

# Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas CIHH



**Trayectoria 2005 - 2010**

## **TRAYECTORIA 2005 – 2010**

### **Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la Universidad Tecnológica de Panamá**

#### **AUTORIDADES DE LA UTP**

Ing. Marcela Paredes de Vásquez  
Rectora

Ing. Luis Barahona  
Vicerrector Académico

Dr. Martín Candanedo  
Vicerrector de Investigación, Postgrado y Extensión

Ing. Myriam González  
Vicerrectora Administrativa

#### **COMITÉ DESARROLLADOR**

Ing. Erick Vallester  
Director del CIHH

#### **Elaboración y Redacción**

Ing. Anelly Román  
Ing. Elsa Flores  
Dr. José Fábrega  
Dr. Reinhardt Pinzón

#### **Revisión Gramatical**

Facultad de Ciencias y Tecnología, UTP

#### **Impresión y Portada**

Imprenta UTP

#### **Primera Edición**

Octubre 2010

La revista "Trayectoria 2005-2010" es una publicación del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la Universidad Tecnológica de Panamá. Todas las fotografías utilizadas en este documento son propiedad del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas.

## Contenido

|  |    |
|--|----|
| Mensaje del Director.....  | 5  |
| Reseña del CIHH.....   | 6  |
| Proyectos destacados .....   | 9  |
| 1. Proyectos de colaboración internacional .....   | 10 |
| 1.1. The rio Chagres, Panama: A multidisciplinary profile of a tropical watershed. ....  | 11 |
| 1.2. Calibración de un modelo hidrológico para la determinación de los volúmenes de agua que fluyen en un bosque tropical húmedo: cuenca del Canal de Panamá. ....   | 12 |
| 1.3. Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del Canal de Panamá. ....  | 14 |
| 1.4. Monitoreo del efecto que los eventos puntuales de lluvia tienen en la calidad del agua de las fuentes de abastecimiento para potabilizadoras en la Ciudad de Panamá. ....   | 16 |
| 1.5. El efecto que la estación lluviosa tiene sobre los volúmenes de aguas subterráneas en la cuenca del Canal de Panamá. ....   | 18 |
| 1.6. Validación de los algoritmos de evapotranspiración en la cuenca del Canal de Panamá con base en información de sensores remotos. ....   | 20 |
| 2. Proyectos de innovación en el aprendizaje de las ciencias.....  | 21 |
| 2.1. Clima y niñez: “Medición de variables meteorológicas simples como experiencia motivadora para el aprendizaje de las ciencias en escuelas primarias”.....  | 22 |
| 2.2. Feria creativa, pabellón de meteorología. ....  | 23 |
| 2.3. Medición de variables meteorológicas y su aplicación en la prevención de desastres: “Experiencia motivadora para el estudio de las ciencias en escuelas de nivel medio” .....   | 24 |
| 3. Seminarios, capacitaciones y cursos .....   | 25 |
| 3.1. Pasantía del Dr. Fred Ogden para asistencia técnica en el Proyecto: “Calibración de un modelo hidrológico para la determinación de los volúmenes de agua que fluyen en un bosque tropical húmedo: cuenca del Canal de Panamá”. ....                                   | 26 |
| 3.2. Pasantía del Dr. Jan Hendrickx para asistencia técnica en el proyecto “Red de medidores de centelleos para la validación y calibración de algoritmos de sensores remotos usados para determinar balances de energía y humedad de suelos en los trópicos”. ....        | 27 |
| 3.3. Pasantía del Ing. Guillermo Eduardo Maggio: “Curso-taller: tecnologías de trazadores y sus aplicaciones en las industrias y plantas de tratamiento de aguas residuales”. ....   | 28 |
| 3.4. Curso de hidrología y suelos tropicales. ....   | 29 |
| 3.5. Pasantía del Dr. David Luther. “Seminario estudios bioinformáticos de avifauna en hábitat marino costeros: Manglares” .....   | 30 |
| 3.6. Pasantía del Dr. Joseph Shinar: Seminario para la introducción y capacitación en el Proyecto “Tecnologías de dispositivos o emisores orgánicos de luz (OLED), sus aplicaciones como sensores de oxígeno disuelto en plantas de tratamiento de aguas residuales”. .... | 31 |
| 3.7. Training of Trainers on Climate Change and Water and Water Resource, IWRM as Tool to Cope the Climate Change. <sup>2</sup> .....  | 32 |
| 3.8. Diplomado en gestión integrada de los recursos hídricos .....   | 33 |
| 3.9. Curso de hidrología y suelos tropicales 2. ....   | 34 |
| 3.10. Ciclo internacional de conferencias de hidrología y ambiente. ....   | 35 |
| 3.11. Workshop para la introducción, creación y fortalecimiento en el proyecto "Colaboracion internacional para el desarrollo bioinformatico de ciberestructuras para estudios ecohidrológicos" .....  | 36 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4.    | Proyectos de extensión .....  | 37 |
| 4.1.  | Proyecto Ejecución de Actividades Complementarias para un Programa de Saneamiento Básico en la Subcuencas de los Ríos Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado. ....  | 38 |
| 4.2.  | Proyecto incremento de la gestión ambiental comunitaria para el manejo de los recursos hídricos en las subcuencas de los ríos Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado; cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. .... | 39 |
| 4.3.  | Estudio hidrológico de las cuencas de los ríos Farfán y Venado y simulación hidráulica .....  | 40 |
| 4.4.  | Estudios técnicos, especificaciones y Recomendaciones para un nuevo Sistema de Tratamiento de las Aguas Residuales en Policlínicas de la Caja de Seguro Social. ....  | 41 |
| 4.5.  | Proyecto de alcantarillado sanitario de La Villa de Los Santos. ....  | 42 |
| 4.6.  | Estudio hidrológico y simulación hidráulica del río Juan Díaz y la quebrada Curunducito. ....   | 43 |
| 4.7.  | Levantamiento topográfico y verificación de las dimensiones y límites de la propiedad del Aeropuerto Internacional de Tocumen. ....   | 44 |
| 4.8.  | Inspecciones durante las remodelaciones al Aeropuerto Internacional de Tocumen. ....  | 45 |
| 4.9.  | Topografía para la legalización y lotificación de Pacora Centro. ....   | 46 |
| 4.10. | Monitoreos en el proyecto hidroeléctrico ESTI. ....   | 47 |
| 4.11. | Levantamiento topográfico y de estructuras en los centros del INADEH a nivel nacional. ....   | 48 |
| 4.12. | Recolección de muestra en el efluente de la quebrada El Barrero, Hospital Dr. Rafael Estévez. ....  | 49 |
|       | Participación docente .....   | 50 |
|       | Nuestros servicios .....  | 51 |
|       | Publicaciones .....   | 52 |
|       | Proyecciones del CIHH en desarrollo de líneas de investigación en Ciclo de Agua y Carbono. ....   | 53 |
|       | Proyecciones del CIHH en manejo integral de cuencas. ....   | 54 |
|       | Proyecciones del CIHH en innovación en el aprendizaje de las ciencias. ....   | 55 |

## MENSAJE DEL DIRECTOR

El tiempo nos da una perspectiva única para apreciar el fruto del trabajo realizado en el pasado. De allí, que al hacer un recuento de nuestros logros como centro de investigación en el período 2005-2010, no se puede más que sentir orgullo por todos los éxitos obtenidos en este período.

Enmarcados siempre en la función dada a nosotros en el artículo 54 de la Ley 17 de 1984, por la cual se organiza la Universidad Tecnológica de Panamá, de ser un centro de investigación y de servicios, hemos desarrollado y/o estamos desarrollando una serie de proyectos encaminados al cumplimiento de este compromiso.

En materia de investigación, en los últimos años, hemos aprovechado las nuevas oportunidades que ha brindado la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT). Hoy día, el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) presenta con orgullo que desde el año 2005 ha resultado beneficiado con cinco proyectos del programa de colaboración internacional por un monto de más de B/. 480,000, tres proyectos de innovación en el aprendizaje de las ciencias por más de B/. 70,000 y ha recibido apoyo para la realización de doce actividades puntuales de estímulo a las actividades de ciencia y tecnología por el orden de los B/. 90,000. Además se ha iniciado la presentación de propuestas ante organismos internacionales.

Estos proyectos han conllevado el desarrollo de tres líneas de investigación: el estudio del ciclo del agua y del carbono, el manejo integrado de cuencas y por último la educación de las ciencias. Además, entre nuestros planes están en convertir al Observatorio de Hidrología Tropical de Cerro Pelado (OHTCP) en un área consagrada a la investigación dentro de la comunidad científica internacional; así como a la cuenca del río Pacora en un modelo de

gestión para el manejo de cuencas de rápido crecimiento en la región.

Igualmente, nos hemos destacado en la prestación de servicios especiales. Nuestros trabajos en comunidades ubicadas en la parte oeste de la cuenca del Canal de Panamá, dentro de programas financiados por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) en conjunto con el Fideicomiso Ecológico de Panamá (FIDECO) y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), son una muestra de nuestro compromiso en beneficio de las comunidades rurales. La prestación de servicios a instituciones tanto públicas como privadas como son la Caja del Seguro Social (CSS), el Instituto Nacional de Desarrollo Humano (INADEH), el Hospital Rafael Estévez, el Aeropuerto Internacional de Tocumen, la Alcaldía de Panamá y AES Panamá entre otros, muestran el reconocimiento alcanzado por el CIHH dentro de sus áreas de especialización. Esperamos en el futuro ampliar nuestra oferta de servicios para poder servir mejor a las necesidades que la comunidad y el medio exijan.

La excelente labor realizada en estos últimos cinco años, ha significado un aumento en el volumen de trabajo del centro; así como en el número de sus colaboradores, quienes hemos podido mantener en todo momento un sentido de equipo y profesionalismo que, a costa de grandes sacrificios, esfuerzos y trabajo arduo ha permitido alcanzar los logros aquí esbozados y detallados dentro de este documento.

*Ing. Erick Vallester*

## RESEÑA DEL CIHH

### Antecedentes

La Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) se crea mediante la Ley 18 del 13 de agosto de 1981, convirtiéndose en Ley de la República, con el apoyo decisivo del General Omar Torrijos Herrera y del Consejo Nacional Legislativo de ese momento. Culminó así un esfuerzo desinteresado de estudiantes, administrativos y profesores que lucharon por esa noble causa.

En esta Ley se establece que la UTP es una universidad autónoma con personería jurídica, patrimonio propio y facultad para administrarlo; es un ente además con facultad para organizar sus estudios, programas, investigaciones y servicios.

La ley fue sancionada por el Dr. Jorge Illueca, Presidente de la República de Panamá en agosto de 1984. El 9 de octubre de 1984 se organiza definitivamente la Universidad Tecnológica de Panamá mediante la Ley 17 de 1984 en donde se establece que ésta tiene carácter oficial.

A partir de ese momento se inicia una serie de cambios, trasposos y reestructuraciones que culminan con la creación de las facultades, sus respectivos departamentos y coordinaciones de carreras, los centros regionales y coordinaciones así como otros departamentos y centros de investigación y de desarrollo de la Universidad.

El Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) fue fundado el 20 de octubre de 1980 como producto de la necesidad de hacerle frente al desarrollo de proyectos en el campo de las ciencias del agua, como sistemas de riego, diseño de presas y otros. Posteriormente, adscrito a la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión (VIPE) de la recién creada UTP.

En sus inicios concentraba su trabajo en las áreas de hidráulica e hidrología. Años más tarde, incursionó en el monitoreo con estaciones meteorológicas como complemento a la labor del centro en el área de hidrología.

En la actualidad, es uno de los centros de investigación con que cuenta la Universidad Tecnológica de Panamá y tiene sus oficinas

ubicadas en la Avenida Domingo Díaz, Tocumen, Campus de Investigación de la UTP.

El CIHH presta sus servicios en tres áreas: investigación, extensión y educación. En el área de investigación se ha tenido un incremento apreciable desde finales del 2006 en proyectos tanto de investigación y desarrollo con un componente de colaboración internacional, como en el ámbito del aprendizaje de las ciencias. Estos proyectos son financiados principalmente por la SENACYT, gracias a un renovado interés del Estado panameño por impulsar la investigación como elemento fundamental para el desarrollo del país. En el campo de los recursos hídricos y ambientales, se desempeña a través de un proceso sistemático y continuo, mediante el desarrollo de investigaciones, proyectos y la divulgación de los mismos, que conducen a la definición de criterios de uso razonable de estos.

El centro cuenta con aproximadamente 25 colaboradores con grado de doctorado, grado de maestría, ingenieros, técnicos y tesis.

El programa de investigaciones del CIHH tiene proyectos por más de B/.600,000.00 en fondos que provienen principalmente de la SENACYT. Estas investigaciones se desarrollan mayormente en dos sitios: a) El Observatorio de Hidrología Tropical en Cerro Pelado (OHTCP), micro cuenca (aproximadamente 15 ha) en Gamboa, zona situada dentro de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, y b) Las cuencas de los ríos Pacora (361 km<sup>2</sup>) y Cabra (120 km<sup>2</sup>) situadas al este de la Ciudad Panamá.

### Los objetivos del CIHH

Cumplir con las funciones dadas a los centros de investigación mediante el artículo 54 de la Ley 17 del 9 de octubre de 1984, a través de las siguientes actividades:

- 1) Realizar investigaciones y estudios básicos, de carácter nacional y regional, referente a las ciencias del agua y del ambiente, incluyendo estudios de cuencas, recursos naturales y ambiente.
- 2) Vincular la producción de conocimiento de las investigaciones y los estudios básicos en la solución de problemas relativos al recurso hídrico y al ambiente para el desarrollo del país.
- 3) Servir de enlace académico con instituciones científicas y fortalecer la capacidad institucional en materia de investigación científica.

**La misión de la UTP**

Formar y capacitar integralmente al más alto nivel, Recurso Humano que genere, transforme, proyecte y transfiera ciencia y tecnología para emprender, promover e impulsar el desarrollo tecnológico, económico, social y cultural del País.

**La visión de la UTP**

Mantiene una oferta académica permanentemente actualizada y con alto nivel de excelencia acorde a la realidad nacional y a las tendencias mundiales; fundamentada en conocimiento, en las habilidades, en las actitudes y en los valores.

Posee y forma Recurso Humano íntegro, idóneo, motivado, conciente de sus deberes y derechos, con alto grado de compromiso, con sentido de identidad y pertenencia y comprometido con el bienestar y desarrollo de la Universidad y de la Sociedad.

Posee instalaciones e infraestructuras necesarias a nivel nacional, equipadas con los últimos adelantos tecnológicos para cumplir con su Misión.

Cuenta con los mecanismos que permiten lograr los recursos para hacerle frente a sus

necesidades y para promover el desarrollo científico-tecnológico.

Es la Institución de Educación Superior Tecnológica acreditada Internacionalmente en sus actividades sustantivas de Docencia, Investigación, Extensión y Administración.

Mantiene una estrecha y continua vinculación con los sectores socioeconómicos y con sus egresados.

Extiende el radio de influencia de su gestión hacia la comunidad a lo largo de la República, desempeñando un papel relevante como Ente de desarrollo.

Cuenta con programas de investigación que aseguran la transformación, adecuación, proyección y transferencia de conocimiento en el campo de la Ciencia y Tecnología.

**La función del CIHH**

El CIHH tiene como función la investigación y la prestación de servicios. Adicional a esto, está en la capacidad de organizar y ofrecer cursos prácticos en coordinación con las autoridades académicas.

Le invitamos a visitar nuestro sitio web:  
[www.cihh.utp.ac.pa](http://www.cihh.utp.ac.pa)

**Organigrama del CIHH**



Fuente: UTP-CIHH-N-157-08, nota fechada el 19 de junio de 2008.

# En el 2010 celebramos nuestros 30 años en la investigación, la docencia y la extensión.



## PROYECTOS DESTACADOS

El CIHH es un centro para el estudio de tópicos relacionados con el ambiente y los recursos acuáticos en Panamá. Hoy día, nuestro programa de investigación se desarrolla principalmente en dos sitios: OHTCP, ubicado en Gamboa; microcuenca localizada dentro de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá, y las cuencas de los ríos Pacora y Cabra, localizadas al este de Ciudad Panamá.

