



MEMORIA DEL TALLER REGIONAL

**“Desarrollo de Capacidades para la Gestión de Aguas Superficiales en Centroamérica”**

**Ciudad de Managua, Nicaragua,**

**del 30 de enero al 3 de Febrero del 2012**

**Ciudad de Guatemala, 15 de febrero de 2012.**

**MEMORIA DEL TALLER**

**Fecha:**  Del 30 de Enero al 3 de Febrero de 2012

**Localidad:** Centro para la Investigación en Recursos Acuáticos de Nicaragua CIRA/UNAN. Managua, Nicaragua.

**1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS**

El grupo del agua del IANAS, conformado por miembros de las Academias de Ciencias de América que trabajan en la temática de los recursos hídricos, elaboró recientemente un diagnóstico sobre el estado de los mismos. Uno de los aspectos reiterados en casi todos los países de América es la necesidad de continuar el desarrollo de las capacidades en las instituciones y profesionales que trabajan en la temática del agua. Por lo anterior, la Academia de Ciencias de Guatemala formuló una propuesta para precisamente fortalecer las capacidades en la gestión de aguas superficiales en Centroamérica. El apoyo financiero del IAP a través de UNESCO ha permitido la realización del taller en el CIRA/UNAN, contando con la participación de los profesores de este prestigioso Centro, así como de los Doctores Gabriel Roldán y Ernesto González, miembros de IANAS y de las Academias de Ciencias de Colombia y Venezuela, respectivamente. Se conto con el apoyo de la Asociación Mundial del Agua. Participaron 92 profesionales, habiendo representantes de todos los países de Centroamérica, a quienes se les dio un certificado y se les proporcionó un CD de todas las ponencias presentadas en el taller.

**2. DESARROLLO DEL TALLER**

El Taller se inició con palabras de bienvenida pronunciadas por el Dr. Salvador Montenegro Guillén, Director del CIRA/UNAN y del Ministro de la Autoridad Nacional del Agua de Nicaragua (ANA), Dr. Luis Ángel Montenegro. Luego intervino el Licenciado Víctor Campos, Presidente de la Asociación Mundial del Agua, capítulo Nicaragua GWP/Nicaragua, posteriormente participó el Dr. Manuel Basterrechea, de la Academia de Ciencias de Guatemala y miembro de IANAS. Finalmente, inauguró el taller el Dr. Jorge Huete, Presidente de la Academia de Ciencias de Nicaragua. Los profesionales que hicieron uso de la palabra hicieron mención que la abundancia relativa del recurso hídrico en la región entre otros factores, ha sido una barrera para el desarrollo de una mejor gestión del agua y por ende la relevancia de este taller. Además, se resalto los avances logrados con la promulgación de leyes de agua en Nicaragua y Honduras y de la creación de la Autoridad Nacional del Agua en Nicaragua.

A continuación se resumen las ponencias presentadas en el taller, de acuerdo al programa del mismo.

**3. PRESENTACIONES**

**Fundamentos de Limnología**

*Dr. Gabriel Roldán,*

 *Universidad Católica de Oriente, Río Negro y Miembro de IANAS*

La presentación del Dr. Gabriel Roldán inició con una breve introducción sobre el ecosistema acuático, el ciclo hidrológico y algunas de las principales interacciones en el medio como lo son la absorción de la luz en la columna de agua, la profundidad y el tiempo de renovación de un sistema lentico, la productividad de un lago y el efecto de la temperatura sobre la densidad del agua.

Uno de los temas centrales de esta presentación se refirió al estado trófico de cuerpos de agua y el comportamiento diurno y nocturno del oxígeno disuelto y del dióxido de carbono en lagos estables y eutrofizados. Se citaron y ejemplificaron las “leyes de la ecología”: (1) Todo está relacionado con todo; (2) Todo debe ir a alguna parte; (3) La naturaleza sabe lo que hace; y, (4) No hay comida gratis, se paga o se perece.

Otros temas de importancia que fueron abordados se refirieron a los patrones básicos de drenaje de cuencas hidrográficas, la correlación de algunos factores físico químicos en un lago eutrófico así como los ciclos biogeoquímicos del fósforo y nitrógeno (P y N) y su importancia en los ecosistemas acuáticos.

