental que se refleja en la calidad del agua. La continuación de la contaminación ha sido promovida por la tendencia del uso actual de los suelos que no es de acuerdo a su potencial, es decir, la deforestación y conversión de suelos, con potencial para bosque, a pastos para la ganadería u otros sistemas agrícolas. La mala calidad de agua resulta en problemas que afectan directamente a la población en lo relacionado a la calidad de vida e impactos en la salud. Uno de los recursos superficiales que representa un gran potencial a futuro como fuente de agua para consumo es el lago Cocibolca. Este cuerpo de agua superficial es, en área, el lago más grande de Centroamérica y a la vez, el lago tropical más grande de las Américas. El proyecto propuesto de construir un canal interoceánico por Nicaragua incluye un trayecto de 106.8 km a través el lago, lo que se considera que será la “excavación húmeda” más larga jamás realizada. Se analizarán los impactos sobre la calidad de agua y los efectos en el potencial del lago para el futuro desarrollo de Nicaragua.



## **Casos de éxito en la gestión social de proyectos de infraestructura de saneamiento en Guatemala**

Guillermo Recinos<sup>1</sup>

1. PROATEC, Guatemala; recinos@proatec.com.

Para describir el contexto de las comunidades afectadas por la construcción de la Hidroeléctrica Chixoy, se tomó en cuenta la coyuntura socio-política y los actores involucrados. Existe un aspecto predominante en la toma de decisiones para satisfacer las demandas identificadas en agua y saneamiento, que cabe mencionar son similares para todas las comunidades. Los costos varían en función de la disponibilidad de la fuente de abastecimiento y la opción tecnológica que se proponga y que sea aceptada por cada comunidad. De esa cuenta, el análisis económico de este escenario nos indica que de ninguna forma deben verse a estas comunidades dentro de una estructura económica normal. El escenario descrito anteriormente se caracterizó por la marcada desconfianza de las comunidades hacia cualquier tipo de intervención gubernamental, de gobiernos locales, cooperación internacional y/u organizaciones no gubernamentales. Para lo cual la Empresa Consultora PROATEC s.r.l. creó una metodología basada en la comunicación asertiva, donde se tomaron en cuenta premisas tales como: el conflicto es esencialmente un proceso natural a toda la sociedad y un fenómeno necesario para la vida humana, que puede ser factor positivo en el cambio y en las relaciones; comprender lo que siente el otro no significa estar de acuerdo con él, pero anular la empatía para asumir una posición de dureza puede conducir a posturas polarizadas y a callejones sin salida. Para ejemplificar mejor esta estrategia se presentará la metodología implementada en el área del Chixoy tomando en cuenta la importancia de la comunicación asertiva, el trabajo social efectivo, la psicología conductiva y la resolución de conflictos.

### **Manejo sostenible de aguas residuales en Latinoamérica: Fracasos, éxitos y nuevas estrategias**

Stewart Oakley<sup>1</sup>

1. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Estatal de California, Estados Unidos; soakley@csuchico.edu

La implementación de tratamiento de aguas residuales en las municipalidades de Latinoamérica ha sido, en su mayor parte, un fracaso a pesar de décadas de financiamiento internacional y nacional para la construcción de plantas de tratamiento. De las aguas residuales urbanas generadas por los 400 millones de personas con alcantarillado, menos del 20% reciben tratamiento. Además, la gran mayoría de las plantas existentes están diseñadas para remover materia orgánica y no resuelven los problemas principales de patógenos y nutrientes que contaminan casi todas las aguas superficiales. En México existen 2029 plantas de tratamiento municipales y éstas solo cubren el 20% de las aguas generadas, y el 60% de estas plantas no funcionan; desafortunadamente, se repite el mismo modelo



en la mayoría de los países. Sin embargo, hay varios éxitos donde sistemas sostenibles han sido desarrollados utilizando el paradigma de manejo integrado, donde se integra tratamiento con valorización de i) efluentes para reuso en agricultura y ii) procesos anaerobios que no consumen energía y producen metano como fuente de energía renovable. La presentación analizará los fracasos y las fuerzas motrices para los éxitos, con estudios de casos de varios países, y examinará nuevas estrategias de manejo integrado para que los sistemas tengan sostenibilidad en los municipios, así como en las ciudades grandes.