En Cerro Pelado, el CIHH desarrolla tres proyectos de investigación: el primero se enfoca en la modelación del ciclo hidrológico en una cuenca tropical; el segundo, estudia el ciclo de carbono dentro de las condiciones particulares del OHTCP; y el último evaluará el efecto que la precipitación ejerce sobre los flujos de agua subterránea en cuencas tropicales durante la estación lluviosa. En las cuencas de los ríos Pacora y Cabra, se desarrollan estudios sobre el efecto que los eventos de lluvia tienen en la calidad de las fuentes de agua potable para el sector este de la Ciudad de Panamá.



Vista Panorámica del Cerro Pelado, Gamboa.

## 1. PROYECTOS DE COLABORACIÓN INTERNACIONAL

En esta sección, se muestran proyectos de investigación, los cuales son ejecutados con el fin de incrementar las capacidades científicas de nuestros profesionales, a través de la formación de alianzas de alcance internacional.

Los proyectos presentados en esta sección han sido auspiciados por la SENACYT a través de las convocatorias de apoyo a investigación y desarrollo (I+D) en el programa de colaboración internacional debido a que estos proyectos son ejecutados en conjunto con investigadores de Estados Unidos del "New Mexico Institute of Mining and Technology" (NMT), Purdue University, "University of Wyoming" (UW) y Universidad de California en San Diego, de España de la Universidad Castilla-La Mancha (UCLM) y de Colombia de la Universidad Nacional (UNAL). Además el CIHH cuenta con la colaboración de investigadores de instituciones como la ACP, la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM), el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI), así como de otras unidades de la UTP.



Observatorio de Hidrología Tropical Cerro Pelado

## 1.1. THE RIO CHAGRES, PANAMA: A MULTIDISCIPLINARY PROFILE OF A TROPICAL WATERSHED.<sup>1</sup>

Este documento fue el resultado de la recopilación de varios estudios científicos desarrollados en la cuenca alta del río Chagres y que brindó la oportunidad de crear enlaces académicos con instituciones científicas y fortalecer la capacidad institucional en materia de investigación científica



Parte del equipo multidisciplinario, de izquierda a derecha: Bruce Harrison, Fred Ogden, Russel Harmon, Jan Hendrickx, Erick Vallester, Davis Vega y José Fábrega.

Esta publicación se realizó gracias a la colaboración de las siguientes instituciones: Smithsonian Tropical Research Institute en Panamá (STRI), Autoridad del Canal de Panamá (ACP), Water Watch, University of Vermont, University of Washington, Winrock International, US Army Research Laboratory, Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM), Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), New Mexico Institute of Technology (NMT), University of Göttingen, University of Colorado, Ohio University, Hydrologic Research Center, US Geological Survey, University of Connecticut, Duke University y Oak Ridge National Laboratory.

A partir de este antecedente se logra la incursión del CIHH en la ejecución de proyectos de I+D avalados por las convocatorias de colaboración internacional de la SENACYT.

<sup>1</sup> Traducción del título: El río Chagres, Panamá: Un perfil multidisciplinario de una cuenca tropical.

## 1.2. CALIBRACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE AGUA QUE FLUYEN EN UN BOSQUE TROPICAL HÚMEDO: CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ. PROYECTO SENACYT COL06-013

Debido a lo anterior, el CIHH, de la UTP conjuntamente con investigadores del NMT y la "University of Wyoming" (UW), se encuentra en la última fase de esta investigación; la cual busca determinar con mayor confiabilidad los parámetros hidrológicos que influyen en el uso de los modelos hidrológicos empleados, para la estimación de los volúmenes de agua que se aporta a la cuenca del Canal de Panamá en situaciones propias de un bosque tropical húmedo.

Los objetivos específicos del proyecto son:

- Desarrollar una base de datos de campo de variables hidrológicas básicas.
- Probar las hipótesis desarrolladas en estudios previos.
- Calibrar los modelos hidrológicos existentes para el caso de cuencas tropicales.
- Desarrollar capacidades nacionales en el área y transferencia de tecnología.
- Divulgar los resultados obtenidos mediante diversas actividades.

A largo plazo se espera tener un observatorio permanente de hidrología tropical en el área de Cerro Pelado.

### Metodología.

Esta investigación se realiza en el área de Cerro Pelado, Gamboa, en un terreno propiedad de la UTP, el cual está dentro de la cuenca del canal. Dentro de esta zona se evalúa una microcuenca de aproximadamente 1 Km<sup>2</sup>, en donde se ha instalado una torre meteorológica de 40 metros de alto, con instrumentación capaz de medir velocidades y dirección de viento en tres dimensiones, evapotranspiración, precipitación, radiación solar, humedad relativa y temperatura.



Equipo instalado en la torre meteorológica.

La cuenca tropical del río Chagres es de vital importancia para el abastecimiento de agua al Canal de Panamá y a la Ciudad de Panamá. A través de los años, se ha recabado mucha información sobre la hidrología de esta cuenca, pero con fines estadísticos y descriptivos, por lo que existen muchas interrogantes acerca de los procesos y la confiabilidad de los modelos hidrológicos en cuencas tropicales húmedas como en la del Canal de Panamá.

El proyecto se divide en tres etapas, de las cuales se está terminando la segunda. A continuación una breve descripción de éstas:

**Etapas 1:** Se elaboró un mapa topográfico con la localización exacta de los sensores y equipo existente en el área, al igual que una base de datos donde se incluyó tanto la información existente anterior al inicio del proyecto, como del período de muestreo que empezó en enero de 2007, posterior a la construcción del vertedor triangular y la colocación del sensor de nivel de agua para medir el caudal a la salida de la microcuenca. También, se ha capacitado personal e instalado equipo de telemetría para la torre meteorológica. Se realizaron visitas de coordinación con los Doctores Hendrickx y Ogden, tanto en enero y julio de 2007 en Panamá. La reunión de julio incluyó la realización de un seminario de hidrología tropical por parte del Dr. Ogden.

**Etapas 2:** Se actualizó del mapa topográfico que contiene los equipos adquiridos y sitios de ensayo de infiltrabilidad, permeabilidad e hidrofobicidad. Se han analizado variables hidrológicas básicas acorde con la realidad de un bosque húmedo tropical, para una mejor calibración de modelos numéricos empleados por especialistas en el tema. Se realizaron pasantías de investigación de tres investigadores del CIHH en NMT y UW en el mes de octubre de 2007. Adicional, se presentó un póster en el Congreso APANAC del año.

**Etapas 3:** En esta etapa se completarán los informes de avance y presentación del informe final, publicación de artículo y el modelo hidrológico de la microcuenca de Cerro Pelado.



Vertedor triangular de pared delgada a la salida de la microcuenca de Cerro Pelado.

### Aportes de la investigación.

La mayor contribución de este proyecto será a nivel de la cuenca del Canal de Panamá, al poder conocerse con mayor exactitud los

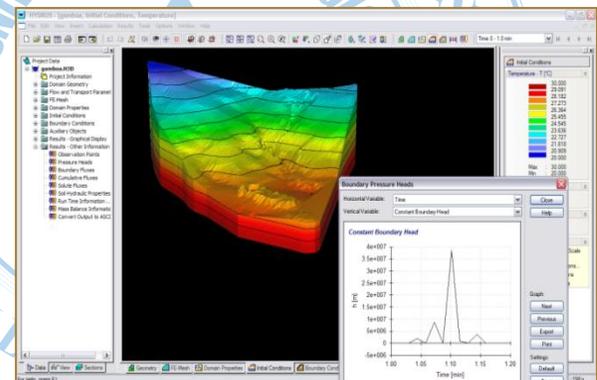
volumenes de agua que le proporcionan sus diferentes componentes. El impacto en la base científica del país será significativo por las siguientes razones:

- La transferencia e intercambio de conocimientos entre los investigadores nacionales y extranjeros expertos en los aspectos hidrológicos,
- La obtención por parte de la ACP y la ANAM de valiosa información tanto desde el punto de vista técnico como desde la óptica del establecimiento de políticas de aprovechamiento del recurso hídrico en la cuenca del Canal.
- La obtención de la infraestructura faltante para completar un laboratorio *in situ* de hidrología tropical en nuestro país.
- El desarrollo de capacidades a nivel institucional, lo que permitiría a nuestros investigadores asesorar a investigadores de la región y mejorar el manejo de otras cuencas tropicales.

### Difusión de los resultados.

Entre las actividades realizadas y por realizar tenemos: el lanzamiento del proyecto, el desarrollo del sitio web:

[www.utp.ac.pa/calibracion/index.htm](http://www.utp.ac.pa/calibracion/index.htm), la publicación un póster durante el Congreso APANAC 2008, con el título: "Calibración del Modelo Hidrológico Hydrus 2D/3D, aplicado a la microcuenca experimental del bosque tropical húmedo de Cerro Pelado, Gamboa", el desarrollo de capacitaciones como el "Seminario de hidrología tropical" del 9 al 20 de julio de 2007 y el "Curso de hidrología y suelos tropicales", del 1 al 5 de septiembre de 2008. Para la tercera etapa se estima el envío de artículos científicos y la presentación del informe final.



Resultados del modelo Hydrus 3D, balance hídrico en la zona no saturada, microcuenca experimental en Cerro Pelado, Gamboa.

### 1.3. CUANTIFICACIÓN DEL FLUJO DE CARBONO A TRAVÉS DE UN BOSQUE HÚMEDO TROPICAL EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ. PROYECTO SENACYT COL07-011.

La falta de capacidad institucional en la medición de flujo de carbono es un problema con que cuenta nuestro país. Esto nos hace depender de investigadores extranjeros o en el mejor de los casos de un investigador nacional, pero de forma aislada. De allí que el principal objetivo de este estudio sea: “crear la capacidad institucional y técnica a nivel nacional que permita a Panamá estimar el contenido de carbono en diferentes zonas de vida”. Entre los objetivos intermedios que se tienen están: i) Evaluar el intercambio neto de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  en un bosque tropical húmedo. ii) Evaluar el intercambio de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  a nivel de planta y suelo, iii) Divulgación de los resultados obtenidos, iv) Desarrollo propuestas a nivel internacional en el tema.

#### Metodología.

Esta investigación se desarrolla en un terreno propiedad de la UTP en Cerro Pelado, Gamboa, el cual está dentro de la cuenca del Canal. En este sitio se ha instalado una torre meteorológica de 40 metros de alto, con instrumentación capaz de medir velocidades y dirección de viento en tres dimensiones, evapotranspiración, precipitación, radiación solar y un medidor de flujo de carbono y vapor de agua (LI-7500 de la empresa LICOR Biosciences).

En este proyecto se realizan mediciones de campo que validen modelos numéricos. Las tres etapas en la que se divide son:

**Etapas 1.** Se contabilizaron las especies maderables y dominantes en un área de 1 ha

periférica a la huella de la torre meteorológica de Cerro Pelado, mencionada en el párrafo anterior. Los objetivos de este inventario fueron:

- Determinar las especies dominantes.
- Contabilizar las especies maderables con diámetros mayores a los 10 cm.



Personal del CIHH durante la medición de hojarasca.

Con esta información se calculará de forma indirecta la cantidad de carbono. Además, se adquirió el equipo de medición de flujo de carbono planta-suelo LI-6400XT de la empresa LICOR Biosciences. Igualmente, se obtuvo el programa ERDAS utilizado para el procesamiento y análisis de imágenes satélites, para cuyo empleo se recibió un curso de capacitación por parte del Dr. Hendrickx del NMT.



Vegetación predominante en Cerro Pelado.

**Etapas 2.** En esta etapa se ha capacitado a personal de la UTP en el manejo del LI-6400XT a través de la asistencia que nos brindó el Dr. Francisco López de la UCLM – España, durante su visita a Panamá en julio de 2008 y con la visita de personal del CIHH a Albacete, España. El CIHH ha iniciado un estudio que tiene como finalidad, medir a través del equipo LI-6400XT, la cantidad de  $\text{CO}_2$  que puede fijar la *Guazuma ulmifolia* una especie pionera de lugares abiertos y muy deforestados, para comparar luego los resultados en esta planta con aquellos obtenidos en especies propias del área de Gamboa. Para la finalización de esta etapa, se llevarán a cabo

muestreos para el estudio de los siguientes parámetros:

- a) El intercambio neto de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$
- b) El intercambio de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  a nivel de planta y suelo.

Para el punto (a), nos apoyamos con el equipo de trabajo del Dr. Hendrickx del NMT, durante la visita de coordinación a New México a principios del 2009. Además, se realizarán estimaciones del flujo neto de carbono empleando un anemómetro sónico tridimensional y un analizador de gases de lazo abierto de alta frecuencia colocado en la torre meteorológica de Cerro Pelado, cuya información será procesada utilizando las técnicas micrometeorológicas de covarianza Eddy y el método balance de energía por Razón de Bowen (BERB).

**Etapa 3.** En esta etapa se completarán las mediciones de flujo de carbono para ambos casos.



Equipo de medición de intercambio de carbono y agua a nivel de planta y suelo.

### Aportes de la investigación.

Este proyecto es original en el sentido que conlleva un estudio profundo del flujo de carbono en cuencas tropicales, las cuales han sido poco estudiadas. El impacto en la base científica del país será significativo por varias razones:

- a) Se crea la capacidad institucional en la cuantificación de uno de los principales gases responsables del efecto de invernadero, a través de la transferencia de conocimientos que en la materia se obtendrá de expertos internacionales.
- b) La obtención de información de flujo de carbono en ecosistemas de bosques tropicales húmedos.
- c) El desarrollo de un área permanente para investigación en el tema que sirva de base para el aprovechamiento de los bosques

como sumidero y depósito de gases de efecto invernadero y su posible comercialización como certificados de carbono.

Otro aporte de esta investigación es la promoción entre estudiantes de las universidades participantes del tema de flujo de carbono y sus aplicaciones (ejemplos: mercado de certificados de carbono, cambio climático y otros) mediante pasantías o seminarios-talleres especializados en el tema.

### Difusión de los resultados.

Además de la comunidad científica, los resultados obtenidos serán divulgados a grupos o instituciones con interés en el tema. Entre las actividades a realizarse tenemos: el lanzamiento del proyecto, el desarrollo del sitio web: [www.utp.ac.pa/carbono/index.htm](http://www.utp.ac.pa/carbono/index.htm), la presentación en el congreso de APANAC 2008, del póster titulado: "Comportamiento de la fijación de Carbono en Guazuma Ulmifolia (Guacimo)". Para finalizar el proyecto, se gestiona el envío de artículos científicos, la presentación de propuestas internacionales y la entrega del informe final.



Ensayos con el equipo de medición de carbono y agua a nivel de planta.

## 1.4. MONITOREO DEL EFECTO QUE LOS EVENTOS PUNTUALES DE LLUVIA TIENEN EN LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA POTABILIZADORAS EN LA CIUDAD DE PANAMÁ. PROYECTO SENACYT COL07-036.

El desconocimiento del estado de la calidad del agua para consumo humano puede significar, posibles desmejoras en la salud de la población, así como problemas en el funcionamiento adecuado de las plantas potabilizadoras.

El principal objetivo de esta investigación es desarrollar la capacidad institucional y técnica en Panamá, que permita estimar el efecto de eventos puntuales de precipitación en fuentes de abastecimiento de agua potable, apoyados por tecnología de punta en muestreo de agua y un sistema de telemetría.

### Metodología.

**Etapa 1.** Determinación del punto de muestreo. Para la selección del sitio de muestreo se realizaron giras a las áreas de estudios; considerando la seguridad del equipo muestreador (ISCO 6712) y sus accesorios, accesibilidad al área y cercanía a las rivera del río pero fuera de áreas inundables. Los puntos de muestreos seleccionados son la Toma de Agua de la Planta Potabilizadora del Río Pacora y Rancho Café en Río Cabra. Para este último se está trabajando en coordinación con la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. ETESA, que tiene una estación hidrometeorológica en el sitio.