Durante la presentación surgieron algunas preguntas y comentarios, entre los que destacan:

* Cuando interesa definir el estado trófico de un lago o embalse, comúnmente se busca el uso de modelos; sin embargo, a través de la presentación se ha ilustrado que es posible hacerlo mediante parámetros como el oxígeno, dióxido de carbono, etc. Sin embargo, en el caso de los modelos, la mayor parte son utilizados con datos que no son confiables, por lo que deben ser calibrados y alimentados con datos confiables. Los “bioindicadores” también se utiliza para determinar el estado trófico ya que según el tipo de organismos presentes, se puede deducir el mismo.
* Los lagos o embalses de Nicaragua son por lo general someros y polimícticos. La mayoría de cuerpos de agua del trópico, presentan estrechos gradientes de temperatura, así es por ejemplo que el lago Titicaca posee una temperatura superficial de 15°C y en la zona profunda solo varía alrededor de 2°C menor de este valor.

**Características Físico Químicas de las Aguas Superficiales y el Proceso de Eutrofización**

*MSc. Selvia Flores*

*CIRA/UNAN*

La MSc. Selvia Flores relacionó la composición de las aguas superficiales con los parámetros físico-químicos que permiten comprender el comportamiento de un ecosistema acuático, siendo estos la conductividad eléctrica, sólidos totales, salinidad, entre otros. Haciendo énfasis por ejemplo en como la conductividad dicta los fenómenos que ocurren en la cuenca de drenaje e indica la presencia de fuentes contaminantes.

La composición química del agua, conformada por constituyentes inorgánico de importancia y su interrelación con la productividad primaria como lo son el calcio y el magnesio. Posteriormente, abarcó la descripción del proceso de eutrofización y los eventos que lo originan como los aportes autóctonos y alóctonos de nutrientes, así como algunas medidas de acción como la remoción de las plantas acuáticas y el dragado de la cubeta del lago o embalse.

**Comunidades Biológicas en Lagos y Embalses**

*Dr. Ernesto González,*

*Universidad Central de Venezuela y miembro de IANAS*

La composición de las comunidades dulceacuícolas, la clasificación del plancton lacustre y su interrelación con la penetración efectiva de luz en el agua, fueron los temas centrales de esta ponencia. El Dr. González describió claramente a los distintos grupos de organismos que habitan sobre o dentro del agua y que se asocian a las condiciones del medio acuático. Asimismo, explico la relación de los nutrientes nitrógeno y fósforo, como elementos limitantes de la productividad del ecosistema y de la aplicación de herramientas como la medición de la transparencia a través del Disco de Sechi para determinar la profundidad estimada, en la cual es posible aún que se realice la fotosíntesis.

Dentro de los comentarios más relevantes a su presentación, se resume lo siguiente:

* Cuando hay baja concentración de nutrientes, no proliferan las algas, habiendo normalmente la presencia de algas verdes y diatomeas. Hay altas concentraciones de nutrientes, las cianobacterias proliferan, aun siendo ingeridas por el zooplancton; al poseer estas una cubierta mucilaginosa no son digeridas y salen intactas del tracto digestivo del zooplancton, de manera que esto les otorga mayor ventaja. Además, las cianobacterias fijan el nitrógeno molecular para compensar el fósforo limitante. Los copépodos son las especies del zooplancton que se alimentan de todo y aprovechan también estas condiciones.

**Estructura y Funcionamiento de Embalses**

*Dr. Gabriel Roldán,*

*Universidad Católica de Oriente, Río Negro y miembro de IANAS*

El Dr. Roldán compartió su experiencia sobre el comportamiento trófico de los embalses y su relación con el tiempo de residencia de agua y la profundidad de los mismos. La mayor parte de los embalses en Colombia son oligotróficos y mesotróficos. Una manera sencilla de aproximarse al estado trófico de los embalses, es a través del perfil de oxígeno y de temperatura; La desembocadura del río y su profundidad tienen mucho que ver con la mezcla de la columna de agua.

Elementos importantes como la posición de la torre de captación de agua dentro del embalse, provocan una serie de condiciones dentro del embalse y en el cauce del río aguas abajo al ser devuelta el agua turbinada, por ejemplo, la extracción del agua hipolimnética provoca la liberación de compuestos ferrosos, magnesio y ácido sulfhídrico que provoca problemas de desgaste en los equipos de la casa de máquinas, mientras que el agua epilimnética suele poseer mejores condiciones, pero deja el embalse con condiciones más desfavorables al extraer las aguas oxigenadas y limpias del embalse.