**Thinking outside your own box - A universal challenge and fantastic opportunity in Water Governance.**

Jean O. Lacoursière<sup>1</sup> and Lena B.-M. Vought<sup>1</sup>

1. Man and Biosphere Health Research Platform, Kristianstad University, Sweden; jean.lacoursiere@hkr.se

“Silo-Thinking”, the behavior of focusing within your own discipline or sector to find solutions to a problem, is again and again identified as bottleneck, not only to innovation but also to Governance. With an ultimate objective of safeguarding aquatic ecosystems, the CITYBLUES++ Research Partnership has focused on integrating sustainable urban drainage, resource-based sanitation, biogas and food security in a concept validation of affordable urban climate compatible development and Eco-City vision. Key lessons learned from this international collaboration between universities, private sector businesses, municipalities and NGOs are that: 1) science and technologies are not enough. Involvement of those having the headaches to find solutions, would they be practitioners, community leaders or entrepreneurs, is key to supporting decision-making; 2) cross-sectorial “brain storming” does weaken silo-thinking and strategic cross-sectorial alliances do emerge, but “win-win solutions” benefiting aquatic resources have better chances to emerge if no one feels it is joining “someone else’s platform”; and 3) a “small victories” approach, instead of large demonstrations, is often more successful in demonstrating that everyone has problems that could be part of someone else’s solutions as well as answering calls from policy-makers to “see, smell and feel the effect of each intervention”. Examples from South-East Asia and Sweden are provided.



## **Tecnología de gases en el tratamiento de las aguas residuales de la planta de la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Altiplano, Sololá.**

Rodolfo Torres<sup>1</sup>, S. E. Molina<sup>2</sup> y Margaret Dix<sup>3</sup>.

1. Agrogases de Centro América, Guatemala; agrogases@hotmail.com
2. Productos del Aire de Guatemala, S. A., Guatemala
3. Centro de Estudios Atilán (CEA), Universidad del Valle de Guatemala (UVG), Guatemala.

Este estudio compara las eficiencias de remoción del tratamiento de aguas residuales servidas entre la tecnología existente instalada en la Universidad del Valle de Guatemala, Campus Altiplano, aplicando una tecnología convencional (sistema aeróbico asistido) y la tecnología de gases (EDAR-GT®) (coagulación, oxidación con ozono y neutralización con dióxido de carbono). El objetivo es demostrar la alta eficiencia y rapidez de la tecnología de gases, en el tratamiento de aguas residuales, para su implementación y aplicación a nivel nacional. Se diseñó un análisis de efecto, obteniendo resultados de eficiencia de remoción (%E), estado de residualidad (100-%E) y tiempo, en cada tecnología utilizada, comparando diferentes parámetros de calidad de agua. La tecnología de gases fue más eficiente (97±2%) que la tecnología convencional (73±18%) en la remoción de los diez parámetros ambientales más importantes (P=0.0005). El tiempo de remoción de la tecnología de gases fue considerablemente menor (máximo 8 horas) que el requerido por la tecnología convencional (101 horas) implicando una reducción del 92% (P=0.00005). La residualidad fue del 3% y del 27% respectivamente (P=0.0005). Existe diferencia estadísticamente significativa entre las eficiencias de remoción, los índices de residualidad de los contaminantes, y el tiempo de tratamiento, a favor de la tecnología de gases.

## **Fitorremediación en la cuenca del lago Petén Itzá: Análisis de la capacidad depuradora de cinco macrófitas presentes en la cuenca.**

Rosa Flores<sup>1</sup>, Gerson Ochaeta<sup>2</sup> y Bessie Oliva<sup>3</sup>

1. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala; ryani.flor@gmail.com.
2. Autoridad para el Manejo y Desarrollo Sostenible del Lago Petén Itzá (AMPI), Guatemala.
3. Laboratorio de Investigación Química y Ambiental (LIQA), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad San Carlos de Guatemala (USAC), Guatemala.