**Etapa 2.** Toma de muestras de agua y análisis de laboratorio. En esta investigación se realiza la toma de muestras de agua a través del uso de equipos automatizados ISCO 6712, los cuales son programados para que inicien un ciclo de muestreo como respuesta a condiciones pre-establecidas de precipitación. Los muestreadores se han instalado en diferentes sitios según la necesidad de información (por ejemplo la toma de agua del río Pacora y Rancho Café), siendo retirados por períodos cortos para efectos de mantenimiento, a la vez que se ha desarrollado un sistema telemétrico para estar en comunicación con el equipo y recibir aviso al momento en que se da el inicio/culminación del muestreo.

Finalmente, se realizan pruebas físicas y químicas de calidad de agua en el Laboratorio de Sistemas Ambientales del CIHH a las muestras colectadas.

Igualmente, se han realizado recorridos a lo largo de la cuenca del río Cabra específicamente en la carretera hacia Cerro



Toma de agua del río Cabra.

Azul, para identificar los diversos usos de suelo en la parte alta de nuestro punto de muestreo. Esta información servirá para dar una idea preliminar de los efectos de uso de suelo en la calidad de agua de los ríos bajo estudio.



Muestreador instalado en Rancho Café.



Muestreador instalado en Hacienda Country Club

**Etapas 3.** En esta etapa, además de continuar con la toma de datos, se espera comparar los resultados obtenidos en los ríos Cabra y Pacora para establecer el nivel de afectación que causan los eventos de lluvia en la calidad de las aguas en las diversas épocas del año.

### Aportes de la Investigación.

Hasta el momento, el principal aporte de este proyecto ha sido el aprendizaje en la utilización de los equipos de muestreo, sobretodo la interacción con instrumentación que permita muestrear bajo ciertas condiciones. Otro aporte de esta investigación, ha sido la elaboración de una guía en español, la cual presenta aspectos fundamentales del procedimiento seguido en la toma y análisis de muestras. Igualmente, los resultados obtenidos parecen indicar que los eventos puntuales de lluvia tienen un efecto inmediato en la calidad de agua de los puntos de muestreo. Se ha apreciado que estos efectos tienden a aumentar el arrastre de partículas y sedimentos en el agua.

Estas condiciones pudieran afectar el funcionamiento de procesos de tratamiento de agua potable como: la coagulación, el filtrado y sedimentación. En materia de capacitación, este proyecto ha permitido la realización de dos seminarios informativos, al igual que visitas de coordinación y capacitación tanto del profesor Chad Jafvert a Panamá, como de investigadores del CIHH a Estados Unidos. Este proyecto ha permitido también la realización de un seminario de capacitación en el uso del programa ERDAS para el manejo de imágenes satelitales.



Toma de agua del río Pacora



Instalación del muestreador en la toma de agua del río Pacora.

### Difusión de los resultados.

En el XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología – APANAC desarrollado del 1 al 4 de octubre del 2008, se presentaron algunos resultados de este proyecto, en el póster con el título “Efecto de los eventos de lluvia en la calidad de agua de los ríos que abastecen las plantas potabilizadoras de Cabra y Pacora”. Igualmente, se ha desarrollado una página web del proyecto en la cual se pueden ver con mayor detalle aspectos relevantes:

[www.utp.ac.pa/monitoreo/index.html](http://www.utp.ac.pa/monitoreo/index.html)

## 1.5. EL EFECTO QUE LA ESTACIÓN LLUVIOSA TIENE SOBRE LOS VOLÚMENES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ. PROYECTO SENACYT COL08-075.

Los volúmenes de agua existentes en los diferentes componentes del ciclo hidrológico en la cuenca del Canal de Panamá, son estimados a través de simulaciones hidrológicas. La precisión y confiabilidad de estas simulaciones, dependen de la realización de pruebas de campo que validen los parámetros y las suposiciones realizadas. Ahora bien, las aguas subterráneas son parte fundamental del ciclo del agua, pero a diferencia de las aguas superficiales, la medición y predicción de este componente es un proceso bastante complejo.

En este proyecto se busca evaluar el efecto de la precipitación en el flujo de agua subterránea en cuencas tropicales durante la estación lluviosa. Para lograr este objetivo, se proponen las siguientes metas intermedias:

- a) Desarrollo de una base de datos con series de tiempo de niveles y parámetros de calidad del agua subterránea.
- b) Evaluación del efecto que la precipitación en la estación lluviosa tiene sobre el flujo base.
- c) Determinación del efecto que la precipitación anual tiene sobre los flujos de agua subterránea.
- d) La divulgación de resultados.

### Metodología empleada.

Esta investigación se realizará en el área de Cerro Pelado, Gamboa y está dividida en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

**Etapa 1.** Diseñar y construir una red de monitoreo de niveles y calidad de agua en la microcuenca de Cerro Pelado. Se propone usar un enfoque dinámico adaptativo, que permita modificar el diseño de los pozos a emplear en la medida que se mejore el conocimiento hidrogeológico del área de estudio. En el primer pozo exploratorio se avanzará hasta alcanzar profundidad de roca competente (sin fracturas) y se estudiará en toda su longitud mediante la observación detallada de las muestras de perforación y registros geofísicos. Una vez

construido e instrumentado este primer pozo, se perforarán un segundo y tercer pozo, con base en la experiencia del primero y buscando el cumplimiento de los objetivos del proyecto, para establecer direcciones de flujo y transporte. Complementariamente, pueden instalarse más minipiezómetros para mejorar la calidad de los resultados de las pruebas hidráulicas y de trazadores. Todos los pozos y minipiezómetros serán instrumentados con sensores de nivel y algunos con sensores para medición de parámetros de calidad del agua.



Pruebas de tomografías geofísicas.

**Etapa 2.** Con la red de monitoreo establecida en la etapa 1, se busca crear una base de datos con información de niveles y calidad de agua subterránea por al menos dos años consecutivos. Con esta información y datos de precipitación y escorrentía podemos desarrollar relaciones entre estos parámetros y flujos de agua subterránea, tanto verticales, como laterales (estudio de trazadores). En esta etapa se desarrollarán ensayos hidráulicos tales como pruebas de bombeo y pruebas de impulso. Igualmente, se realizarán pruebas con trazadores, que permitan evaluar la repelencia del agua (hidrofobicidad) por el suelo en Cerro Pelado, específicamente durante la época seca y principios de la estación lluviosa, tal como lo demuestran mediciones indirectas de proyectos anteriores.

**Etapa 3.** Con la información de la etapa 2, y el empleo de registros históricos, se buscará corroborar las hipótesis obtenidas en ésta etapa y completar los objetivos b y c del proyecto. Esta etapa, también se enfocará en la divulgación de resultados obtenidos a diferentes grupos o instituciones con interés en el tema. Además, se desarrollará un curso de aguas subterráneas en cuencas tropicales, empleando los resultados que se obtengan.

### Aportes de la Investigación.

Una vez alcanzados los objetivos propuestos en esta investigación, se tendrá un impacto positivo y significativo en la base científica del país debido a:

- a) La transferencia de conocimiento al trabajar con expertos extranjeros en el tema.
- b) La creación de la capacidad institucional necesaria para que nuestros investigadores puedan asesorar a otros investigadores en el área.
- c) La adición de información a los resultados obtenidos en otros proyectos financiados por SENACYT y que ejecuta el CIHH en Cerro Pelado: tales como: "Calibración de un Modelo Hidrológico para la Determinación de los Volúmenes de Agua que fluyen en un Bosque Tropical Húmedo: Cuenca del Canal de Panamá" y "Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la Cuenca del Canal de Panamá".

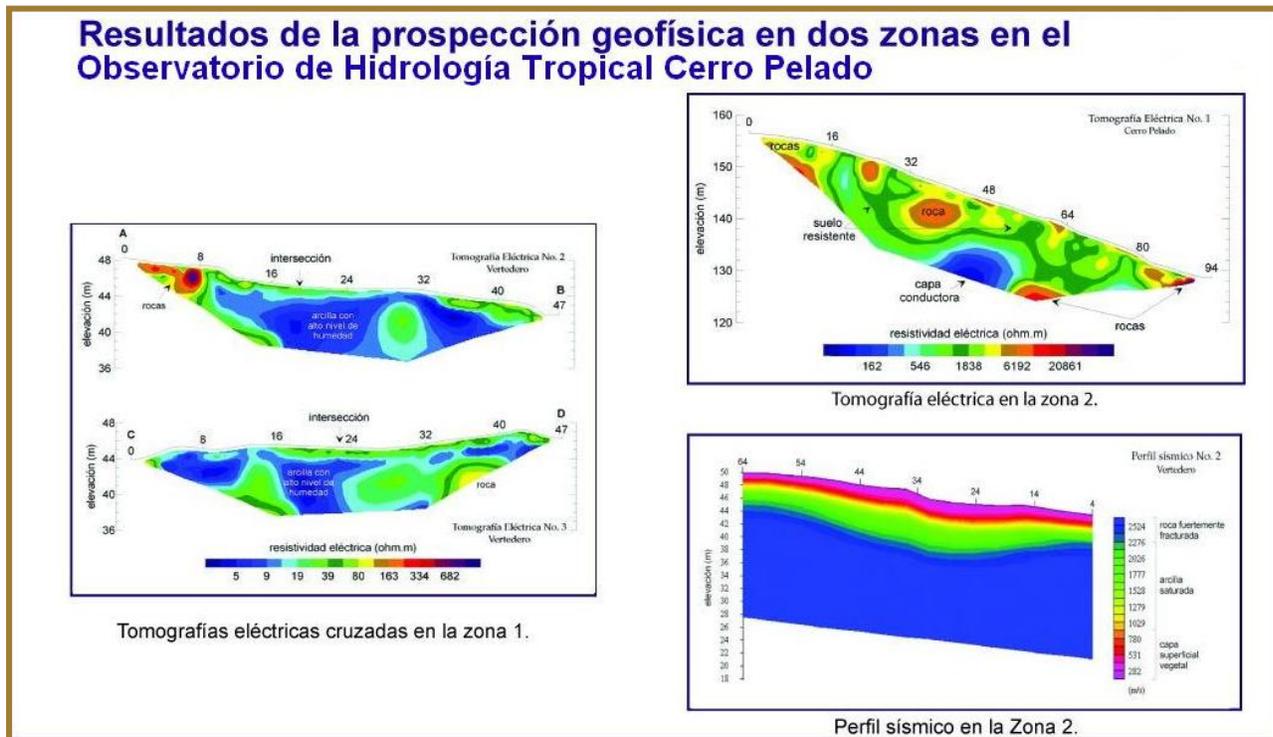
Adicionalmente, esta investigación permitirá mejorar la estimación del efecto que eventos tales como sequías y cambios en el uso del suelo tienen sobre los volúmenes de agua existentes en las reservas subterráneas de la cuenca del Canal.

### Difusión de los resultados.

Además de la comunidad científica, se comparten los resultados obtenidos con grupos e instituciones con interés en el tema.

Entre las actividades a realizarse para la divulgación de los resultados esperados tenemos: el lanzamiento del proyecto, el desarrollo del sitio web, la presentación de informes, la participación en congresos nacionales, la publicación de artículos, dictar seminarios sobre el monitoreo por medio de sensores remotos y la sistematización de esta experiencia.

Sitio web: [www.utp.ac.pa/COL08-075/index.html](http://www.utp.ac.pa/COL08-075/index.html)



Muestra típica de los resultados de la prospección geofísica: zona 1 ubicada cerca del vertedor 2 y zona 2 ubicada cerca de la torre de meteorológica.

## 1.6. VALIDACIÓN DE LOS ALGORITMOS DE EVAPOTRANSPIRACIÓN EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ CON BASE EN INFORMACIÓN DE SENSORES REMOTOS. PROYECTO SENACYT COL09-005.

La cuenca tropical del río Chagres es de vital importancia para el abastecimiento de agua al Canal de Panamá y a la Ciudad de Panamá. A través de los años se ha almacenado mucha información sobre la hidrología de la cuenca, pero esta información ha sido utilizada más bien para fines estadísticos y descriptivos. De allí, que existan todavía muchas preguntas acerca de los procesos hidrológicos en la cuenca del Canal de Panamá, principalmente en lo referente al componente de la evapotranspiración. Para la ACP es de suma importancia conocer la evaporación de los lagos Gatún y Alajuela, y su repercusión en las operaciones del Canal. Con base en información de sensores remotos, planteamos en este proyecto, aplicar una excelente herramienta utilizando imágenes satelitales para la validación de los algoritmos de evapotranspiración en la cuenca del Canal de Panamá.

### Metodología.

Esta investigación se realizará en el área de Cerro Pelado, Gamboa, y la misma propone desarrollar una herramienta eficaz y económica para el mapeo de la evapotranspiración real en la cuenca del Canal de Panamá. La estimación precisa de la evapotranspiración actual a partir de imágenes satelitales es nuestra meta, y además se propone validar y calibrar un algoritmo para la estimación de la evapotranspiración bajo condiciones con o sin nubosidad para determinar la radiación global que alcanza la superficie terrestre usando el modelo de nubes. Evaluaremos los métodos de la fracción evaporativa, resistencia superficial e índice de verdosidad comparando las medidas, en tierra, de evapotranspiración. Los algoritmos serán validados usando las nuevas tecnologías de medición de centelleo y "Eddy Covariance". Es por ello que se instalará un centillómetro de gran apertura, con el objetivo de medir los componentes del balance de energía sobre la

cuenca del Canal de Panamá y sobre el embalse del Lago Gatún. Estas mediciones serán usadas para tener un estimativo de las componentes del balance de energía y sus ciclos diurno y anual, los cuales afectan directamente las pérdidas de agua en la cuenca y el embalse. El conocimiento de las componentes del balance de energía usando algoritmos sobre sensores remotos, se traducirá en mejores estimaciones de la evapotranspiración real en la cuenca del Canal de Panamá.



Instalación del centillómetro en el campus de investigación de la UTP.

### Aportes de la Investigación.

El impacto en la base científica del país será significativo por las siguientes razones:

- a) La transferencia e intercambio de conocimientos entre los investigadores nacionales y extranjeros expertos en los aspectos hidrológicos, cambio climático y evaporación en embalses de cuencas húmedas tropicales.
- b) La obtención por parte de la ACP de valiosa información, desde el punto de vista técnico del aprovechamiento del recurso hídrico en la Cuenca del Canal,
- c) La introducción y validación de instrumentación avanzada (centillómetros y sensores Eddy Covariance) así como algoritmos operativos.
- d) El desarrollo de capacidades a nivel institucional, lo que permitirá a nuestros investigadores asesorar a investigadores de la región en la investigación relacionada con este proyecto en otras cuencas.

### Difusión de los resultados.

Entre las actividades a realizarse para la divulgación de los resultados esperados tenemos el lanzamiento del proyecto, desarrollo de sitio web, participación en congresos nacionales, publicación de artículos, participación en congresos, curso de sensores remotos, interpretación y análisis de imágenes satelitales y la presentación de informes.

## 2. PROYECTOS DE INNOVACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.

Una necesidad de nuestro país en materia de generación de conocimientos es la falta de una cultura de investigación. Es imprescindible que Panamá desarrolle, a través de los centros de enseñanza básica y media, el deseo y la motivación por investigar, medir y evaluar los fenómenos que nos rodean. Concientes de esta situación, el CIHH ha desarrollado proyectos que innovan y contribuyen a que las nuevas generaciones se interesen en el aprendizaje de las ciencias.

La ejecución de estos proyectos fue posible gracias al apoyo del Ministerio de Educación (MEDUCA) y de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) a través de las convocatorias de innovación en el aprendizaje de las ciencias.



Participantes del Proyecto Clima y Niñez: primer proyecto de innovación desarrollado por el CIHH.