Algunas de las inquietudes que se compartieron luego de esta ponencia fueron las siguientes:

* La torre de captación en la parte baja tiene un impacto negativo en la casa de máquinas por el desgaste que provoca en el embalse El Cajón en Honduras. Se tiene problemas de metano y ácido sulfhídrico en el hipolimnion; es un embalse que con una profundidad de 185 metros y presenta anoxia entre los 50-60 metros.
* Dentro de las recomendaciones técnicas a considerar en el diseño y en la operación de un embalse están las siguientes:
	+ Extracción lo más profunda del agua que sea posible para maximizar la operación del embalse.
	+ Captaciones selectivas, máxime si se trata de embalses de uso múltiple.
	+ Remover la zona del hipolimnio.
* También es posible realizar descargas de “corrientes de densidad”, para la eliminación de agua del hipolimnion.

**Impactos sobre la Calidad de Agua en los Embalses y**

**Estudio de Caso de un Embalse en Venezuela**

*Dr. Ernesto González,*

*Universidad Central de Venezuela y miembro de IANAS*

La ponencia inició con una breve introducción a los embalses de Venezuela, ya que este país cuenta con más de 100 de ellos situados algunos en zonas protegidas que en su mayoría son oligotróficos o ultra-oligotróficos. Cada embalse es consecuencia de las actividades humanas desarrolladas en su cuenca, por ejemplo el embalse “La Pereza”, es un embalse eutrófico, resultado de las aguas residuales sin tratamiento de la planta de galvanizado que existe dentro de la cuenca. Compartió la experiencia del proyecto de aireación mecánica para controlar el florecimiento de algas en el embalse Pao Cachinche considerado hipereutrófico, el cual produjo resultados positivos significativos, pero explicó que en estos casos, es necesario como mínimo 1 año para poder ver resultados y que se trata de la única experiencia exitosa en Venezuela.

Comentarios realizados luego de su ponencia fueron los siguientes:

* El efecto de la aireación mecánica sobre el florecimiento de algas en la zona aireada, se resume de la siguiente forma:
	+ A mayores concentraciones de oxígeno de 8.00 mg/l, el ortofosfato se precipita y limita a las cianobacterias a favor de las clorofilas.
	+ Se trata de una aireación continua.
	+ Es necesario como mínimo un año para ver resultados.
	+ Es la única experiencia exitosa en Venezuela.
* El trasvase también es una opción para aumentar el caudal que ingresa al embalse y mejorar la calidad de la misma.

**La Cuenca Hídrica y Esfuerzos para su Gestión Integral**

*Dr. Salvador Montenegro,*

*Director del CIRA/UNAN*

El Dr. Montenegro dio a conocer algunos de los avances que Nicaragua ha logrado sobre el tema de la gestión integrada de los recursos hídricos, indicando que hace tres años y medio se aprobó la Ley Nacional de Aguas, cuyo proceso llevó 15 años. Señalo que la gestión de recursos hídricos es una guía o instrumento basado en el principio de la transversalidad y que en diferentes partes del mundo ha sido posible organizar a todos los sectores y se han enfrentado los problemas.

Surgieron algunas inquietudes sobre el éxito que efectivamente puede alcanzar la gestión integrada de recursos hídricos en la región, a lo cual el Dr. Montenegro respondió:

* En Nicaragua felizmente se cuenta con herramientas que hasta algunos años no existían, el simple hecho que se tiene una ley, muestra la voluntad tanto de los legisladores como del mismo gobierno, a diferencia de otras naciones de Centroamérica y de América, pero está claro que los gobiernos no son quienes tienen toda la solución, lo que resulta que la formación de alianzas y colaboración de los entes académicos, de la asamblea legislativa, de las diferentes instancias de gobierno y sobretodo de los grupos de interés, son quienes tienen realmente la responsabilidad, porque no es cierto que aunque el gobierno tenga el poder tenga todas las soluciones, hay que apoyarlo, persuadirlo o afrontarlo si fuese el caso, pero aportando la posible salida o solución; Se debe de tener la capacidad de demostrar que hay soluciones.
* Nicaragua es un país, en el que hay que demostrar que la ciencia sirve para algo, no es cierto que lo que diga un universitario o científico, va a ser tomado como una verdad, una acción, aquí es necesario demostrar que resulta insostenible el desarrollo de la agricultura tal como fue introducida hace 500 años, sin aprovechar la crianza intensiva.