Las aguas residuales representan focos de contaminación del recurso hídrico en el país, convirtiendo su tratamiento y depuración en una necesidad de primer orden, ya que estas son un peligro para la salud pública y el medio ambiente. Por esta razón, en el siguiente estudio se busca evaluar la capacidad depuradora de nutrientes y materia orgánica de macrófitas presentes en la cuenca del



lago Petén Itzá, para la futura utilización en humedales artificiales, con el fin de disminuir la carga de contaminantes que llegan al lago. Se implementaron microcosmos en cubetas con volumen inicial de 36 litros de aguas residuales, en un sustrato de arena y piedra estéril. En total se montaron seis tratamientos con tres replicas cada uno, un tratamiento control que contenía únicamente agua del efluente, y uno por cada especie de planta a analizar: *Eleocharis interstincta*, *Phragmites australis*, *Eichhornia crassipes*, *Typha domingensis* y *Vallisneria americana*. Como resultados previos se demostró la adaptación de las plantas al medio artificial y su capacidad de sedimentación y clarificación del agua residual previamente tratada, verificadas por la concentración de sólidos totales disueltos (TDS). *E. crassipes* presentó la mayor disminución de TDS de 478ppm a 228ppm.

### **Casos exitosos de potabilización de agua para consumo humano y de gestión comunitaria del agua en la cuenca del lago Atitlán**

Ana Cristina Martínez Rendón<sup>1</sup>, Ovidio García-Oliva<sup>2</sup>

1. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), Guatemala; [Cristim.rendon@gmail.com](mailto:Cristim.rendon@gmail.com)
2. Centro de Estudios Atitlán, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

El deterioro de la calidad del agua del lago Atitlán representa una problemática de salud pública, debido a que muchas comunidades dependen de este recurso para su abastecimiento de agua. Esta amenaza se ve agravada por la inexistencia de procesos eficaces de potabilización en muchas de estas comunidades. Con estos análisis de casos se evidencian las buenas prácticas de gestión comunitaria del agua (comunidades de Santa Lucía Utatlán) y de potabilización del agua procedente del lago Atitlán (Chuk Muk, Santiago Atitlán), para demostrar los procesos que han determinado su éxito en la administración del agua. Se analizaron y compararon datos de calidad de agua generados por personal de AMSCLAE en los últimos años, así como datos producidos por el Laboratorio de Agua de la Dirección de Área de Salud de Sololá. Se recopiló información en la Mancomunidad Tzolojya, municipalidades y comités de agua. En Chuk Muk, la aplicación de procesos eficaces de potabilización y desinfección del agua, con el uso de tecnologías básicas, han asegurado la calidad del agua distribuida a la población. Existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para Chuk Muk y los obtenidos para el resto de los municipios que succionan agua del lago, para coliformes totales, *Escherichia coli* y cloro residual ( $p < 0.05$ ). En comunidades de Santa Lucía Utatlán, la organización y capacitación de los comités de agua y el empoderamiento de los pobladores con sus recursos hídricos, la implementación de manuales y reglamentos de los servicios de agua, la creación del Departamento Municipal de Agua y el trabajo interinstitucional (Manctzolojya, Municipalidad y AMSCLAE) han impulsado el éxito de la gestión.



## Mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos hídricos ¿Son talla única?

Sharon van Tuylen<sup>1</sup>

1. Instituto Nacional de Bosques, Guatemala; svantuylen@yahoo.com, sharon.vantuylen@inab.gob.gt

Los mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos hídricos, son iniciativas que buscan promover la conservación y recuperación de los bosques y de las zonas de recarga hídrica, para asegurar el mantenimiento del agua en calidad y cantidad, así como la permanencia de otros co-beneficios, que repercuten en la mejora de los medios de vida de las poblaciones. El presente trabajo tiene como objetivo presentar las experiencias y los retos del desarrollo de los mecanismos de compensación por servicios ecosistémicos hídricos, liderados por el Instituto Nacional de Bosques (INAB), en cuatro sitios de diferentes departamentos de Guatemala. Para el desarrollo de los mecanismos de compensación, el INAB trabaja con los cinco principios básicos propuestos por Wunder (2005), para pago por servicios ambientales (PSA). A la fecha existen dos iniciativas en marcha y dos en proceso de implementación. Las iniciativas más avanzadas se encuentran en los municipios de Esquipulas Palo Gordo (San Marcos) y Olintepeque (Quetzaltenango) y las que se encuentran en proceso de implementación se localizan en el municipio de Concepción Chiquirichapa (Quetzaltenango), y San Jerónimo (Baja Verapaz). El desarrollo de los mecanismos ha presentado desafíos que reflejan las distintas condiciones sociales, económicas y políticas de cada sitio, por lo que podríamos decir que no existe una receta única para lograr su implementación y continuidad.