## 2.1. CLIMA Y NIÑEZ: “MEDICIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS SIMPLES COMO EXPERIENCIA MOTIVADORA PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS EN ESCUELAS PRIMARIAS”. PROYECTO SENACYT APR06-016.

La problemática en la generación de conocimiento científico en nuestro país, empieza desde muy temprano en el ciclo escolar, al no contarse en muchas escuelas con programas que despierten el interés por realizar investigaciones.

A través de este proyecto se buscó llenar ese vacío, empleando los conceptos de meteorología en la aplicación en diferentes asignaturas y a la realización de experiencias controladas.

### Metodología empleada.

Este proyecto se llevó a cabo en una muestra de 19 escuelas de nivel primario de los distritos de Panamá y San Miguelito.

**Etapas 1.** Se seleccionaron las escuelas y los respectivos coordinadores con el apoyo del MEDUCA. Adicional a esto, se capacitó a los coordinadores y estudiantes en temas relativos al proyecto y toma de datos. Una vez finalizado este proceso, se procedió a la instalación del equipo en cada escuela.

**Etapas 2.** Se realizaron las mediciones de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica y nubosidad, además de diversas actividades de motivación como la visita al campus de la UTP, la confección del equipo de la estación meteorológica con material reutilizable y diferentes exposiciones.

**Etapas 3.** Para lograr una retroalimentación de las actividades de este proyecto, se realizó

un foro de cierre y se confeccionó un manual en que se presenta la metodología aplicada al desarrollo de este proyecto y se muestran los resultados y diversas actividades empleadas por los maestros para incorporar este proyecto al currículo escolar.



Los estudiantes trabajaron en conjunto con los docentes.

### Aportes de la Investigación.

A través de esta investigación, los estudiantes tuvieron una experiencia motivadora en diversos aspectos. Desde el punto de vista del estudio de las ciencias, les ayudó a comprender variables meteorológicas con las que trabajaron durante el proyecto. Además, a través de las visitas realizadas a las instalaciones de la UTP, interactuaron con el personal universitario.

El MEDUCA se benefició al ser parte del programa sin costo directo para ellos y también obtener capacitación gratuita para los maestros de las escuelas participantes. Además este proyecto se basa en el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias, una prioridad para este ministerio.

La UTP, el CIHH y la SENACYT ganaron experiencias en actividades encaminadas al fortalecimiento de la cultura de investigación científica en el país.



Estudiantes con el manual de experimentos meteorológicos suministrado por el proyecto.

## 2.2. FERIA CREATIVA, PABELLÓN DE METEOROLOGÍA. PROYECTO SENACYT APR07-014.

La realización de muestras interactivas es el eje central de muchos museos de ciencia y tecnología alrededor del mundo y es la utilizada para ilustrar a los más jóvenes, los conceptos específicos de ciencia de una forma amena. En Panamá, el Museo EXPLORA es una muestra de este concepto.

El Pabellón de Meteorología fue realizado con el fin de concientizar a los visitantes, en conceptos de uso racional de agua. Este pabellón consta de una maqueta “El ciclo hidrológico” que cuenta con atracciones físicas que son modelos para experimentar con los procesos de precipitación, infiltración y escorrentía. Y de un laboratorio virtual “Mi primera estación meteorológica” diseñado en *LabView*, al que los visitantes pueden acceder a través de un computador portátil.



Maqueta del pabellón de meteorología.

### Metodología a emplear.

El desarrollo de este pabellón interactivo se llevará a cabo en cuatro etapas, tal como se explica a continuación.

**Etapa 1.** Implementación del pabellón, pruebas de funcionamiento. Finalizada la construcción, se organizó una exposición en noviembre de 2009, en la que participaron cerca de 50 estudiantes de escuelas primarias con sus docentes quienes fueron parte del proceso de retroalimentación y mejoras.

**Etapa 2.** Pasantías. Con el afán de promover el intercambio, el Dr. José Fábrega, del 3 al 9 de febrero de 2008, visitó el hermano país de Colombia, en donde recorrió algunas de las instituciones que dedican actividades a promover el interés por las ciencias, principalmente en los niños, entre ellas el Centro Explora, Maloka y la Universidad Nacional de Colombia. Del mismo modo, el Dr. Erasmo Rodríguez CO-IP del proyecto, realizó una pasantía del 13 al 17 de marzo del 2010 en la Ciudad de Panamá donde visitó diferentes sitios con el mismo fin.



Estudiantes de sexto grado en su visita al CIHH.

**Etapa 3.** Traslado del pabellón a los centros regionales de la UTP. Fase desarrollada del 7 al 11 de junio de 2010 y contó con la participación de un total de siete centros educativos localizados en las provincias de Los Santos, Veraguas, Coclé y en el sector Oeste de Panamá.

**Etapa 4.** Esta etapa consiste en establecer el sitio para la exposición permanente.

### Aportes de la Investigación.

La confección de un pabellón que explique el ciclo hidrológico responde a la necesidad de sensibilizar a la sociedad respecto al papel que tiene la instalación, protección y mantenimiento de estaciones meteorológicas en el desarrollo sostenible del país. Esto se logró a través de la introducción a estudiantes de escuelas primarias de temas relativos a la protección de los ecosistemas (bosques, lagos, ríos), infraestructura y generación de energía.

## 2.3. MEDICIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS Y SU APLICACIÓN EN LA PREVENCIÓN DE DESASTRES: “EXPERIENCIA MOTIVADORA PARA EL ESTUDIO DE LAS CIENCIAS EN ESCUELAS DE NIVEL MEDIO” PROYECTO SENACYT APR08-005.

El objetivo de este proyecto es despertar en los jóvenes, el interés por la investigación, usando conceptos básicos de meteorología como herramienta, y su aplicación en la prevención de desastres naturales, como elemento motivador. También, se busca relacionar el proyecto con las actividades académicas escolares, para potenciar aún más los beneficios del mismo.

### Metodología a emplear.

Este proyecto se lleva a cabo en una muestra seleccionada de escuelas de nivel medio del sector este de la Ciudad de Panamá. El proyecto se divide en dos etapas:

**Etapas 1.** Selección de colegios participantes en coordinación con el MEDUCA y el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC). Posteriormente, se seleccionarán los docentes coordinadores por escuela y el grupo de estudiantes a representar cada uno de los centros. Los estudiantes y maestros seleccionados serán capacitados en los temas a tratar en el desarrollo del proyecto y finalizará con la instalación del equipo correspondiente.

**Etapas 2.** Además de la toma de mediciones, los estudiantes participarán en un conjunto de actividades que incluyen la participación en charlas sobre alerta temprana, la confección de mapas con los datos de las estaciones instaladas, el desarrollo de investigaciones, visitas a la UTP, conformación de clubes de Sistema de Alerta Temprana (SAT).

### Aportes de la Investigación.

A través de este proyecto, los estudiantes tendrán una experiencia motivadora en diversos aspectos. Desde el punto de vista del estudio de las ciencias, les ayudará a observar los fenómenos naturales desde una perspectiva práctica, les permitirá interactuar con el personal universitario y realizar visitas al campus de la UTP, lo cual podría motivarlos a considerar estudios desde temprana edad.

El MEDUCA se beneficiará al ser parte del programa sin costo directo para ellos y a través de la capacitación gratuita para los maestros de las escuelas participantes dentro del marco del mejoramiento de la enseñanza de las ciencias, una prioridad para este ministerio.

La Gerencia de Hidrometeorología de ETESA y SINAPROC, por ser entidades del Estado involucradas en sistemas de información y prevención de desastres naturales, se beneficiarán al contar con un mayor número de observadores en áreas críticas de Panamá Este.

La UTP, el CIHH y la SENACYT ganarán reconocimiento y experiencia en actividades encaminadas al fortalecimiento de la cultura de investigación científica en el país. Finalmente, se busca involucrar a las comunidades a través de seminarios de divulgación en los centros educativos participantes.



Estación meteorológica usada en el proyecto



Estación instalada en el CEBG Francisco de Miranda.

### 3. SEMINARIOS, CAPACITACIONES Y CURSOS

Como un centro de vanguardia tecnológica, el CIHH tiene el afán de mantener de mantener un alto nivel de actualización entre sus colaboradores, motivándoles a participar en diferentes seminarios, capacitaciones y cursos. También es parte de nuestro interés, integrar en esta actualización a las instituciones afines a nuestro campo de trabajo, a través de jornadas organizadas para tal fin.

Para lograr esto, el CIHH ha sido beneficiado con el apoyo de la SENACYT a través de las convocatorias de diferentes convocatorias que permitieron la realización de pasantías por parte de expertos extranjeros en nuestro país.

Además, es importante resaltar el trabajo conjunto con instituciones internacionales como la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y la Red Centroamericana de Instituciones de Ingeniería (REDICA).



Colaboradores del CIHH durante el seminario de hidrología tropical.

### **3.1. PASANTÍA DEL DR. FRED OGDEN PARA ASISTENCIA TÉCNICA EN EL PROYECTO: “CALIBRACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE AGUA QUE FLUYEN EN UN BOSQUE TROPICAL HÚMEDO: CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ”. PROYECTO SENACYT EST07-048B.**

El Dr. Fred Ogden ha estado trabajando en Panamá desde el año 2001 como investigador en distintos proyectos. Durante este período el profesor Ogden desarrolló una muy buena relación de colaboración con el CIHH. Esta colaboración dio como resultado que en el año 2006, el profesor Ogden fuera incluido como CO-IP en la propuesta “Calibración de un modelo hidrológico para la determinación de los volúmenes de agua que fluyen en un bosque tropical húmedo: cuenca del Canal de Panamá”, que fue beneficiada en las convocatorias I+D en colaboración internacional de la SENACYT 2007.

#### **Metodología.**

La pasantía se realizó llevó a cabo del 9 al 24 de julio de 2009 e incluyó reuniones con los investigadores del CIHH para la coordinación del proyecto COL06-013. Estas reuniones contaron también con la participación de investigadores del STRI y ACP con quienes se evaluó la participación de estas instituciones en éste y futuros proyectos.

Los temas tratados durante la pasantía se concentraron en la evaluación de los resultados obtenidos hasta el momento en el proyecto COL06-013, en el establecimiento de un plan de acción para la culminación del mismo y además se trabajó en una propuesta que se concentrara en el estudio de las aguas subterráneas en el OHTCP. Esta propuesta culminó en el proyecto titulado “El efecto que la estación lluviosa tiene sobre los volúmenes de aguas subterráneas en la cuenca del Canal de Panamá” con código SENACYT COL08-075.

Otra de las actividades del Dr. Ogden fue la visita al proyecto de flujo de carbono que lleva a cabo la Universidad de McGill, a través de la Dra. Katherine Potvin. Este proyecto es similar a otro que lleva a cabo el CIHH en Gamboa y el mismo complementa al proyecto COL06-013. Igualmente, el Dr. Ogden dictó el “Seminario Corto de Hidrología Tropical” y en el transcurso del día presentó la tesis realizada por su estudiante doctoral Justin Niedzialiek, quien hizo un estudio detallado de los parámetros hidrológicos básicos en Cerro Pelado, Gamboa y mostró los datos obtenidos por los equipos ya instalados. Este seminario incluyó una gira a campo para ver en terreno los detalles de los equipos instalados.



Participantes del seminario junto al Dr. Ogden.

#### **Aportes del Proyecto.**

Los aportes de esta actividad se vieron reflejados en una mejor coordinación del proyecto COL06-013, el cual tiene como meta una mejor comprensión del ciclo hidrológico en aspectos propios del trópico.

Igualmente, se logró desarrollar la propuesta del proyecto COL08-075 “El efecto que la estación lluviosa tiene sobre los volúmenes de aguas subterráneas en la cuenca del Canal de Panamá”, el cual resultó beneficiado en siguientes convocatorias de la SENACYT.

### 3.2. PASANTÍA DEL DR. JAN HENDRICKX PARA ASISTENCIA TÉCNICA EN EL PROYECTO “RED DE MEDIDORES DE CENTELLEOS PARA LA VALIDACIÓN Y CALIBRACIÓN DE ALGORITMOS DE SENSORES REMOTOS USADOS PARA DETERMINAR BALANCES DE ENERGÍA Y HUMEDAD DE SUELOS EN LOS TRÓPICOS”. PROYECTO SENACYT EST07-080B.

El Dr. Jan Hendrickx ha desarrollado excelentes vínculos profesionales de colaboración con el CIHH. Esta cooperación se ha traducido en el desarrollo de varios proyectos de colaboración internacional financiados por SENACYT. Esta pasantía consistió en dos visitas del Dr. Hendrickx a Panamá, las cuales tuvieron como objetivos:

- Coordinar estrategias para el despliegue de un conjunto de centillómetros.
- Planear futuros proyectos de colaboración internacional en el área de radiación y evaporación, empleando centillómetros e imágenes satelitales.
- Coordinación de los proyectos de colaboración internacional
- Dictar un seminario sobre la plataforma ERDAS 9.1.

#### Metodología.

Esta pasantía consistió de dos visitas:

**Visita 1.** Del 20 al 25 de julio de 2007. El Dr. Hendrickx se reunió con los co-investigadores del CIHH para coordinar estrategias para la

instalación de un centillómetro de gran apertura con el cual se realizan mediciones de flujo de calor sensible con fina resolución temporal y escala espacial, para la validación de la información obtenida de imágenes satelitales relativas a la cuantificación de la evapotranspiración sobre un área determinada. Además, el Dr. Hendrickx inició junto con el Dr. José Fábrega y el Ing. Erick Vallester la preparación de un proyecto en el área de radiación y evaporación que incluya al CIHH.

**Visita 2.** Del 20 al 26 de octubre de 2007. En esta visita se desarrolló un seminario de 40 horas en las instalaciones del CIHH, con el título de “Validación y Calibración de Algoritmos Operacionales sobre sensores Remotos, empleando la Herramienta ERDAS 9.1”. Este seminario teórico-práctico contempló el desarrollo de ejercicios que brindarían a los participantes, la posibilidad de poner en práctica lo asimilado en el curso. Además, se incluyó una visita de campo a la cuenca hidrográfica del río Pacora y áreas aledañas. En esta actividad se pudo comprobar *in situ* las ideas, conceptos y alcances de paquete informático ERDAS 9.1 en lo referente al tratamiento de imágenes adquiridas por sensores remotos.

#### Aportes del Proyecto.

Capacitación de personal del CIHH en el dominio de modernas herramientas informáticas de tratamientos de imágenes satelitales, que permiten una mejor comprensión de los mecanismos y procesos dinámicos involucrados en la relación tropical simbiótica entre suelo – humedad – energía. Igualmente, gracias a esta visita se presentó y obtuvo financiamiento para el desarrollo de un proyecto de colaboración internacional en el uso de centillómetros para la validación de algoritmos de imágenes satelitales relativos a la cuantificación de la evapotranspiración.



Colaboradores del CIHH en la clausura del seminario de ERDAS 9.1.

### 3.3. PASANTÍA DEL ING. GUILLERMO EDUARDO MAGGIO: “CURSO-TALLER: TECNOLOGÍAS DE TRAZADORES Y SUS APLICACIONES EN LAS INDUSTRIAS Y PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”. PROYECTO SENACYT EST08-037B.

Desde el año 1996, la UTP, a través del CIHH, ha servido de enlace al Programa de Acuerdos Regionales Cooperativos, para la Promoción de la Ciencia y la Tecnología Nuclear en América Latina (ARCAL) del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). La incursión en el tema del uso de la tecnología de trazadores se inicia con la interrelación con la OIEA y continúa con capacitaciones tales como: el curso “Técnicas de trazadores en plantas de tratamiento de agua residual”, realizado en Sao Paulo, Brasil, en el año 1999 y el curso “Aplicación de Trazadores en Plantas de Tratamiento y en la Industria”, dictado por el Dr. José Grifitt, de Cuba.