**Día: Martes 31 de Enero**

**Visión Integral de la Cuenca 69, Cuenca de los Grandes Lagos Nicaragüenses y Posibles Riesgos**

Dr. Salvador Montenegro,

Director CIRA/UNAN

La Cuenca 69 es una cuenca binacional, compartida entre Nicaragua y Costa Rica, es la más grande de Centro América, y gran parte de la población e industria se concentra en esta zona la cual se distingue por la presencia de abundancia de recursos hídricos como el lago de Apanás, lago artificial de uso múltiple ubicado en la parte alta y construido con fines hidroeléctricos.

Asimismo, describió algunas de las características de los lagos Xolotlán y Cocibolca y señalo algunos de los planes de manejo en esta zona sustentados por las leyes 629 y 699 que crean la comisión de desarrollo sostenible de la cuenca hídrica del lago Cocibolca y del Rio San Juan.

**Estudio de Casos, Impacto sobre los Lagos**

**Contaminación del Lago Cocibolca por el Flujo de Agua desde el Lago Xolotlán,**

**Nicaragua**

Dra. Katherine Vammen,

Sub directora CIRA/UNAN y miembro de IANAS

La Dra. Vommen indicó que Nicaragua cuenta con 237 cuencas hidrográficas, de las cuales el 36% son cuencas transnacionales. De interés es la conexión del Lago Xolotlán con el Lago Cocibolca a través del río Tipitapa, durante la época de invierno. Se describieron ambos sistemas lacustres, y se puntualizó el carácter polimíctico del lago Xolotlán y su elevada actividad heterotrófica, sin deficiencias de oxígeno, alta turbidez, baja penetración lumínica, mientras que el lago Cocibolca de carácter polimíctico, con 25 ríos que desembocan teniendo una única salida que conforma el rio San Juan. Los principales problemas de este cuerpo de agua es una elevada biomasa de fitoplancton y clorofila a y el aumento de especies indicadoras de eutrofización, asociadas al aumento en las concentraciones de fósforo y nitrógeno en el agua.

Al concluir la presentación, surgieron algunas preguntas, las cuales se resumen a continuación:

* ¿Usted señalo que en el caso del Lago de Nicaragua, el factor limitante es la luz y no los nutrientes, entiendo que si el factor limitante es la luz es debido a la alta turbidez del agua, originada posiblemente por la alta presencia de sólidos en suspensión como por la alta presencia de fitoplancton, si hay alta presencia de fitoplancton me parece que eso no es originado por los nutrientes, no es esto contradictorio?
* No hemos determinado cual es el factor limitante pero hemos encontrado que hay cambios en la composición de fitoplancton y existe dominancia de cianofitas, estamos estudiando aún si el factor limitante es la luz debido a la baja transparencia del lago Cocibolca.
* ¿En la relación de la conductividad con el estado trófico del agua, se indicó que bajos valores se asocian a cuerpos de agua oligotróficos, mientras que altas conductividades a estados eutróficos, pero en la realidad, parece que esto no siempre es así?
* Generalmente, a nivel global se relacionan altas conductividades con altas tasas de productividad, sin embargo, en el lago de Xolotlán está limitada en parte por la penetración de la luz, ya que hay alta concentración de fósforo y se esperaría florecimientos algales mucho más exagerados; según el fósforo total el lago se encuentra en un estado hipereutrófico, pero según la clorofila el estado es eutrófico, y fue así como resumimos que la productividad está limitada por la penetración de la luz.

**Caso de Estudio - Costa Rica**

Carlos Roberto Rodríguez Meza,

Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) - Costa Rica

El Ingeniero Rodríguez señala que en su país el 91% de la energía proviene de fuentes renovables y el 80% de hidroeléctricas. Varios de los embalses localizados en Costa Rica se ubican en la cuenca media alta por lo que es muy importante la gestión de las mismas, así como la gestión de las zonas de borde (alrededor del embalse) y la restauración de los ríos afectados.

Los embalses de mayor preocupación en cuanto a sedimentación en Costa Rica son Angostura, Reventazón y Cachí, todos localizados dentro de la Cuenca del Río Reventazón. Parte del manejo que se efectúa para ampliar la vida útil de los embalses incluye la reducción de sedimentos de los afluentes que ingresan al embalse, el ruteo de los mismos en los embalses y la limpieza de sedimentos.

