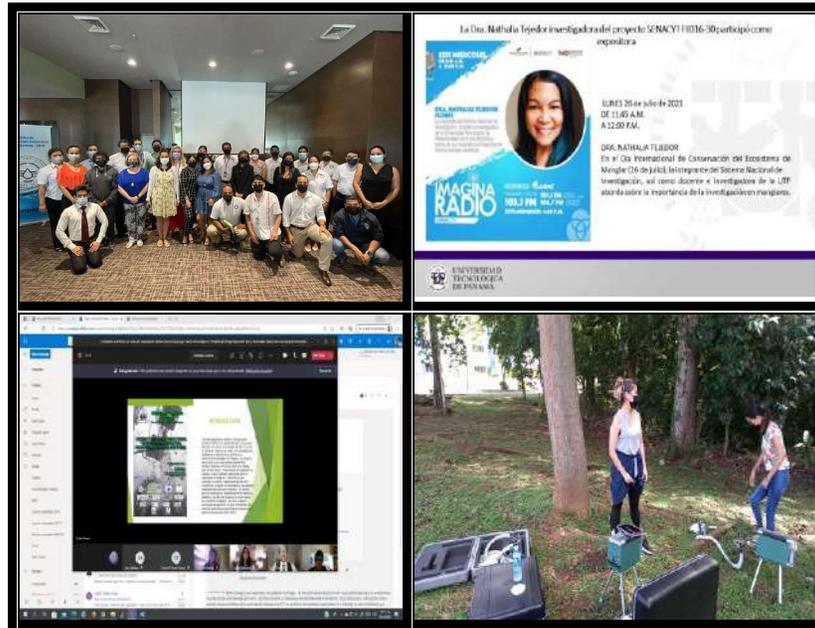


## INFORME FINAL DE PROYECTO



<b>Organismo ejecutor:</b>	Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) /Centro de Investigaciones Hidráulica e Hidrotécnicas (CIHH)
<b>Nombre del proyecto:</b>	<b>ANÁLISIS DE FLUJOS DE CO<sub>2</sub> Y VAPOR DE AGUA DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR EN LA BAHÍA DE PANAMÁ</b>
<b>Código del proyecto:</b>	<b>FID16-30</b>
<b>Nombre del investigador principal:</b>	Reinhardt Erwin Pinzón Adames
<b>Dirección y datos de contacto:</b>	Universidad Tecnológica de Panamá, Sede CVLS Apdo. 0819-07289 Tel.: 560-3761/62 Correo Electrónico: <a href="mailto:reinhardt.pinzon@utp.ac.pa">reinhardt.pinzon@utp.ac.pa</a> Sitio web: <a href="http://manglar-carbono.utp.ac.pa/">http://manglar-carbono.utp.ac.pa/</a>
<b>Colaboradores:</b>	<b>Por la Universidad Tecnológica de Panamá, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas:</b> Dra. NATHALIA TEJEDOR Dra. MILENA ZAMBRANO Dr. ALEXIS BAULES ING. ANA FRANCO LIC. FELIPE RIVERA MSc. JAIME GONZÁLEZ MSc. IRIS ARJONA Sr. DANIEL NIETO MSc. JOB NOEL MSc. KLEVEER ESPINO MSc. ULISES JIMÉNEZ Sr. XAVIER SÁNCHEZ

	<p><b>Por la Universidad de Berkeley y Pensilvania de los Estados Unidos</b> DR. JOSE D. FUENTES (Penn State Univ.) DR. PAOLO D' ODORICO (Univ. Berkeley)</p> <p><b>Por la Universidad de Salamanca (USAL), España</b> Dra. M. PURIFICACIÓN GALINDO Dra. M. PURIFICACIÓN VICENTE Dra. ANA BELÉN NIETO LIBRERO Dra. NATHALIA TEJEDOR</p> <p><b>Por la Univ. de Princeton, USA – STRI, Panamá</b> DR. MATTEO DETTO</p>
<b>Tiempo de ejecución del proyecto:</b>	2 años
<b>Monto total del proyecto:</b>	B/.119,900.00

## Contenido

Sección	Página
Resumen	
Abstract	
Marco Conceptual	
Resumen de la metodología utilizada	
Objetivos logrados y lecciones aprendidas	
Colaboradores del proyecto	
Impacto logrado	
Productos del proyecto	
Conclusiones y recomendaciones	
Anexos	