Actualmente, existe en Panamá una creciente preocupación por mejorar la calidad de las aguas servidas vertidas a los cuerpos de agua naturales. Proyectos como el saneamiento de la bahía de la Ciudad de Panamá y la ley para regular la administración y mantenimiento de plantas de tratamiento, son claros ejemplos de ello. En virtud de lo anterior, surge la idea de solicitar al Ing. Maggio, la presentación de un curso taller sobre la tecnología de trazadores. Esta idea se hace realidad a través de la convocatoria Estímulo 2008 a las Actividades de la Ciencia de SENACYT.

En este curso se presentó una metodología rigurosa, usando técnicas experimentales basadas en la detección de marcadores, la cual permite verificar o reevaluar los parámetros de diseño de estas plantas, para que se ajusten a nuestra realidad. Es por ello, que la aplicación de las técnicas de trazadores para la estimación de la eficiencia de estas instalaciones, permitirá conocer de forma confiable la situación actual de las principales plantas en el país. Este curso taller cumplió con los objetivos de:

- a) Brindar una introducción a los fenómenos radioactivos y aplicaciones de fuentes selladas,

- b) Estudiar aplicaciones de radiotrazadores,
- c) Planear y coordinar futuros proyectos de colaboración internacional en estos temas.

#### Metodología.

Desarrollado en dos módulos, el primero de los cuales se llevó a cabo del 2 al 6 de marzo de 2009, con el título de “Fenómenos radiactivos y aplicaciones de fuentes selladas”. El segundo módulo fue realizado del 19 al 23 de octubre del 2009, y en el mismo se estudiaron y practicaron los procesos de “Aplicaciones de radiotrazadores”. Ambos módulos contaron con conferencias magistrales, paneles de discusión, y prácticas resueltas por los participantes, con la guía de los facilitadores.



Acto de inauguración del Curso taller.

Entre los principales tipos de instituciones beneficiadas se cuentan: universidades públicas y privadas, Ministerio de comercio e industrias, autoridades de: medio ambiente, desarrollo urbano, salud pública, manejo de recursos hídricos, construcción de viviendas, desarrollo de infraestructura urbana y de transporte, del orden nacional, provincial y municipal, instituciones de acueducto y alcantarillado, mineras, compañías cementeras y petroleras.

#### Aportes del Proyecto.

El principal aporte de este curso taller fue crear la capacidad institucional y científica-técnica a nivel nacional, que permita a Panamá desarrollar y aplicar científicamente y basado en altos controles de calidad, las nuevas tecnologías de trazabilidad y sus aplicaciones en la industria de cemento, plantas de tratamiento de agua, industria del petróleo y minería. Además, estos cursos permiten al país contar con una herramienta para evaluar el estado de muchas plantas de tratamiento y enfocar esfuerzos en hacer correctivos técnicos que permitan adecuar estos sistemas, a las nuevas exigencias dentro de las políticas estatales de la calidad de nuestros cuerpos de agua.

### 3.4. CURSO DE HIDROLOGÍA Y SUELOS TROPICALES. PROYECTO SENACYT EST08-045B.

Panamá es un país con una presencia muy débil en el ámbito científico internacional en los temas relacionados con las ciencias hidrológicas. Esta es una omisión muy seria que debe corregirse, dado lo fundamental que resulta la comprensión del ciclo hidrológico para nuestro país. La operación del Canal de Panamá, el suministro confiable de agua potable y de energía eléctrica, son sólo algunos ejemplos de esta situación. Para subsanar estas deficiencias, el CIHH ha iniciado la ejecución de diferentes proyectos cuyo objetivo es abrirse campo en este tipo de investigaciones.

El objetivo de este proyecto fue desarrollar un curso de hidrología y suelos tropicales dirigido a un grupo de ocho personas, integrado por colaboradores del CIHH y estudiantes de la UTP, el cual fuera dictado por el Dr. Helmut Elsenbeer, dentro de diferentes parcelas de estudio de la microcuenca Lutz en la isla Barro Colorado. A través de este curso se cumplió con la descripción y cuantificación de variables hidrológicas tales como infiltración, precipitación, conductividad hidráulica y escorrentía superficial, en estas parcelas. La microcuenca Lutz, al ser una cuenca ampliamente estudiada por el Dr. Elsenbeer y la Universidad de Postdam, posee una diversidad de equipos de monitoreo ya instalados.

#### Metodología.

En la realización de este curso, los participantes fueron separados en tres grupos de trabajo. Aún cuando a cada grupo se le asignó un tópico a coordinar, todos los participantes utilizaron los equipos para diferentes pruebas de campo.

Igualmente, se realizó una visita de coordinación, dentro de la cual se hizo un recorrido por las diferentes parcelas de estudio que tiene el Dr. Elsenbeer en el sitio. Igualmente, se conversó acerca de la realización de diversos proyectos en conjunto, tales como la realización de una segunda parte de este curso, efectuar muestreos en el Observatorio de Hidrología Tropical de Cerro Pelado (OHTCP) que mantiene el CIHH en Gamboa.

Los resultados logrados a través de los cinco días de trabajo se clasifican en dos grupos:

a. Pruebas de precipitación y escorrentía superficial. Se logró la cuantificación de la lluvia neta de dos eventos cortos en una parcela de 100 x 100 m con 220 pluviómetros a nivel del suelo.

b. Pruebas de infiltración hidrológica y permeabilidad hidráulica. Demarcación de una parcela de 30 x 20 m ubicada en la parte alta de la microcuenca Lutz; establecimiento de 25 puntos de muestreo; valores de infiltrabilidad para los muestreos realizados a nivel del suelo; valores de permeabilidad para los muestreos realizados a profundidades de 12.5 cm y 20 cm.



Participantes en el curso de hidrología

#### Aportes del Proyecto.

La realización de este curso brindó al personal del CIHH y a los estudiantes que asistieron de los siguientes beneficios directos:

a) Una mejor comprensión de tópicos como infiltrabilidad, permeabilidad, escorrentía superficial y lluvia neta, parámetros hidrológicos que forman parte del ciclo hidrológico.

b) Un desarrollo de las capacidades de los participantes en el manejo de equipos de campo y la operación de software como "R"

c) El establecimiento de lazos de cooperación más estrechos con el Dr. Elsenbeer de la Universidad de Postdam y el equipo de investigadores de STRI.

En resumen, se reforzaron los conocimientos teóricos, con la adquisición de conocimientos prácticos en el desarrollo de diversas pruebas, que servirán de apoyo a los proyectos que realiza el CIHH en el área. Igualmente, preparó a estudiantes de la UTP, en experiencias prácticas que puedan emplear en el ámbito laboral relacionado al estudio de suelos.

### 3.5. PASANTÍA DEL DR. DAVID LUTHER. “SEMINARIO ESTUDIOS BIOINFORMÁTICOS DE AVIFAUNA EN HÁBITAT MARINO COSTEROS: MANGLARES”. PROYECTO SENACYT EST08-011C.

Los manglares constituyen una región de transición entre los ambientes terrestres y el marino. El manglar es el equivalente costero del bosque selvático en tierra. Constituye un ecosistema irremplazable y único, que alberga una increíble biodiversidad, siendo uno de los más productivos del mundo. Entre sus árboles, ramas y follaje se encuentran innumerables especies de aves, reptiles, mamíferos, insectos, plantas epífitas, líquenes, hongos, etc. Las raíces aéreas de sus árboles surgen de las aguas saladas y salobres en costas, estuarios y deltas, formando un entramado que aloja a multitud de especies animales (peces, moluscos, crustáceos), muchas de ellas importantes para la alimentación humana. Los manglares, son zonas de apareamiento y cría de gran cantidad de especies; además, protegen a las costas de la erosión, y han proporcionado durante siglos una multitud de recursos a las poblaciones locales.

Es así que surge la idea de solicitar al Dr. David Luther, que brindará una capacitación a un grupo de miembros de la UTP, en la aplicación de las tecnologías de SIG para el estudio de la avifauna en los hábitat marino costero, así como el dominio de herramientas de la informática para el tratamiento de imágenes satelitales, que permitan una mejor comprensión de los mecanismos y procesos dinámicos involucrados en la relación entre el mar, el manglar y la costa.

#### Metodología.

La visita del Dr. Luther tuvo una duración de tres días. Durante este tiempo tuvo la oportunidad de reunirse con el grupo de investigadores del CIHH con el fin de compartir ideas para realizar futuros proyectos de investigación relativos a las avifaunas, específicamente en una zona de manglares de Chame, propiedad de la UTP.

Dentro de esta pasantía, el día 13 de noviembre de 2008, se llevó a cabo el seminario “Estudios bioinformáticos de avifauna en hábitat marino costeros: Manglares”. Este seminario contó con 60 participantes, entre los que se destacan, colaboradores de entidades como ANAM, La Autoridad Marítima de Panamá, Universidad de Panamá, además de profesores y estudiantes de la UTP. Los participantes tuvieron también, la oportunidad de escuchar las presentaciones de expertos en investigaciones del tema en Panamá como son la Sociedad Audubon de Panamá y la Fundación Avifauna de Panamá.

Por último, se asistió a una gira de campo al terreno de la UTP ubicado en Chame con el objetivo de establecer sitios para muestreo y estudio de la avifauna del lugar.



Acto de inauguración del seminario

La pasantía del Dr. David Luther se desarrolló con el objetivo de brindar un seminario en la teoría y las aplicaciones en el estudio de la ecología, evolución y conservación de especies de aves que habitan en los manglares panameños y en la tecnología de la bioinformática usada para estas investigaciones.

Adicional a esto, durante la visita de campo realizada a los terrenos de la UTP en Chame se recorrió el territorio de manglar para observar la biodiversidad de plantas y animales, estableciéndose sitios preliminares para la implementación de redes de captura para el estudio y análisis de la avifauna de la zona.

Este recorrido permitió, bajo la supervisión del Dr. Luther, la determinación de la presencia de 38 especies de aves de las cuales 14 son residentes. De estas 14 especies se han reportado dos como endémicas para los manglares.

### **3.6. PASANTÍA DEL DR. JOSEPH SHINAR: SEMINARIO PARA LA INTRODUCCIÓN Y CAPACITACIÓN EN EL PROYECTO “TECNOLOGÍAS DE DISPOSITIVOS O EMISORES ORGÁNICOS DE LUZ (OLED), SUS APLICACIONES COMO SENSORES DE OXÍGENO DISUELTO EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES”. PROYECTO SENACYT EST08-038C.**

La medición de los niveles de oxígeno presente en las fuentes acuíferas usando la novedosa tecnología de sensores orgánicos denominados “*organic light-emitting device*” (OLED) ayudaría a las autoridades a monitorear la calidad de agua que llega a nuestros cuerpos de agua. En términos generales, la situación de muchas plantas de tratamiento primario y secundario de aguas residuales en Panamá es bastante lamentable. La falta de mantenimiento, legislación e información acerca de la eficacia real de estas plantas, dificulta el establecimiento de prioridades y la asignación de los pocos recursos existentes a los puntos más críticos del sistema.

Para solventar esta problemática, se desea investigar a través de proyectos como este, si la aplicación, verificación y calibración en nuestro país, de sensores orgánicos OLED para la estimación de la eficiencia de estas instalaciones de procesamiento, permitirá conocer de forma confiable la situación actual de las principales plantas.

Esta pasantía se llevó a cabo con el objetivo de crear la capacidad institucional y científico-técnica a nivel nacional que permita a Panamá desarrollar y aplicar las nuevas tecnologías de sensores orgánicos para la estimación del nivel alcanzado en el procesamiento de aguas residuales.

#### **Metodología.**

Los días 24 y 25 de noviembre de 2008 se llevó a cabo el seminario dictado por el Dr.

Joseph Shinar, cuyo propósito fue capacitar a un grupo de 31 personas entre estudiantes, colaboradores de la UTP y de las instituciones involucradas en la temática de las aguas residuales y la contaminación, sobre la tecnología en desarrollo OLED, su diseño y aplicaciones a las diferentes actividades industriales y de calidad ambiental, tales como la medición de los niveles de oxígeno disuelto en agua.

El desarrollo del seminario fue dividido en cuatro actividades principales: presentaciones por el Dr. Shinar, presentaciones por las instituciones invitadas, demostración del uso del equipo y la sesión de talleres. Para esta última, se dividió al grupo de participantes en tres talleres a desarrollar los temas de acreditación de laboratorios, inscripción de patentes y desarrollo de propuestas.



Participantes en el seminario OLED.

#### **Aportes del Proyecto.**

Con la visita del Dr. Shinar se introdujeron conocimientos científicos tanto cuantitativos como cualitativos de un parámetro tan importante como lo es el oxígeno disuelto, desde una nueva perspectiva de técnicas experimentales más poderosas basadas en aspectos de modelización, interpretación, análisis y tratamiento de datos. Esta tecnología de punta se basa en la física de los polarones y excitones sobre los cambios de las propiedades de los OLED.

Este seminario contó con la participación de estudiantes, personal científico y técnico de la UTP (Facultad de Ingeniería Civil, Centro Experimental de ingeniería, Dirección de gestión y transferencia del conocimiento y CIHH), de la Estación de monitoreo RN 50, ANAM, IDAAN, Ministerio de comercio e industrias y Ministerio de salud.

### 3.7. TRAINING OF TRAINERS ON CLIMATE CHANGE AND WATER AND WATER RESOURCE, IWRM AS TOOL TO COPE THE CLIMATE CHANGE.<sup>2</sup>

Desarrollado en Panamá del 4 al 8 de agosto de 2008, este programa buscó capacitar a expertos a nivel internacional sobre los conceptos de adaptación al cambio climático y su aplicación a los recursos acuáticos. Se hizo énfasis en cómo el manejo sostenible del agua puede ser un instrumento para hacer frente a las variaciones climáticas extremas en áreas vulnerables.

Este entrenamiento para entrenadores se realizó para fortalecer la capacidad del grupo de participantes utilizando el proceso IWRM (Integrated water resources management mechanisms<sup>3</sup>) como una herramienta para la variabilidad climática y la adaptación al cambio climático y aumentar la resistencia del sector agua para hacer frente a estos fenómenos globales.

La UTP, a través del CIHH, trabajó en conjunto con Cap-Net, WMO, UNESCO-IHE y REDICA en la organización de dicho evento, a la vez que se contó con la capacitación del personal del centro quienes compartieron experiencias con participantes provenientes de 23 países.



Grupo de participantes del entrenamiento



Realización del taller

<sup>2</sup> Entrenamiento para entrenadores en cambio climático y recursos hídricos, utilizando IWRM como herramienta para enfrentar el cambio climático.

<sup>3</sup> Mecanismos de manejo integrado de recursos hídricos.

### 3.8. DIPLOMADO EN GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Las prioridades ambientales y sociales actuales se enmarcan en alcanzar un balance entre la conservación, manejo y utilización de los recursos naturales y el medio ambiente. Esto responde al crecimiento acelerado de la población. El diplomado “Gestión integrada de los recursos hídricos” tuvo como objetivo promover desde el entrenamiento académico, una visión holística del recurso hídrico que lleve a la generación de estrategias efectivas de manejo sostenible en las cuencas hidrográficas de la región de Centroamérica.

De octubre de 2008 a agosto de 2009, la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, impartió este diplomado en seis países de Centroamérica, incluyendo Panamá. El mismo se realizó en Panamá con el apoyo del CIHH de la UTP, bajo el auspicio del Programa Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y la Degradación Ambiental (PREVDA).

En Panamá, el diplomado se desarrolló en las instalaciones del Campus de investigación de la UTP, en Tocumen, y contó con la participación de 21 estudiantes provenientes de las cuencas hidrográficas en donde PREVDA está desarrollando planes de manejo integral, por ejemplo los ríos Indio y Pacora.

Este evento estuvo dirigido a personal técnico que actualmente desempeña sus funciones en las diferentes cuencas; municipalidades; mancomunidades de municipios a nivel de cuencas; organizaciones no gubernamentales, nacionales y locales; personal técnico de empresas privadas y comités locales vinculados a temáticas de manejo de recursos naturales, prevención y respuesta ante desastres.



Ceremonia de graduación del Diplomado.