**Caso de Estudio – Honduras**

Mauricio Reconco

HONDULAGO - Honduras

El Lic. Mauricio Reconco señala que Yojoa es el único lago que posee Honduras y que genera aproximadamente el 10% de la energía hídrica del país. Este a su vez, alberga gran biodiversidad y constituye el área protegida No. 5 bajo la categoría de “Área de Usos Múltiples”.

Es un lago donde en su cuenca están asentadas 54 comunidades y 84,000 habitantes. Algunos de los principales problemas que presentan el lago, la zona aledaña y su cuenca son materia orgánica, metales pesados, tráfico de especies, agroquímicos, viviendas y asentamientos humanos, restaurantes, deforestación, sedimentación, entre otros.

La salida natural del Lago de Yojoa estaba localizada en el lado sur del mismo, pero se trasvasaron 2 microcuencas al lago para contar con más agua para la generación de energía hidroeléctrica y por tanto, se alteró la dinámica natural del lago ya que hoy drena para el lado norte, pero los vientos siguen corriendo de norte a sur, provocando una gran cantidad de efectos bióticos dentro del lago.

El Lago de Yojoa fue sedimentado con los metales pesados hace muchos años, y hace 12 años estudios señalan una profundidad de 36 metros y hoy tiene 26.5 metros, y la presencia de los metales dificulta el manejo o extracción de los sedimentos debido a la resuspensión que esto podría conllevar.

Estudios han demostrado que los sedimentos contienen metales pesados como cobre, zinc, boro y cadmio. En la zona ha habido proliferación excesiva de ninfa Eichhornia crassipes, la cual han aprendido a aprovechar para la elaboración de artesanías y papel.

Este tema generó bastante inquietud entre los participantes, se destacan los siguientes comentarios:

* En algunos embalses brasileños utilizan plantas macrófitas emergentes (halófitas) en las desembocaduras o entrada de ríos a los embalses ya que filtran los nutrientes y retienen los sedimentos, coadyuvantes con otras medidas y de menor costo.
* ¿Tienen muestreos sistemáticos en el lago de Yojoa?
	+ Investigación sistemática no se realiza en ninguno de los dos cuerpos de agua (embalse el Cajón y Lago de Yojoa), hay una investigación en el lago que incluyo los años 2006 y 2009 y otro en los años 2001 y 2002; la INE también se hizo algunos estudios que en ese momento se consideró el más sistemático; la empresa privada Aquafincas, tiene laboratorios y tiene un control mas sistemático, pero sus resultados no son siempre aceptados por la sociedad.
* ¿Impacto de la minería en el lago?
	+ Se ha hecho un estudio bastante bueno sobre la presencia de metales pesados en los sedimentos y su contaminación y se ha encontrado plomo, cobre, cadmio, zinc. También interesaba cuantificarlos en la fase líquida y por tanto su presencia en los peces, pero las concentraciones están por debajo de las normas y para que fuese riesgo, el humano tendría que consumir de una sola vez unos 50 kilogramos.
* Se indicó que cuando hay agotamiento de oxígeno en el lago, hay producción de acido sulfhídrico al igual que de metano, lo cual ha sido probablemente la causa de mortandad de peces; además del agotamiento de oxígeno hay que considerar la intoxicación provocada por la exposición a estos gases.

**Caso de Estudio – Guatemala**

Ana Beatriz Suarez

Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Amatitlán (AMSA) - Guatemala

La Cuenca del Lago de Amatitlán está integrada por 14 municipios, cuenta con un área de 381 km2, cuya extensión está ocupada en un 60% por actividad industrial y urbanismo. El Lago de Amatitlán tiene un área de 15 km2 y una profundidad promedio de 18 metros; las principales actividades que se desarrollan en el lago, son la pesca artesanal, navegación, riego, recreación, deportes y generación de energía. Existen alrededor de 250 pescadores que extraen aproximadamente 216 TM al año, principalmente conformadas por tilapia Oreochromis spp y guapote Parachromis managüensis, especies que abarcan el 84% de la captura. AMSA realiza esfuerzos para la recuperación del lago, con lo cual administra 7 plantas de tratamiento de aguas residuales en la cuenca, coordina la extracción periódica de ninfa Eichhornia crassipes, entre otras medidas.