## RESÚMENES DE LAS PRESENTACIONES

### POSTERS

#### **Modelación del perfil de biomasa de fitoplancton, expresado como clorofila - a (Chl-a), en términos de la radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el lago Atitlán**

Ovidio GarcíaOliva<sup>1</sup>, Margaret Dix<sup>1</sup> y Fátima Reyes<sup>2</sup>

1. Centro de Estudios Atitlán, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala; ofgarciao@uvg.edu.gt.
2. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA), Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE).

Se proponen dos modelos teóricos basados en el crecimiento de biomasa según la ecuación de Monod con atenuación de la luz por decaimiento exponencial y atenuación de la luz según la ley de Beer-Lambert, para la determinación de los perfiles de biomasa de fitoplancton, expresada como concentración de clorofila-a (Chl-a) y radiación fotosintéticamente activa (PAR) en el lago Atitlán. Los parámetros de ambos modelos se calcularon utilizando datos tomados entre febrero y julio de 2015, obteniendo un buen ajuste entre cada modelo y el perfil de Chl-a estudiado (promedio de suma de residuales de 1.80 y 1.58). Ambos modelos reproducen con un nivel de confianza de 95% la profundidad del máximo de Chl-a para cada mes. Aunque la pendiente de los perfiles de PAR medidos y modelados es congruente en la mayor parte del intervalo desde 5 a 50 m, el ajuste entre ambos perfiles es deficiente. Esta deficiencia se debe a las simplificaciones del modelo, específicamente por considerar la atenuación de la luz como uniforme con la profundidad. A pesar de que el modelo reproduce en buena medida los perfiles de Chl-a, la baja reproducibilidad de los perfiles de PAR limita las aplicaciones del modelo.

#### **Evaluación de las relaciones espacio- temporales de la calidad del agua y las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en dos ríos de la cuenca del lago Atitlán, Sololá**

Sharon van Tuylen<sup>1</sup>, Margaret Dix<sup>1</sup>, Jorge García-Polo<sup>1</sup>

1. Laboratorio de Análisis y Monitoreo, Centro de Estudios Atitlán (CEA), Universidad del Valle de Guatemala(UVG), Campus Altiplano, Guatemala; svantuylen@yahoo.com, margaret.dix@gmail.com, 3jjgp78@yahoo.com

La finalidad del estudio fue evaluar las relaciones espacio- temporales entre las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua en los principales ríos de la cuenca del lago Atitlán: San Francisco y Quiscab. Se realizaron muestreos bimensuales de enero a noviembre de 2014, en cuatro sitios de muestreo por cada río. En cada sitio se realizaron colectas de



macroinvertebrados, medición de parámetros fisicoquímicos y se tomaron muestras de agua para análisis de nutrientes. No se observó mayor influencia de la temporalidad (varianza entre meses) en los parámetros fisicoquímicos y nutrientes. Los parámetros que fueron influenciados por la espacialidad (varianza entre sitios) fueron: temperatura, fosfatos ( $\text{PO}_4$ ), pH y conductividad en el río San Francisco, y amonio ( $\text{NH}_4$ ), oxígeno disuelto y pH en el río Quiscab. La abundancia de macroinvertebrados fue influenciada principalmente por la temporalidad para ambos ríos. Además, se observó que la diversidad de macroinvertebrados acuáticos disminuye conforme se deteriora la calidad de hábitat y la calidad del agua, y que esto coincide con el gradiente de la cuenca: en las partes más altas, la calidad del hábitat y del agua fue mejor que en la parte baja y se registró la mayor abundancia de taxones en las partes altas.