### 3.9. CURSO DE HIDROLOGÍA Y SUELOS TROPICALES 2. PROYECTO SENACYT EST09-062B.

Para iniciar el proceso de subsanar las deficiencias en el ámbito científico internacional relacionado a las ciencias hidrológicas y con el objetivo de desarrollar un equipo de investigación competitivo en el estudio de la hidrología de los trópicos, el CIHH ha desarrollado desde el año 2006, diferentes proyectos de investigación orientados al estudio de los bosques tropicales en Panamá.

Con el objetivo de capacitar a nuestro personal en el ámbito de la medición de flujos hidrológicos y como complemento a las investigaciones que el CIHH viene realizando, del 1 al 5 de septiembre de 2008 se desarrolló un primer curso de hidrología y suelos tropicales. Este curso contó como instructor principal con el Dr. Helmut Elsenbeer de la Universidad de Postdam – Alemania quien ya había participado con el centro en otras capacitaciones. Dando continuidad a estos antecedentes, del 14 al 25 de septiembre de 2009 se organiza un segundo curso de hidrología y suelos tropicales también beneficiado por las convocatorias de SENACYT.



Participantes del curso de hidrología y suelos tropicales 2.

#### Metodología

Este curso se desarrolló en tres fases. El módulo práctico 1 en una parcela dentro del Parque Nacional Soberanía, el módulo práctico 2 en una parcela dentro del Observatorio de Hidrología Tropical de Cerro Pelado (OHTCP) y módulo teórico.

Módulo Práctico 1. Bajo la tutela de la Dra. Beate Zimmermann, consistió en la realización de pruebas de infiltración y permeabilidad del suelo en una parcela reforestada por el grupo PRORENA con las especies Teca y Cedro espino como parte del Programa de Reforestación con Especies Naturales-PRORENA- (Proyecto SENACYT CID07-025).

Módulo Práctico 2. Bajo la tutela del CIHH, consistió en la realización de pruebas de permeabilidad en una parcela monitoreada con sensores de humedad dentro de la zona de estudios del OHTCP.

Módulo Teórico. La primera parte estuvo a cargo del Dr. Helmut Elsenbeer y comprendió la realización de gráficas y la discusión de los resultados obtenidos en las pruebas realizadas en el Parque Nacional Soberanía. Durante la segunda parte, los participantes asistieron a charlas presentadas por el Dr. Fred Ogden, el Ing. Luis Escalante y el Dr. Alexis Mojica, todos profesionales que realizan estudios en los bosques tropicales húmedos de Panamá.

#### Aportes del Proyecto

Este curso sirvió para capacitar a seis profesionales de la UTP y dos estudiantes tesisistas de la Facultad de Ingeniería Civil.

Durante el módulo práctico 1, desarrollado dentro del Parque Nacional Soberanía, se realizaron pruebas al suelo circundante a cuatro árboles (dos de la especie Teca y dos de la especie Cedro Espino) de la misma parcela de reforestación. Para todos los árboles, se realizaron seis pruebas de infiltración (a nivel superficial), seis pruebas de permeabilidad a la profundidad de 12.5 cm y seis pruebas de permeabilidad a la profundidad de 20 cm.

Durante el módulo práctico 2, se realizaron 20 pruebas de permeabilidad a la profundidad de 20 cm, en una parcela dentro del OHTCP monitoreada por el CIHH con sensores de humedad.

### 3.10. CICLO INTERNACIONAL DE CONFERENCIAS DE HIDROLOGÍA Y AMBIENTE. PROYECTO SENACYT EST10-078A.

La simbiosis entre la hidrología y el ambiente es innegable. Por ello, la aplicación de técnicas en uno y otro campo y como un todo, inexorablemente coadyuva al manejo exitoso de nuestros recursos naturales y por ende a la aminoración del deterioro ambiental. En este ciclo de conferencias, avalado por las convocatorias de SENACYT, se definen los pasos conducentes al manejo integrado y sostenible de las cuencas, a través del fortalecimiento académico del entendimiento de los procesos hidrogeológicos, de la calidad de las aguas, de la interacción y aplicabilidad de nanopartículas y hasta de un cambio de paradigma en la forma como tradicionalmente hemos visualizado a las infraestructuras de los recursos hídricos.

De allí, que las conferencias dictadas por los profesores Pedro J.J. Alvarez de *Rice University*, Erasmo Rodríguez de la Universidad Nacional de Colombia-Bogotá, Indrajeet Chaubey, Chad Jafvert, Larry Nies y Timothy Filley de *Purdue University*, para el “Ciclo de Conferencias de Hidrología y Ambiente” en su conjunto ayudaron a relacionar diferentes aspectos de la hidrología y el ambiente como un todo, desde perspectivas nuevas y refrescantes.

#### Metodología

Este ciclo de conferencias se realizó los días 15 y 16 de marzo de 2010, en el salón de conferencias de la Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión, ubicada en el Campus de Investigación de Tocumen de la UTP.

Durante la tarde del primer día de conferencias, se realizó una visita técnica al río Cabra, en donde pudieron apreciar en campo, en la comunidad de Rancho Café, el antiguo sitio de muestreo de aguas, el sitio de toma y el nuevo sitio escogido para el muestreo. Para la tarde del segundo día, fueron visitadas las

instalaciones del Observatorio de Hidrología Tropical de Cerro Pelado (OHTCP), en donde el CIHH adelanta investigaciones en materia del ciclo hidrológico y de carbono.

El 17 de marzo, se llevó a cabo un conversatorio, entre los expertos internacionales y los investigadores del CIHH, para lograr un intercambio de ideas que resultara en la formulación de futuras investigaciones de colaboración internacional.

#### Aportes del Proyecto

El principal beneficio recibido con la pasantía de los doctores Álvarez, Rodríguez, Jafvert, Nies, Chaubey y Filley es la creación de capacidades técnicas a nivel institucional para estudiar la modelación de cuencas hidrográficas y mejorar su manejo y la obtención de una valiosa transferencia de conocimientos.

Adicional a la capacitación técnica teórica del personal participante del CIHH y de la UTP, otras instituciones invitadas se beneficiaron de esta jornada. Entre estas podemos mencionar a el Ministerio de Economía y Finanzas, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PREVDA, Autoridad del Canal de Panamá, Fundación Avifauna, Centro del Agua del Trópico Húmedo y América Latina (CATHALAC) y Geosystem Ing.



Los instructores visitan la estación meteorológica.



Participantes en el Ciclo de Conferencias.

### 3.11. WORKSHOP PARA LA INTRODUCCIÓN, CREACIÓN Y FORTALECIMIENTO EN EL PROYECTO "COLABORACION INTERNACIONAL PARA EL DESARROLLO BIOINFORMÁTICO DE CIBERESTRUCTURAS PARA ESTUDIOS ECOHIDROLÓGICOS" PROYECTO SENACYT EST10-015A

Existe un incremento sustancial en los datos provenientes de las investigaciones sistemáticas ecológicas, las cuales están encaminadas a dilucidar la historia evolutiva, los patrones geoespaciales, la estructura de las poblaciones y los procesos de los ecosistemas involucrados en la creación y sostenibilidad de la diversidad biológica. Las ciberestructuras permiten la transformación de esta información. Los datos de la biodiversidad se incrementan a razón de cientos de nuevos registros por año. Bibliotecas, museos y centros de investigación están en constante búsqueda de métodos efectivos para una mejor administración y manejo de este gran caudal de datos.

La realización de un taller, contando con la participación científica de excelencia como el MSc. Juan Sequeda, Dr. Eric Graham, Ing. Oscar Madrigal, Dra. Sarah Boyle, y la MSc. Teresa Miller, introdujo a los participantes en las teorías y aplicaciones en el estudio de estos temas, basándose en las nuevas tecnologías y ciberestructuras usadas para tales investigaciones.

Asimismo, esta iniciativa ayudó al personal científico y técnico del CIHH de la UTP, quienes actualmente llevan a cabo cinco estudios abarcando temas ecohidrológicos en el área de Cerro Pelado – Gamboa, a tomar ventajas de las ciberestructuras y de las nuevas tecnologías informáticas para potenciar las capacidades y así alcanzar los diferentes objetivos de sus investigaciones.

#### Metodología

Este seminario se desarrolló del 24 al 28 de mayo de 2010 y dentro del mismo se desarrollaron tres actividades a saber: un

seminario dictado por cinco expertos internacionales en los temas de ontologías, ciberestructuras y nuevas tecnologías aplicadas a estudios ecohidrológicos, una gira de campo al OHTCP - Gamboa y al Sendero del Oleoducto del Parque Nacional Soberanía (también en Gamboa) sitios donde el CIHH ejecuta proyectos de investigación y se encuentra colectando datos desde el año 2008 y por último se realizó un conversatorio que dio como fruto diferentes posibilidades de proyectos a desarrollar de investigación en colaboración con las instituciones invitadas.

#### Aportes del Proyecto

El desarrollo de este seminario – taller brindó a la comunidad científica una serie de aportes tales como:

- La creación de capacidades técnicas a nivel institucional para mejorar los estudios de la biodiversidad y ecohidrología presentes en diferentes zonas prioritarias de protección y conservación.
- El uso de nuevas tecnologías informáticas que proporcionan vías de almacenamiento de datos que, de otra forma, serían muy difíciles de acceder, analizar y publicar.
- La obtención de valiosas herramientas tecnológicas y la capacitación de estudiantes y científicos panameños para la implementación de éstas en las etapas más tempranas de sus investigaciones.



Gira al Observatorio de Hidrología Tropical en Cerro Pelado.



Participantes en el seminario de ciberestructuras.

## 4. PROYECTOS DE EXTENSIÓN

Para el CIHH, la prestación de servicios especiales es una faceta importante, pues a través de estos trabajos hemos colaborado en la superación de deficiencias en la ejecución de actividades dentro de diferentes empresas públicas, privadas e incluso en comunidades rurales con las que hemos trabajado.

A través de la prestación de estos servicios especiales, llamados proyectos de extensión, hemos colaborado en la mejora de la calidad de vida de algunas comunidades en el sector oeste de la cueca del Canal de Panamá, trabajando en conjunto con la Autoridad del Canal de Panamá y Fundación Natura, en la realización de estudios base en la ejecución de proyectos, en el monitoreo de actividades con consecuencias ambientales.



Aforo en el río Chiriquí

## 4.1. PROYECTO EJECUCIÓN DE ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS PARA UN PROGRAMA DE SANEAMIENTO BÁSICO EN LA SUBCUENCAS DE LOS RÍOS LOS HULES, TINAJONES Y CAÑO QUEBRADO.

Este proyecto tuvo como objetivo, mejorar los servicios de agua y saneamiento en las comunidades y centros escolares de la subcuenca de los ríos Los Hules, Tinajones, Caño Quebrado y el área integrada, capacitando y acordando la participación de las comunidades beneficiadas.

### Metodología

Este proyecto se llevó a cabo en cuatro etapas, detalladas a continuación:

**Etapa 1:** Mejoramiento de los sistemas de disposición de excretas. Se realizó la inspección y ubicación de los sitios para aquellas familias beneficiadas con la construcción de letrinas en las comunidades de Cerro Cama, Caño Quebrado Arriba, Riecito y Altos de Espavé. La construcción de las letrinas se basó en las especificaciones técnicas del Ministerio de Salud y se realizó en los hogares de las familias ya identificadas por la evaluación socio-económica previa.

**Etapa 2:** Construcción de obras de saneamiento básico en las escuelas. Esta etapa involucró la inspección de las condiciones de los sistemas de saneamiento en las cuatro escuelas beneficiadas, tomando en cuenta la población estudiantil, las proyecciones y las especificaciones técnicas de los ministerios de educación y de salud. La construcción de los servicios sanitarios, involucró las pruebas de capacidad de infiltración y altura de nivel freático.

**Etapa 3:** Mejoras a acueductos rurales. Contempladas para las comunidades de Tinajones Abajo, Divisa, El Limón o El Cutarro y Tinajones Arriba, comprendió la realización de topografías, análisis de la calidad del agua y perforación de pozos. La construcción de casetas y tanques de almacenamiento se dio siguiendo las especificaciones técnicas del Ministerio de Salud.

**Etapa 4:** Capacitación. Se realizaron talleres de capacitación en calidad de agua, cuidados y tratamiento para consumo humano y protección de las fuentes de agua. El desarrollo de estas capacitaciones incluyó la preparación y entrega de un manual adecuado a la escolaridad de los participantes en estos talleres.



Trabajo con las comunidades.



Trabajo con las escuelas e instalación de letrinas.

### Aportes de la Extensión:

A través de la ejecución de esta actividad se produjeron los siguientes aportes: incremento del sentido de pertenencia de las comunidades beneficiadas, solución a problemas detectados mediante evaluaciones técnicas, y el fortalecimiento en los beneficiarios del conocimiento de la preservación del ambiente y la protección de sus recursos hídricos. Igualmente, las escuelas han dejado atrás las letrinas por sistemas de disposición de excretas con tanque séptico y de un servicio eficiente de abastecimiento de agua potable.

## 4.2. PROYECTO INCREMENTO DE LA GESTIÓN AMBIENTAL COMUNITARIA PARA EL MANEJO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN LAS SUBCUENCAS DE LOS RÍOS LOS HULES, TINAJONES Y CAÑO QUEBRADO; CUENCA HIDROGRÁFICA DEL CANAL DE PANAMÁ.

Este proyecto tiene como objetivo proteger y usar adecuadamente los recursos hídricos del área, con la participación consciente y organizada de las comunidades de las subcuencas de Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado.

### Metodología

Este proyecto se llevó a cabo en cuatro etapas, detalladas a continuación:

**Etapas 1:** Mejoras a acueductos rurales en las subcuencas de Los Hules, Tinajones y Caño Quebrado. Estas obras se realizaron en las comunidades de El Limón o El Cutarro, Alto del Jobo, Yayas Adentro, Yayas Afuera y Cerro Cama. Para la comunidad de Cerro Cama, esta etapa comprendió el cambio de toda la tubería de la red de distribución de agua potable, incluyendo el zanjeo, enterramiento de tuberías y la instalación de nuevas llaves de paso. Para las demás, los trabajos comprendieron la distribución de tuberías, cambios de llave de paso y *check valve*, la pintura del tanque de almacenamiento y de las cajas de válvulas y el cambio de la soga que sostiene la bomba sumergible.

**Etapas 2:** Diagnóstico de las actividades de capacitación sobre acciones de saneamiento y uso adecuado de los recursos hídricos, realizadas por proyectos anteriores. Involucró una revisión exhaustiva de los registros e informes presentados por todas las organizaciones no gubernamentales, que realizaron programas de capacitación, bajo proyectos auspiciados por los fondos ACP – USAID. De aquí surgieron las necesidades de capacitación para las Juntas Administradoras de

Acueductos Rurales (JAAR) y para miembros, en general, de las comunidades.

**Etapas 3:** Capacitación a las JAAR. Se re-editaron manuales para los directivos de las JAAR y se les capacitó en temas de administración, legislación, contabilidad, comunicación, manejo y resolución de conflictos.

**Etapas 4:** Capacitación para la comunidad, orientada a los temas de agua y saneamiento. Se re-editaron manuales de acuerdo a la escolaridad de los miembros de las comunidades y se capacitaron en temas de protección de las fuentes de agua y de los recursos naturales, manejo de aguas residuales y manejo de desechos sólidos.

### Aportes de la Extensión

- Se incrementó la eficiencia en la distribución del agua potable para la comunidad de Cerro Cama y se ha cumplido con los mantenimientos preventivos de los otros acueductos beneficiados.
- Las comunidades fortalecieron su conocimiento sobre la preservación del ambiente y la protección de los recursos.
- Las JAAR fortalecieron su gestión, administración y mantenimiento de los acueductos de sus comunidades.



Mantenimiento del acueducto.



Grupo de capacitación.

### 4.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS FARFÁN Y VENADO Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA

Este estudio fue realizado con la finalidad de cumplir con los siguientes objetivos:

- Obtener las capacidades de algunos canales en el área de Howard,
- Calcular las aportaciones de las subcuencas de los ríos Venado y Farfán, y
- Llevar a cabo la simulación hidráulica en una de las subcuencas del río Venado.