Algunos de los comentarios surgidos luego de la presentación fueron los siguientes:

* Es interesante que exista una autoridad específica para el lago de Amatitlán; ¿cómo se formó la autoridad y su vinculación con el Gobierno?
	+ AMSA es una dependencia de la Presidencia de la República que fue creada en el año 1996 por decreto, pero ninguna de las autoridades del lago en el país es autónoma y depende del presupuesto asignado por el Gobierno.
* El Dr. Ernesto González indica que luego de haber tenido la oportunidad de haber conocido el lago de Amatitlán, señala lo lamentable que es su estado ya que se trata de un lugar muy bonito, pero lastimosamente pareciera que es la falta de interés del Estado, tal vez la recomendación de resaltar la importancia de este recurso y no desistir de realizar esfuerzos.

**Caso de Estudio – El Salvador**

José Roberto López Urrutia

GEA-OINAS- FC - El Salvador

El Ing. José Roberto López comparte su experiencia trabajando en conjunto con grupos de personas en la cuenca del lago Coatepeque, incentivando la conservación de los recursos hídrico, realizando actividades de concientización y sensibilización ambiental, lo cual ha producido resultados positivos en grupos de jóvenes. Su trabajo consiste en generar capacidades para la integración en las ciencias a través de deportes, campamentos, senderismo y voluntariado.

**Caso de Estudio – Panamá**

Johnny Cuevas

Autoridad del Canal de Panamá (ACP) - Panamá

El Ing. Cuevas indica que a la ACP le corresponde la administración, mantenimiento, uso y conservación de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. Explica que el tránsito en el Canal tiene una duración de aproximadamente 8 horas y se realizan entre 37-40 esclusajes al día, para lo cual se requiere embalsar el agua. Esta situación provee una renovación constante y no permite que el agua se estanque y se generen condiciones indeseables, tal como la proliferación excesiva de plantas acuáticas en el lago Gatún. Según el Índice de Calidad del Agua (ICA), las aguas son consideradas en un 78% de buena calidad.

**Algunos aspectos ecológicos de ríos**

Dr. Ernesto González

Universidad de Venezuela, Miembro de IANAS

El flujo unidireccional del agua es una característica propia de los ríos, así como el movimiento continuo. El Dr. Ernesto González comparte algunos aspectos básicos de los ecosistemas fluviales, tales como las distintas zonas que conforman un río y la biota que en ellos predomina; los tipos de ríos que existen según el régimen de precipitación de una zona, como lo son los transitorios y los permanentes.

Se hace énfasis en los productores primarios que habitan en dichos ecosistemas, señalando a las macrófitas, diatomeas y musgos como los principales grupos dominantes en las distintas zonas caracterizadas por cambios en la turbulencia y movimientos dentro del agua.

**Sistema de Indicación Biológica en los Ríos**

Dr. Gabriel Roldán

Universidad Católica de Oriente, Miembro de IANAS

Existe una gran biodiversidad de especies de macro invertebrados sobre y dentro del agua, cuya presencia es indicador del estado de un río; algunos con capacidad propia de desplazamiento, conformados dentro del necton y otros que habitan sobre el agua por lo que son denominados “pleuston”. Los más abundantes se encuentran localizados en la parte inferior del ecosistema fluvial y conforman parte del bentos.

El Dr. Roldán describe los distintos métodos y equipos utilizados para la colecta de macro invertebrados en los ríos y explica la aplicación de la bioindicación como herramienta para determinar el estado de un curso de agua, que puede presentar poca, mediana o elevada alteración de acuerdo a la presencia y abundancia de ciertas especies.

**estudio de caso de un río “subcuenca del río viejo”**

MSc. Thelma Salvatierra,

CIRA/UNAN

Ese hizo una descripción de la calidad del agua y la disponibilidad de los recursos hídricos en la cuenca del río Viejo. Debido a que se hará una visita de campo en el río Viejo (jueves 2 de febrero), la descripción de las características de la cuenca del río Viejo, así como calidad y cantidad de su agua, fue importante para los participantes.

**Explicación del Muestreo en el Lago de Xiloá, Muestras y Mediciones en el Campo**

MSc. Luis Moreno

CIRA/UNAN

El MSc. Luis Moreno brindó en detalle la actividad práctica que se hará en el lago Xiloá el día siguiente (miércoles 1 de febrero). Señaló algunas características físico químicas del lago y describió el programa de trabajo, equipo que sería utilizado, colecta de muestras para análisis en laboratorio, parámetros físico químicos a evaluar in situ, así como estaría conformada la actividad por la tarde en los distintos laboratorios de CIRA/UNAN.