---

## Agradecimientos

Primero darle las gracias a Dios por habernos guiado sabiamente por el camino correcto. Nuestro más sincero agradecimiento a la dirección y a todos los colaboradores del CIHH por su apoyo a la culminación de del proyecto. Puntualizar que la realización de todas las actividades se dieron gracias al respaldo financiero de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología e Innovación (SENACYT), al Sistema Nacional de Investigación (SNI). Al Ing. Alexis Botacio, y la Ing. Lizmara Anria colaboradores del Programa de Saneamiento de Panamá del Ministerio de Salud por su apoyo decidido y pronto para permitirnos acceder a las áreas de manglar donde se ubica la torre Jay Zieman (TJZ) así como a las de la Planta de Tratamiento de Juan Díaz. Al Servicio Nacional Aéreo Naval (SENAN) por brindar la seguridad y salvaguardar nuestra integridad física en todas las giras de campo que se han realizado en el desarrollo del proyecto. Dentro de la UTP merecen reconocimiento el personal del proyecto SENACYT CENPEN-CIHH por la realización de la divulgación de las diversas actividades desarrolladas dentro del FID16-30.

## Título del proyecto:

**Análisis de flujos de CO<sub>2</sub> y vapor de agua de un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá**

---

**Palabras claves:** Flujos de carbono y agua, manglares, covarianza Eddy, meteorología, respiración de suelo

---

## Resumen

Este informe presenta las actividades realizadas y el informe financiero correspondiente al desarrollo del proyecto SENACYT FID16-30, titulado "**Análisis de flujos de CO<sub>2</sub> y vapor de agua de un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá**". Esta investigación se realiza en la provincia de Panamá, específicamente en la zona de manglar del río Juan Díaz. Se han realizado un sinnúmero de giras con el fin de coleccionar datos de la variabilidad hidroclicmáticas provenientes de las mediciones de la torre de covarianza Eddy. Análisis de estos datos se han realizado con miras de estudiar el ecosistema de manglar. Se han comprado insumos, y accesorios necesarios para este tipo de investigación. Se participó en varios congresos tales como el de APANAC – 2021, el VII congreso Internacional de Ingeniería, Ciencia y Tecnología de la UTP presentando pósteres, ponencias de los avances de la investigación. Se asistió a México a la IV edición del Congreso Internacional: "Sostenibilidad Ambiental y Territorial con una ponencia. Además, de lo anterior se publicó el artículo, "*A Bibliographic Review of the Importance of Carbon Dioxide Capture in Mangroves*" y un capítulo de libro, titulado, "Cuantificación de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá", en el libro de las conferencias del congreso de México. Se participó en el Curso Internacional en Ecosistemas con Enfoque Parcial y Pasivo en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas, y un Webinar alusivo al proyecto en junio de 2020. Por parte del proyecto SENACYT CENPEN-CIHH UTP se han efectuado videos de las giras al área de estudio del proyecto y se ha tenido presencia en el medio periodístico nacional y de la UTP. Se han incorporado los estudiantes de la carrera de ingeniería ambiental y de sistemas de la UTP, respectivamente para que realicen sus trabajos de graduación en tópicos relacionados con los objetivos del proyecto. Cuatro proyectos de colaboración internacional han surgido en el marco del presente proyecto (investigación y talleres científicos). Finalmente, se presenta un reporte financiero.

## Abstract

This report presents the activities carried out and the financial report corresponding to the development of the SENACYT FID16-30 project, entitled "**Analysis of CO<sub>2</sub> fluxes and water vapor of a mangrove ecosystem in the Bay of Panama**". This research is carried out in the province of Panama, specifically in the mangrove area of the Juan Díaz River. Numerous tours have been carried out in order to collect data on hydroclimatic variability from measurements of the Eddy covariance tower. Analysis of these data has been carried out with a view to studying the mangrove ecosystem. Supplies and accessories necessary for this type of research have been purchased. We participated in several congresses such as APANAC - 2021, the VII International Congress of Engineering, Science and Technology of the UTP presenting posters, presentations on research advances. Mexico attended the IV edition of the International Congress: "Environmental

and Territorial Sustainability with a presentation. In addition, the article "A Bibliographic Review of the Importance of Carbon Dioxide Capture in Mangroves" and a book chapter entitled "Quantification of CO<sub>2</sub> fluxes in a mangrove ecosystem in the Bay of Panama" were published. in the book of conferences of the congress of Mexico. We participated in the International Course on Ecosystems with a Partial and Passive Approach in Integrated Management of Hydrographic Basins, and a Webinar alluding to the project in June 2020. On behalf of the SENACYT CENPEN-CIHH UTP project, videos have been made of the tours to the area of study of the project and there has been a presence in the national and UTP media outlets. Students from the UTP environmental and systems engineering careers have been incorporated, respectively, to carry out their graduation work on topics related to the project's objectives. Four international collaboration projects have emerged within the framework of this project (research and scientific capacity building). Finally, a financial report is presented.