Este trabajo se realizó debido al próximo desarrollo que le espera a estas áreas, y en el mismo se consideraron tanto las condiciones actuales como las esperadas con el futuro desarrollo de esta zona.

Las cuencas del río Venado y Farfán se encuentran ubicadas al sur-oeste de la ciudad de Panamá, en el distrito de Arraiján. Hasta su desembocadura, en las aguas del Océano Pacífico, y las mismas tienen un área de drenaje de 15.05 km<sup>2</sup> y 13.66 km<sup>2</sup> respectivamente.

Ambas tienen un régimen pluviométrico promedio de 1900 mm por año y la mayoría de las lluvias que ocurren en el área son de origen convectivo u orográfico. Los eventos de lluvia en estas áreas son originados generalmente por una combinación de estos dos tipos de precipitación.

#### Metodología

Este trabajo consistió inicialmente en la recolección de las características de ambas cuencas, los datos de lluvia, temperatura, humedad y una serie de parámetros climatológicos. Además, se realizó el levantamiento topográfico de la mayoría de los principales canales de concreto existentes en el área de Howard, y se les dieron valores a las distintas rugosidades encontradas.

Para el cálculo de caudales a diferentes períodos de retorno, se utilizaron las curvas de duración – frecuencia – intensidad de la estación meteorológica de Balboa FAA facilitadas por la ACP.

Las simulaciones hidráulicas se realizaron con un modelo especializado, con el fin de determinar las áreas críticas en las cuales la compañía desarrolladora del proyecto estaba interesada.

Para determinar la capacidad de los canales de drenajes existentes, se utilizó para el análisis de capacidad en canales abiertos, un programa fundamentado en las ecuaciones de pérdidas en la solución de la ecuación de Manning.



Sección del canal.



Evento de lluvia.

#### Aportes de la Extensión

Entre los resultados encontrados en este trabajo está que el área donde convergen la totalidad de los canales del sistema, es un humedal y es allí donde se desbordan las aguas, constituyéndose en un área de amortiguamiento del sistema.

Entre las recomendaciones brindadas están:

- Mantener el área de los manglares intacta, ya que estas son áreas de amortiguamiento para las inundaciones; y
- Dar mantenimiento a los canales que pasan a través de los manglares para que ejerzan su función.

#### 4.4. ESTUDIOS TÉCNICOS, ESPECIFICACIONES Y RECOMENDACIONES PARA UN NUEVO SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN POLICLÍNICAS DE LA CAJA DE SEGURO SOCIAL.

Comprendió el desarrollo de los respectivos estudios técnicos, cálculos, diseños, dibujos, especificaciones y las recomendaciones a implementar en el sistema de tratamiento de las aguas residuales de las policlínicas Dr. Blas Daniel Gómez, Dr. J. J. Vallarino y Hospital Regional de Chepo en la provincia de Panamá, Hospital de Changuinola, provincia de Bocas de Toro y la Policlínica Pablo Espinosa J. en la provincia de Chiriquí.



Toma de muestras para la caracterización de las aguas residuales del Hospital Regional de Chepo.

Esto se realizó con el fin de permitir a la Caja de Seguro Social la puesta en práctica de un sistema de tratamiento biológico para las aguas residuales hospitalarias (aereación extendida) y eliminar el uso de tratamientos primarios (tanques sépticos) en estos centros. Entre las actividades desarrolladas se listan el levantamiento topográfico del área, toma de muestras de aguas residuales para su posterior caracterización, encuestas a la comunidad, estudio del componente biológico y entrevistas con las autoridades de cada uno de las policlínicas o centro hospitalario mencionado.



Aplicación de encuestas a los moradores de las áreas cercanas al Hospital Regional de Chepo.

## 4.5. PROYECTO DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA VILLA DE LOS SANTOS.

Este proyecto inició en el año 1938 como parte del Programa Nacional de Saneamiento, en las principales regiones del país.

Sin embargo, no fue hasta el año 2007, que el mismo fuera retomado por el Gobierno Nacional a través del Fondo de Inversión Social. Es en esta fecha, cuando se le solicita al Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) desarrollar para la Fundación Tecnológica de Panamá (FTP) el contrato de servicios N°266/2007, la ejecución del proyecto N°39171 “Estudio técnico de las alternativas de ubicación de las lagunas de oxidación para el proyecto N°36482”. Los trabajos de asesoría incluyeron fotografías aéreas, registros de caudal, estudios de suelo, topografía especial (sobre el cauce del río La Villa, los márgenes y sitios a evaluar para el proyecto), la simulación hidráulica y la revisión e inspección del sistema de tratamiento propuesto.



Vista del río La Villa.

## 4.6. ESTUDIO HIDROLÓGICO Y SIMULACIÓN HIDRÁULICA DEL RÍO JUAN DÍAZ Y LA QUEBRADA CURUNDUCITO.

Este trabajo intenta comprender mejor las amenazas que plantean las inundaciones extremas originadas por las crecidas del río Juan Díaz y la quebrada Curunducito en las áreas próximas a los mismos. Actualmente, las inundaciones se sitúan como el segundo fenómeno natural más destructivo, después de los terremotos. De allí, que este estudio tiene entre sus objetivos, diseñar las secciones óptimas para ambas corrientes que eviten problemas de desbordamiento al proyecto Santa María Golf and Country Club para un período de retorno de 100 años. Además, se busca mejorar las condiciones aguas arriba de este proyecto.

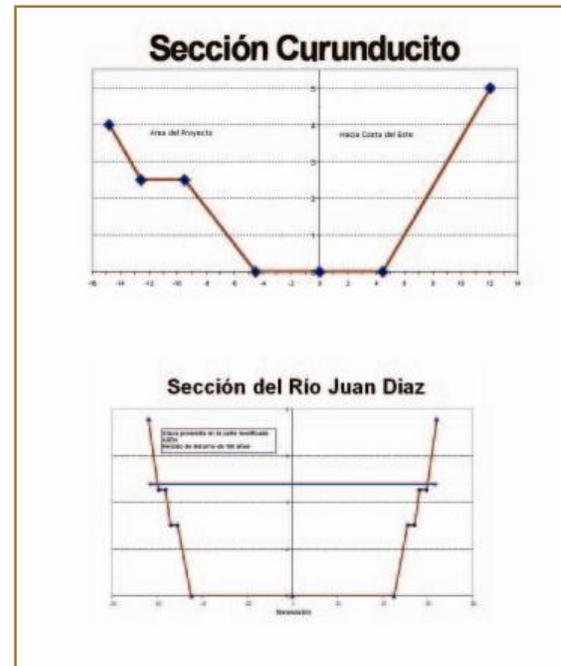
La cuenca del río Juan Díaz está ubicada hacia el sudeste de la provincia de Panamá, y cuenta con un área de drenaje de alrededor de 144.6 km<sup>2</sup>. Su cauce principal tiene una longitud de 26.4 km, y el mismo nace en Cerro Azul a los 691 m de elevación. La quebrada Curunducito está ubicada en el corregimiento de Juan Díaz, y la misma nace en la parte alta del Cementerio Municipal y Plaza Conquistador. Consta con un área de 369 ha y colinda en la parte baja con Costa del Este.

La cuenca del río Juan Díaz tiene un régimen pluviométrico promedio aproximado de 3000 mm en su parte alta, y de los 2000 mm al año en su parte baja.

### Metodología

Inicialmente, se recogieron las características de ambas cuencas, los cuales incluían datos de lluvia, temperatura, humedad y una serie de parámetros climatológicos. Además, se realizó el levantamiento topográfico de ambos cauces, a lo largo de 5 km en el río Juan Díaz, iniciando a la altura del Centro Comercial Los Pueblos y finalizando en la desembocadura de éste.

Para el cálculo de los caudales para diferentes períodos de retorno, se utilizaron varios métodos como el hidrograma sintético del Sistema de Conservación de Suelos (SCS), métodos estadísticos usando el método Pearson Tipo III y para las cuencas pequeñas el método racional.



Como resultados de los estudios, se recomendó un tipo de sección transversal para cada corriente.

Se realizaron simulaciones hidráulicas para calcular los niveles y así determinar las áreas críticas bajo las condiciones naturales. Por último, se adecuaron las secciones para ambas corrientes para caudales con un período de retorno de 1 en 100 años. Las condiciones de frontera usadas para estas simulaciones fueron los caudales calculados y una marea de 3.03m.

Entre las conclusiones obtenidas podemos mencionar:

- Bajo condiciones naturales, ninguna de las dos corrientes tiene capacidad para un caudal con un período de retorno de 100 años.
- Se recomienda mantener el área de los manglares intacta en los últimos 2 km para ambas corrientes y un canal con una sección variada trapezoidal con base de 90 m y varios taludes para el río Juan Díaz y una base en el canal de 9 m para la quebrada Curunducito. (Ver figuras en esta página).

## 4.7. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y VERIFICACIÓN DE LAS DIMENSIONES Y LÍMITES DE LA PROPIEDAD DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOCUMEN.

Por solicitud de la Empresa Tocumen, S.A., el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas efectuó el levantamiento topográfico y la verificación de la poligonal del área propiedad de Aeropuerto Internacional de Tocumen, permitiéndole a esta empresa conocer con exactitud el terreno que le pertenece y planificar sus proyectos de expansión.

La consultoría solicitada por esta empresa a la Universidad Tecnológica de Panamá, se realizó en base al siguiente alcance:

- a) Investigación y compendio de toda la información de las fincas que comprenden el globo de terreno del Aeropuerto Internacional de Tocumen, S.A.
- b) Replanteo y monumentación, en campo, de los vértices de la poligonal de las terminales de carga y pasajeros.
- c) Replanteo y monumentación del punto ARP-CERT (punto central de ambas terminales aeroportuarias).

Generar los planos finales de los polígonos debidamente georreferenciados.



Vista de uno de los vértices replanteados dentro de la poligonal.

## 4.8. INSPECCIONES DURANTE LAS REMODELACIONES AL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TOCUMEN.

Personal del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) en conjunto con el personal del Centro Experimental de Ingeniería (CEI) de la Universidad Tecnológica de Panamá, formaron parte del equipo de profesionales que participó en las remodelaciones efectuadas en el Aeropuerto Internacional de Tocumen.

El aporte del CIHH consistió en la inspección para el control de las normas de calidad, las obras de ingeniería estructural, las normas de calidad de los materiales, la seguridad industrial y operacional y la instalación de los sistemas eléctricos e hidrosanitarios.



Inspección de la instalación de las tuberías de concreto.



Inspección de los trabajos en la pista de aterrizaje.

## 4.9. TOPOGRAFÍA PARA LA LEGALIZACIÓN Y LOTIFICACIÓN DE PACORA CENTRO.

Dentro del marco del convenio celebrado entre el Municipio de Panamá y la Universidad Tecnológica de Panamá, el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas desarrolló el levantamiento topográfico y la lotificación de Pacora Centro, mejor conocido como el Viejo Pacora.

El globo de terreno lotificado contaba de aproximadamente 900 lotes, resultando beneficiadas un número plural de familias de este sector.



Personal del CIHH durante el desarrollo del proyecto.



Trabajos de topografías realizados para la legalización.

## 4.10. MONITOREOS EN EL PROYECTO HIDROELÉCTRICO ESTI.

Desde el año 2006, personal del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas realizó trabajos de monitoreos en el proyecto hidroeléctrico ESTI. Estos estudios proporcionan un enfoque a AES Panamá de las condiciones ambientales actuales del caudal ecológico, transporte de sedimentos, actividad ganadera, erosión regresiva en el río Chiriquí y las afectaciones fluviogeomorfológicas en el río debido a la descarga de la Casa Máquina.



Aforo de caudal



Aforo desde el puente

Estos monitoreos se realizaron con los objetivos de a) presentar a la empresa AES Panamá, un informe detallado de la situación actual de los caudales ecológicos que se están vertiendo aguas debajo de las presas, b) establecer los cambios ocurridos después de la construcción de los embalses y presas, c) realizar aforos para verificar que los caudales ecológicos que se están vertiendo aguas abajo de las presas Chiriquí y Barrigón, correspondan al acuerdo firmado entre AES Panamá y la comunidad.

#### 4.11. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y DE INFRAESTRUCTURAS EN LOS CENTROS DEL INADEH A NIVEL NACIONAL.

En el marco del convenio celebrado entre el Instituto Nacional de Formación Profesional y Capacitación para el Desarrollo Humano (INADEH) y la UTP, colaboradores del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, visitaron los 16 centros que mantiene el INADEH a nivel nacional, para recopilar la información topográfica y legal sobre límites y ubicación de los terrenos. Además, este proyecto contempló el levantamiento topográfico de las infraestructuras, árboles, calles, aceras, cordones, cercas, muros, límites de construcción y sistemas eléctricos, pluviales y sanitarios de cada uno de los centros ubicados en Chitré, provincia de Herrera; Las Lajas y David, provincia de Chiriquí; Penonomé, provincia de Coclé; Chorrera y Chepo, provincia de Panamá, Colón, provincia de Colón, Santiago, provincia de Veraguas, Guararé, provincia de Los Santos; Almirante y Changuinola, provincia de Bocas del Toro.



Recopilación de la información de caracterización de las aguas residuales de los centros INADEH



Parte del equipo utilizado para el levantamiento topográfico.

#### **4.12. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS EN EL EFLUENTE DE LA QUEBRADA EL BARRERO, HOSPITAL DR. RAFAEL ESTÉVEZ.**

Desde el año 2004, el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas realizó el trabajo de recolección de muestras de agua en la quebrada El Barrero, donde son descargadas las aguas residuales del Hospital Dr. Rafael Estévez de Aguadulce.

La información obtenida a través de estos estudios permitió a la Caja de Seguro Social (CSS) verificar los cronogramas de cumplimientos acordados con la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).



Planta de tratamiento de las aguas residuales del Hospital.



Vista panorámica del Hospital Dr. Rafael Estévez.

## PARTICIPACIÓN DOCENTE

Un número plural de miembros del CIHH también colaboran como docentes dictando cursos y seminarios en las Facultades de Ingeniería Civil e Ingeniería Mecánica de la UTP, tanto en el Campus Central como en el Centro Regional de Chiriquí. Entre los cursos dictados por nuestros colaboradores figuran: saneamiento ambiental, manejo de cuencas, hidráulica, hidrología, ecología, desechos sólidos, evaluación de impacto ambiental, contaminación atmosférica, contaminación de suelos, auditoría ambiental y práctica de campo para los estudiantes de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Así como también asignaturas de maestría como: manejo de cuencas, hidrogeología avanzada, auditoría ambiental, manejo ambiental, tópicos avanzados de energía y ambiente, y tópicos avanzados de contaminación atmosférica.



I Seminario de contaminación ambiental.

Durante el curso práctica de campo, en la modalidad empresarial, los estudiantes tienen la oportunidad de participar de los proyectos de investigación que se llevan actualmente en el Centro. Además de la interrelación con profesionales de las diversas áreas científicas involucradas, los estudiantes obtienen la experiencia que les servirá de base para su vida laboral.

En cuanto a los estudiantes que participan en el curso práctica de campo, en la modalidad tradicional, éstos se involucran en actividades de campo tales como levantamientos topográficos, aforos, inventarios forestales, muestreos en

suelo y agua superficial, incluyendo la realización de las respectivas pruebas de composición y calidad según las normas nacionales e internacionales respectivas.

Durante los últimos años, estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil, se han incorporado al CIHH para realizar trabajos de investigación como tesis de grado. Entre los trabajos llevados a cabo se encuentran: Optimización del sistema de acueducto rural de la comunidad de Mendoza - La Chorrera, Optimización del sistema de acueducto rural de la comunidad de Cerro Cama, Efecto de los eventos de lluvia en la calidad de los ríos que abastecen las plantas potabilizadoras de Cabra y Pacora, Utilización de escuelas primarias como estación de muestreo climatológico en la Ciudad de Panamá, Cuantificación de flujo de CO<sub>2</sub> en suelo y Calibración del modelo hidrológico Hydrus 2D/3D aplicado a la micro cuenca experimental del bosque tropical húmedo de Cerro Pelado - Gamboa.