**Día: Miércoles 1 de Febrero**

**Actividades de Toma de Muestras y Mediciones en el Agua en el Lago de Xiloá**

MSc. Junette Molina (Físico-Químico), CIRA/UNAN

MSc. Luis Moreno (Zooplancton) ,CIRA/UNAN,

MSc. Ninoska Chow (Fitoplancton), CIRA/UNAN y,

MSc. Rafaela Saavedra (Radiación Subacuática), CIRA/UNAN

Hora: 7:00 a 12:30 horas

Parte de la actividad práctica de la mañana incluyó la conformación de 2 grupos para realizar el muestreo en el lago de Xiloá. Se organizó el equipo dentro de la lancha y se navegó hasta uno de los puntos en donde una semana anterior se habían recolectado muestras para contrastar con los resultados de ese día.

* Personeros del CIRA mostraron el equipo y describieron su utilidad y uso apropiado.
* A través del GPS, se localizaron las coordenadas del punto de muestreo hacia donde se dirigió la embarcación.
* Se tomó lectura de la transparencia a través del Disco de Sechi y se midió la radiación hasta una profundidad aproximada de 16 m (aproximadamente 3 veces la transparencia).
* Con la sonda multiparámetros se hizo lectura de oxigeno disuelto, pH, conductividad, temperatura y sólidos totales disueltos a cada metro de profundidad y luego cada 5 metros hasta encontrar un cambio brusco en el oxígeno disuelto.
* Con la asistencia de personal del CIRA, participantes tuvieron la oportunidad de integrarse a las distintas actividades del muestreo.
* Adicionalmente, se colectaron muestras de fitoplancton y zooplancton con ayuda de equipo especializado y se colocaron dentro de envases correctamente rotulados para su posterior análisis en laboratorio.
* Las muestras colectadas a distinta profundidad, también servirían para realizar análisis en laboratorio de nutrientes y contaminantes.

Hora: 13:30 a 17:30 horas

Por la tarde del mismo día, se dividió al grupo de participantes de acuerdo a su propio interés en cada área de laboratorio para integrarse al análisis de las muestras colectadas por la mañana en el lago de Xiloá: Laboratorio físico-químico, Laboratorio plaguicidas, Laboratorio metales pesados y Laboratorio Hidrobiología.

Al finalizar los análisis se presentaron los resultados en el salón de conferencias del CIRA.

**Día: Jueves 2 de Febrero**

**Actividades de Toma de Muestras de Macroinvertebrados Acuáticos en el río Viejo-**

**Sector de las Mojarras**

Hora: 7:00 a 13:30 horas

Arribando al sitio se describió el lugar, señalando los aspectos más importantes como las condiciones naturales del río previo la perturbación del medio acuático. Se procedió a la toma de parámetros físico químicos del agua como oxígeno disuelto, temperatura, pH y conductividad. Luego se conformaron grupos con la asistencia del Dr. Gabriel Roldán y el Dr. Ernesto González, quienes explicaron el procedimiento de colecta de macro invertebrados acuáticos para la indicación de la calidad del agua.

Se colectó variedad de organismos mediante el empleo de distintos colectores y las muestras fueron fijadas con alcohol para su posterior análisis por la tarde. Al finalizar la actividad, el grupo fue trasladado hacia las instalaciones del CIRA para analizar las muestras y generar una discusión sobre el estado de la calidad del agua del río a través de la Bioindicación.

Hora: 13:30 a 17:00 horas

El Salón de Conferencias del CIRA fue acondicionado para realizar la práctica, auxiliándose un microscopio y un proyector adaptado para que todos los participantes pudiesen observar las muestras colectadas y sus características taxativas. La pizarra sirvió como medio auxiliar para denotar la presencia y valor de cada organismo de acuerdo a tablas que definen la calidad del agua según las categorías listadas.

Las conclusiones más relevantes fueron las siguientes:

* Además de las tablas, la apreciación subjetiva (visual y organoléptica) de la fuente de agua también es importante.
* Las aguas del Río Seco de acuerdo a los resultados obtenidos, podrían ser catalogadas de calidad aceptable-dudosa, puesto que denota la presencia de algunos organismos que habitan en aguas limpias y también otros que indican regular calidad, lo cual podría atribuirse a la actividad antropogénica existente en las riberas del río.