### **Estado actual de la pesca artesanal del municipio de San Juan La Laguna, Sololá**

Edna Stephanie Rueda<sup>1</sup>, José Roberto Ortíz<sup>1</sup>

1. Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), Universidad San Carlos de Guatemala (USAC), Guatemala; Stephru21@gmail.com

Realizando seis muestreos por semana de los desembarques de la pesca artesanal del municipio, se obtuvieron datos biométricos de los organismos capturados durante las dos faenas de pesca que se realizan al día. Se determinaron siete especies capturadas por la pesca artesanal, entre ellas peces y cangrejos, siendo la más predominante el blue gill (*Lepomis macrochirus*). Las especies mayormente capturadas fueron: cangrejo canche (*Raddaus bocourti*), cangrejo (*Potamocarcinus magnus*), blue gill (*Lepomis macrochirus*), lobina (*Micropterus salmoides*), carpa (*Cyprinus carpio carpio*), tilapia (*Oreochromis spp.*) y la reaparición del pez cuchillo (*Gymnotus maculosus*). Mediante resultados preliminares se determinó que el peso promedio de cada especie entre marzo y mayo fue: lobina 213 g, cangrejos 71 g, carpa 39 g, tilapia 320 g, blue gill 56 g. La talla de captura mínima y máxima de cada especie fue: lobina 10.5 y 42cm; carpa 9 y 21cm; tilapia 19.5 y 28.05 cm; blue gill 8 y 22cm.



## **Uso de microorganismos eficientes de montaña MEM como tratamiento alternativo en el Hotel Paradise Inn, Panajachel, Sololá**

Heraldo Escobar<sup>1</sup>

1. Círculo Ambiental, Guatemala; heraldoe@yahoo.com

La contaminación de cuerpos hídricos receptores cada día está llegando a niveles máximos y alarmantes, al extremo que casos emblemáticos en Guatemala como los lagos Amatitlán y Atitlán han ocupado titulares en los principales medios de comunicación, no por su atractivo turístico y potencial económico, sino por la crisis de contaminación. En el Hotel Paradise Inn de Panajachel se implementó un sistema de tratamiento de aguas servidas con microorganismos eficientes de montaña MEM para disminuir la eutrofización y propiciar escenarios propicios de demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mediante el inóculo de microorganismos eficientes de montaña MEM para contribuir a salvar el lago. Este método alternativo y accesible consiste en la inoculación de los efluentes con microorganismos eficientes de montaña benéficos (hongos, bacterias y levaduras) que formarán parte de la micro flora benéfica en el cuerpo receptor. Esta micro flora es la encargada de realizar los procesos de biodigestión, eliminación de olores fuertes de eutrofización, regulación de la DQO y DBO, para mejorar la calidad del agua tratada en el sistema del hotel, previo al desfogue al sistema recolector. La problemática específica en el lago Atitlán afecta a todos los sectores que interactúan en la cuenca y las propuestas de solución deben ser integrales, participativas y compartidas de tal manera que la suma de acciones y actores contribuya a mejorar las condiciones para salvar el lago.

## **Nanotecnología para filtración y tratamiento de contaminantes en el agua**

Jorge Iván Cifuentes Castillo<sup>1</sup>

1. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala; jicifuentes@ing.usac.edu.gt, jorgeivan96@hotmail.com

En esta investigación se ha encontrado que una de las formas de mejorar la salud de la población de Guatemala, Centroamérica y todas las regiones afectadas por la pobreza, contaminación ambiental, contaminación de ríos, lagos, mantos freáticos, escases de agua apta para consumo humano, es la aplicación de tecnologías nuevas y accesibles para filtración, purificación y tratamiento de contaminantes en el agua, como es la nanotecnología y materiales nanoestructurados con propiedades mejoradas. Los nano-filtros familiares, individuales, municipales e industriales son una solución para ayudar a solucionar la problemática del agua, como una adaptación a los efectos negativos de la contaminación y el cambio climático. Se presentan resultados experimentales de nuevos sistemas de nano-filtración de agua y materiales nanoestructurados para el tratamiento de contaminantes en el agua principalmente para consumo humano.



## **Uso de la tierra y calidad del agua superficial en la subcuenca del río San Francisco, cuenca del lago Atitlán, Guatemala.**

Juan Carlos Bocel<sup>1,2</sup>

1. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica; juan.bocel@catie.ac.cr
2. Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (DICA); Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno (AMSCLAE), Guatemala; monitoreoacuatico@amsclae.gob.gt.