Adicional a estos trabajos, los colaboradores del CIHH como parte del cuerpo docente de la UTP han asesorado una variedad de trabajos de graduación para las carreras tanto de Licenciatura como de Maestría y Doctorado.

Complementando esta labor, colaboradores del CIHH participan de seminarios de actualización para los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Civil, como una iniciativa del Ing. Erick Vallester, Director del Departamento de Hidráulica y Sanitaria de la Facultad. Con esta actividad se crean sinergias entre las diferentes instituciones académicas y de investigación. Un ejemplo de esto fue el I Seminario de Contaminación Ambiental y sus Laboratorios de Análisis, dictado del 21 de abril al 12 de mayo de 2009. Este seminario contó con expositores invitados quienes trataron temas relacionados a: la contaminación por partículas, radiaciones ionizantes y georesistividad.



Participación en trabajos de campo.

# NUESTROS SERVICIOS

## Gestión Ambiental

- ✓ Toma y ensayo de muestras para la caracterización de agua y desechos.
- ✓ Estudio de impacto ambiental.
- ✓ Auditoría ambiental.
- ✓ Plan de manejo y adecuación ambiental.
- ✓ Inspecciones y seguimientos ambientales.

## Diseño e Inspección

- ✓ Estructuras hidráulicas.
- ✓ Sistemas de riego.
- ✓ Sistemas de tratamiento de aguas residuales e industriales.
- ✓ Levantamientos Topográficos.

## Software para aplicaciones en Hidráulica e Hidrología

- ✓ Determinación de planicies de inundación.
- ✓ Inspecciones de obras y proyectos de hidráulica e hidrotécnica.
- ✓ Aforos (medición de caudales).
- ✓ Mediciones meteorológicas.

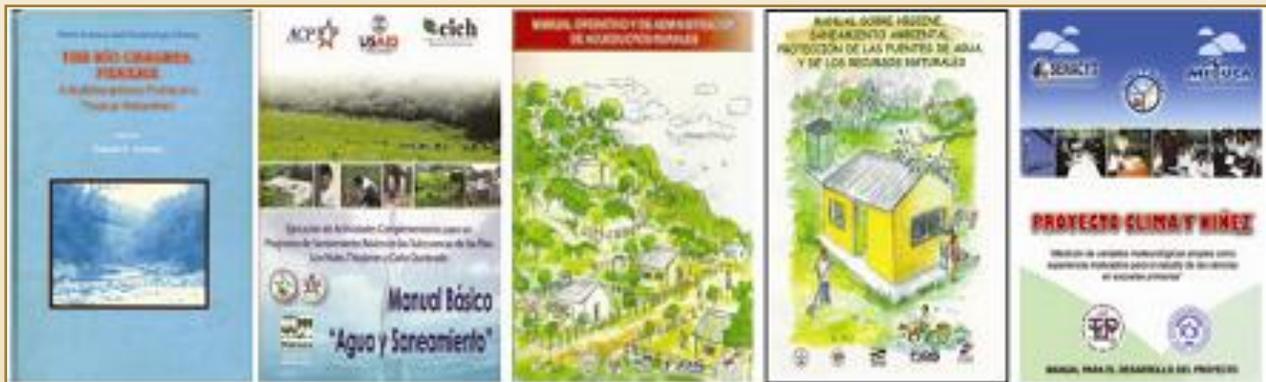
## Hidrogeología

- ✓ Estudios y caracterización de aguas subterráneas.
- ✓ Reservas geotérmicas.
- ✓ Manejo integrado de cuencas.
- ✓ Análisis y pruebas de bombeo.

## PUBLICACIONES

Durante este periodo el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas ha publicado los siguientes aportes:

- ✓ The Río Chagres, Panama: A Multidisciplinary Profile of a Tropical Watershed, 2005, Editado por Russel Harmon. Capítulo 7: "Soils of the upper Río Chagres Basin, Panama: Soil Character and Variability in two first Order Drainages". J. Bruce J. Harrison, Jan Hendrickx, Davis Vega y Lucas Calvo-Gobbetti. Capítulo 8: "Hydrology of Hillslope Soils in the Upper Río Chagres Watershed, Panama". Jan Hendrickx, David Vega, J. Bruce J. Harrison, Lucas Calvo-Gobbetti, Pedro Rojas y Timothy Miller.
- ✓ Manual Básico "Agua y Saneamiento", agosto 2006, Elsa Flores H.
- ✓ Manual Operativo y de Administración de Acueductos Rurales (re-edición), agosto 2008, Nicolino Troncoso, Xiomara de Madrid, Jaime Domínguez y Sidney Saavedra.
- ✓ Manual sobre Higiene, Saneamiento Ambiental, Protección de las fuentes de agua y de los recursos naturales (re-edición), agosto 2008, Nicolino Troncoso, Kleveer Espino y Elsa Flores H.
- ✓ Manual para el desarrollo del Proyecto Clima y Niñez: Medición de variables meteorológicas simples como experiencia motivadora en el estudio de las ciencias en escuelas primarias, diciembre 2008, José Fábrega, Anelly Román, Oscar Garibaldi y Beatriz Crespo.



## PROYECCIONES DEL CIHH EN DESARROLLO DE LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN LOS CICLOS DE AGUA Y CARBONO.

Nuestras proyecciones en estas líneas de investigación, están planteadas en las siguientes gráficas, la cual muestra para cada ciclo bajo estudio, tanto los proyectos realizados, como los proyectos por realizar. En general, en ambas gráficas se buscan desarrollar los diferentes aspectos que componen el marco general de cada uno de los ciclos bajo estudio. Por ejemplo; la gráfica 1A muestra que en términos generales el ciclo hidrológico se estudia en diferentes aspectos que complementan y mejoran el modelo hidrológico que se inicia con el primer proyecto del CIHH ganador de una convocatoria de SENACYT, el COL06-013.

Para el caso de flujo de carbono (gráfica 1B), se intentan evaluar diferentes aspectos que componen el flujo neto desde el aporte de biomasa, de elementos bióticos, como plantas. Similarmente, esperamos desarrollar una línea de estudio empleando imágenes satelitales. Un primer esfuerzo se ha realizado con la compra del software ERDAS y la participación en diferentes capacitaciones del mismo.

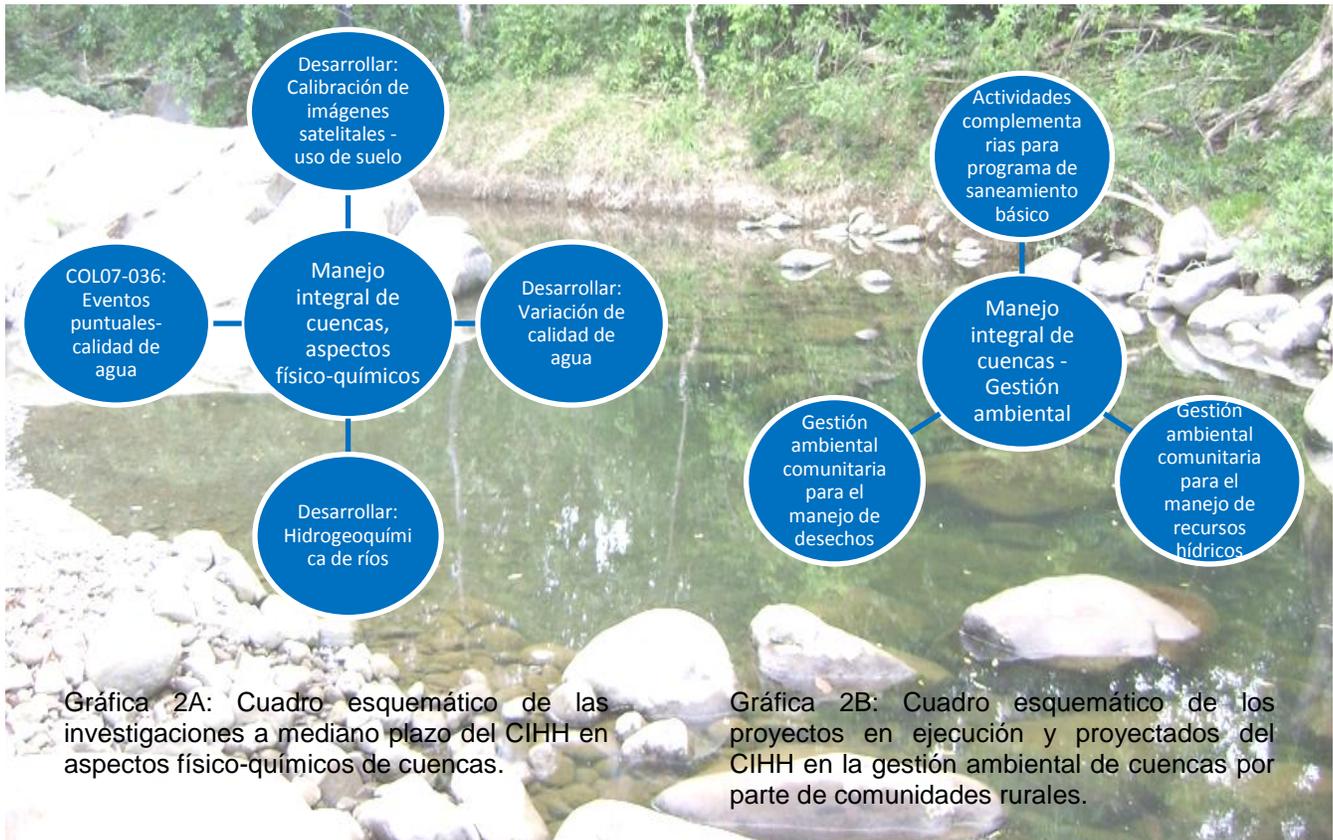


## PROYECCIONES DEL CIHH EN MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS.

Nuestra estrategia de desarrollo en esta línea de investigación se divide en: aspectos físicos – químicos del agua y suelo, y la gestión ambiental de las comunidades. El desarrollo de la primera área dentro de esta línea de investigación se muestra en la gráfica 2, con la cual ya se está trabajando en a través del proyecto. SENACYT COL07-036.

El CIHH está trabajando en el desarrollo de propuestas, que permitan obtener fondos internacionales. Una de ellas fue sometida al IHE de Holanda conjuntamente con investigadores de la Universidad Blas Pascal de Argentina y la Birzeit University de Palestina. Esta propuesta se concentraría en la variación de calidad de agua en el río Pacora y otros similares en Argentina y Palestina. La segunda propuesta, presentada al *National Science Foundation* (NSF) de Estados Unidos conjuntamente con investigadores de la University of Wyoming y Ohio, se concentraría en la investigación de aspectos geoquímicos del río Pacora.

Los aspectos de gestión buscan mejorar la interacción de comunidades rurales con el ambiente. Hasta ahora, se han desarrollado dos proyectos en las áreas de saneamiento y manejo de recursos hídricos. Nuestra meta a corto plazo es desarrollar un programa similar relativo al manejo de desechos en comunidades rurales.



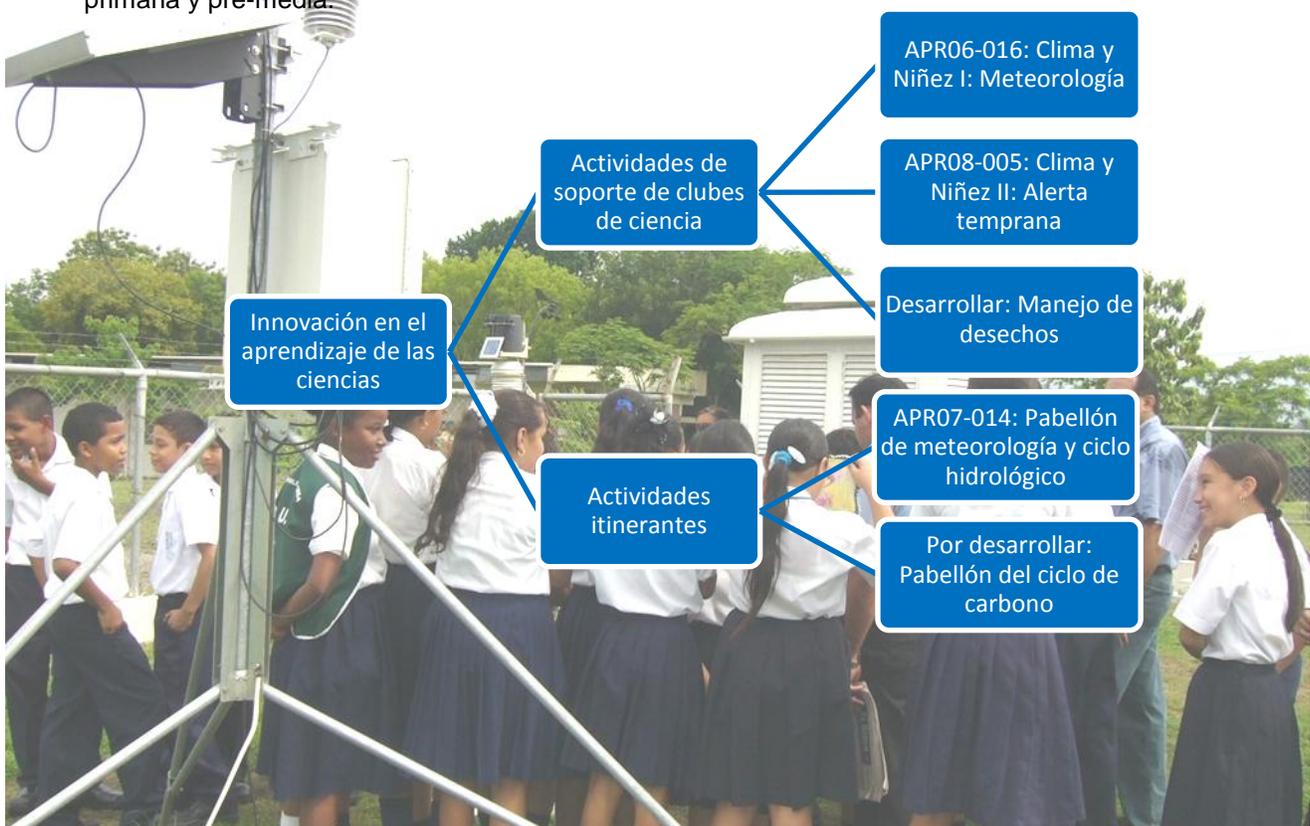
Gráfica 2A: Cuadro esquemático de las investigaciones a mediano plazo del CIHH en aspectos físico-químicos de cuencas.

Gráfica 2B: Cuadro esquemático de los proyectos en ejecución y proyectados del CIHH en la gestión ambiental de cuencas por parte de comunidades rurales.

## PROYECCIONES DEL CIHH EN INNOVACIÓN EN EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.

Los proyectos en esta área buscan desarrollar diferentes temas ambientales y del recurso hídrico con el objetivo principal de motivar a niños y adolescentes al estudio de la ciencia desde edades tempranas. Por tanto nuestra proyección se dirige al desarrollo de proyectos que complementen los clubes de ciencia, a través de los conceptos de meteorología, el manejo de los desechos y la realización de actividades itinerantes que les facilite la comprensión de procesos naturales complejos como el ciclo hidrológico.

Gráfica 3: Proyectos del CIHH tendientes a crear una cultura de investigación en temas ambientales e hídricos en estudiantes de primaria y pre-media.





**Universidad Tecnológica de Panamá  
Vicerrectoría de Investigación, Postgrado y Extensión  
Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas.**

Vía Domingo Díaz, Tocumen, Campus de Investigación de la UTP, Pabellón C.  
Apartado: 0819-07289, Panamá, República de Panamá.  
Tel: (507) 290-8412, Fax: (507) 290-8446.  
[www.cihh.utp.ac.pa](http://www.cihh.utp.ac.pa)