Día: Viernes 3 de Febrero

**Modelo de un Manejo Integral del Agua**

*Dr. Gabriel Roldán,*

 *Universidad Católica de Oriente, Miembro de IANAS*

El Dr. Gabriel Roldán comparte algunos aspectos básicos sobre el agua y ejemplifica la forma en que se le puede brindar un uso integrado al recurso, unificando los conceptos de cuenca, usuarios y recuperación de las aguas. Asimismo, muestra cuales suelen ser los problemas más comunes a nivel de microcuenca como la minería, desechos industriales, actividades agropecuarias, falta de protección de taludes, modificación del cauce de los ríos, quemas, generación de sedimentos, construcción de vías, secado de cauces por represamiento aguas arriba, etc.

De la misma forma indica cuales son las actividades que pueden encaminarse a corregir dichos problemas como la reforestación, protección de laderas, protección del cauce de ríos, protección del bosque nativo, etc. El agua residual puede ser tratada de varias formas, incluyendo el uso de plantas acuáticas o macrófitas emergentes, cuya función es la de servir como trampa para retener los sedimentos y a la vez absorber los nutrientes. De esta forma, se ha comprobado que la ninfa Eichhornia crassipes, tiene la capacidad de reducir en un 90% el contenido de DBO y DQO, al igual que los metales pesados. Otra manera de promover un uso integrado del agua, es incentivando el desarrollo de actividades de recreación: senderos, pesca deportiva, deportes, etc., que contribuyan a la protección y conservación de los márgenes de los ríos o lagos a través del establecimiento de parques ecológicos por ejemplo.

**Gestión Integral de Cuencas y Embalses a cargo de la Empresa Pública de Medellín (EPM) y Programas de Interacciones entre Empresas Públicas y Privadas**

**y Centros de Investigación de las Universidades**

*Dr. Wilson Cuéllar Márquez,*

*Empresas Públicas de Medellín (EPM)*

EPM se conformó originalmente como una empresa pública de la Municipalidad de Medellín; actualmente es un grupo empresarial multinacional. El Dr. Cuéllar describe algunos de los avances más relevantes al conjuntar esfuerzos de la iniciativa pública de servicios con la academia.

Comparte información sobre los principales embalses administrados por dicha institución e información sobre los avances que han logrado a través de la investigación, lo cual ha sido el resultado de la integración con universidades, brindándose un servicio mutuo al definir líneas de investigación de interés para ambas partes. Señala algunos de los problemas más comunes en Latinoamérica con respecto al uso inapropiado de los recursos hídricos y la necesidad de investigación que esto ha promovido.

**Propuesta Estratégica del Manejo de la Cuenca del Lago de Apanás y Asturias**

*Ing. Mario Torres,*

*Empresa Nicaragüense de Electricidad (ENEL).*

ENEL administra varias centrales hidroeléctricas, entre estas el Embalse Apanás. Estudios han revelado algunos de los principales problemas en dicho embalse, principalmente la deforestación de su cuenca, el aporte de sedimentos, cambio de uso de suelo en la zona y la reducción de caudales en los afluentes superficiales entre otros, por lo que hay necesidad de desarrollar acciones encaminadas al mejoramiento y protección de dicho recurso, entre los cuales se encuentra la propuesta del proyecto encaminado a implementar un estudio de ordenamiento ambiental de territorio y manejo integral de la cuenca.

Se priorizaron áreas de interés según una escala de sensibilidad y se establecieron vínculos con varias entidades gubernamentales para la ejecución de algunos componentes del proyecto. El proyecto de Manejo Integral de la Cuenca del Lago de Apanás es necesario para garantizar la generación hidroeléctrica actual y asegurar inversiones futuras en dicha cuenca.

**Clausura del Taller**

Las palabras de clausura estuvieron a cargo de la Dra. Vommen, Subdirectora del CIRA, quién agradeció a los asistentes su activa participación, así como al Programa de Agua del IANAS y al financiamiento del IAP a través de UNESCO.

Posteriormente, los Doctores Gabriel Roldán y Manuel Basterrechea entregaron a cada uno de los asistentes al Taller Regional el certificado de participación, agradeciendo al CIRA/UNAN haber sido anfitrión del taller. Además se agradeció el apoyo de la Asociación Mundial del Agua capítulo Centroamérica.