El uso de la tierra genera importantes impactos en la calidad del agua, produciendo efectos negativos y en algunos casos positivos sobre los usos del agua. Los impactos incluyen cambios en las características físicas, químicas y bacteriológicas de esta. Este trabajo presenta la caracterización de la variación espacial y temporal de la calidad del agua y la determinación de la influencia del uso de la tierra sobre la misma, en la subcuenca del río San Francisco. Con el uso de herramientas de información geográfica se realizó el estudio cartográfico a partir del mapa de uso de la tierra según MAGA 2010 y capas del Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (GIMBOT), basado en imágenes satelitales RapidEye 2012, para generar unidades de uso actual de la tierra. Se monitoreó la calidad física, química y bacteriológica del agua en la parte alta, media y baja de la subcuenca en febrero para la época seca y en mayo para la época lluviosa. La información se sintetizó y analizó mediante el índice de calidad de agua de la National Sanitation Foundation (ICA-NSF). Los resultados revelan una variación gradual de la calidad de agua por zona desde la parte alta, media y baja con diferencias significativas entre cada zona ( $p < 0.0001$ ); asimismo, se observaron diferencias significativas entre épocas ( $p = 0.0051$ ) con valores superiores en la época seca. El índice de calidad del agua en cada zona es de 77.19, 68.0, 54.67 en época seca (agua de regular calidad) y de 70.21, 59.38, y 51.67 en la época lluviosa (agua de regular calidad). Al correlacionar el índice de calidad del agua con el uso de la tierra se encontró una alta correlación cuando el uso de la tierra es bosque mixto (1) y cobertura urbana (-0.99).

## **Evaluación de la red de monitoreo hidrometeorológico y variabilidad de la lluvia en la cuenca del lago Atitlán.**

Juan Carlos Fuentes<sup>1</sup>

1. Instituto Nacional de Electrificación, Guatemala; jfuentes@inde.gob.gt

Se evaluó la red de estaciones meteorológicas que se instaló en la cuenca en la década de los sesenta, por medio del Proyecto Hidrometeorológico Centroamericano. Asimismo, se evaluó la red actual con el objeto de disponer de una red óptima que genere series de tiempo confiables que puedan utilizarse en aplicaciones tales como balances, estimación de hidrogramas y sedimentogramas. En relación a la lluvia, se estimó la variabilidad y tendencia en dos series de



tiempo, que corresponden a las estaciones meteorológicas El Tablón y Santiago Atitlán. También se evaluó la red de monitoreo hidrometeorológico histórica y actual, y se estimó la variabilidad asociada a las series pluviométricas. La evaluación de la red histórica y actual se realizó con base en la densidad y variabilidad de la lluvia anual. Se analizó el régimen, variabilidad, tendencia y eventos extremos en las dos series de tiempo mencionadas. El error asociado a la red de monitoreo es considerable comparado con la red anterior, además, hay indicios de variabilidad del régimen de lluvias en la estación meteorológica Santiago Atitlán. Es relevante rediseñar la red actual de monitoreo hidrometeorológico, tendente a contar con una red que genere series de tiempo longevas y confiables.

### **Calidad de agua del lago de Amatitlán**

Manuel Cano, Julio Juárez, Elena Reyes

1. División de Control y Calidad Ambiental, Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán(AMSA), Guatemala; [mcano@amsa.gob.gt](mailto:mcano@amsa.gob.gt).

El lago de Amatitlán se encuentra en el área central del departamento de Guatemala, recibiendo las descargas combinadas de catorce municipios que conforman su cuenca, incluyendo la ciudad capital, a través de los ríos tributarios que alimentan el río Villalobos, principal afluente del lago. Este lago presenta altos niveles de eutrofización, por lo que la Autoridad del Lago de Amatitlán, a través de la división de Control y Calidad Ambiental, realizó el monitoreo de la calidad de agua del lago en cuatro sitios de muestreo, correspondientes a la temporada seca del año 2016. Se realizó la colecta de datos *in situ* y *ex situ* utilizando metodologías nacionales e internacionalmente aceptadas para evaluar la calidad de agua. Los resultados promedio obtenidos fueron: transparencia (0.58 m); temperatura (25.42 °C), pH (8.77), oxígeno disuelto (12.74 mg/L), demanda biológica de oxígeno (11.54 mg/L), demanda química de oxígeno (42.64 mg/L), fósforo total (0.42 mg/L), nitrógeno total (1.94 mg/L) y clorofila (2017.42 µg/L). Este estudio determinó una calidad de agua deficiente con elevados niveles de eutrofización.



# NOTAS

## Agenda

Nombre	Teléfono	E-mail
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____
_____	_____	_____



## Observaciones

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