## Marco Conceptual

En el 2008 el Dr. Jay Zieman profesor de la Universidad de Virginia, de los Estados Unidos (USA), invitado a Panamá por la Fundación Ciudad del Saber y la entonces Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM) participa de un recorrido por los manglares del Pacífico panameño para valorar el estado en que se encuentran y promover la importancia de su estudio como sumideros de carbono, entre otros servicios ambientales que prestan. De esa interacción entre la Lic. Lourdes Lozano, entonces Directora de Fomento de la Cultura Ambiental en la ANAM, y con el apoyo de la Fundación Ciudad del Saber nace una iniciativa de colocar una torre de monitoreo entre los manglares del pacífico panameño. El proyecto como tal, no tomó forma hasta el año 2014, cuando inicia el proyecto de cooperación técnica no reembolsable "Parque Urbano de Manglar de la Bahía de Panamá", con el apoyo del Banco de Desarrollo de América Latina – CAF, y la compañía constructora Norberto Odebrecht, que construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), en su primera fase.

En el 2015, a través de la Fundación Ciudad del Saber y la Coordinación General del Proyecto Parque Urbano de Manglar (CAF/MINSA), se invita al Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) y a la Unidad de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, a conformar el equipo nacional como contraparte de los expertos de la Universidad de Virginia y Pensilvania (USA) para el desarrollo del componente de investigación sobre monitoreo del flujo de CO<sub>2</sub> y otros parámetros climáticos, asociados a los servicios que presta el manglar. En el 2016 se instala una torre similar en el área protegida Humedal Bahía de Panamá, Sitio RAMSAR.

La tecnología mencionada se usa para evaluar en un área en particular los flujos de gases entre la biosfera y la atmósfera. Los flujos verticales de CO<sub>2</sub> (Fc), calor latente (LE) y calor sensible (H) entre la vegetación y la atmósfera son proporcionales a la covarianza media entre el componente vertical de velocidad del viento y las fluctuaciones escalares respectivas (por ejemplo, el CO<sub>2</sub>, vapor de agua y la temperatura). El sistema de covarianza Eddy proporcionará estimaciones directas de los flujos de vapor de agua y CO<sub>2</sub> para las especies que conforman la vegetación del manglar ubicado en las inmediaciones de la PTAR.

Se contó con apoyo de expertos como el Dr. José D. Fuentes de la Universidad Estatal de Pensilvania (<http://www.met.psu.edu/people/juf15>) y el Dr. Paolo D'Odorico de la Universidad de Berkeley (<https://ourenvironment.berkeley.edu/people/paolo-dodorico>), quienes han trabajado durante varios años investigando el ciclo de carbono en diferentes entornos ecológicos incluidos manglares y lagunas salinas en los Everglades de Florida y las costas de Virginia, utilizando la tecnología Eddy y modelos estocásticos de las fluctuaciones ambientales sobre la dinámica de los ecosistemas. Formaron parte de la colaboración internacional la Dra. M. Purificación Galindo del departamento de estadística, de la Universidad de Salamanca (USAL), España (<http://diarium.usal.es/pgalindo/>), profesora e investigadora en análisis de datos multivariantes, especialista en Métodos BIPLLOT y técnicas relacionadas; junto con las Doctoras M. Purificación Vicente y Ana Nieto, también especialistas en el tema y la Dra. Nathalia Tejedor, colaboradora del CIHH/ UTP.

La pérdida rápida de los manglares en las recientes décadas los ha convertido en uno de los ecosistemas más amenazados en el mundo. Este proyecto busca una estrategia que contribuya a elevar la calidad de vida del ciudadano y el mejoramiento de los sistemas ecológicos en que se encuentra la ciudad, poniendo la educación y la investigación al servicio de las necesidades de la población, para obtener una ciudad y una Bahía saneadas, con la participación de la sociedad. Para tales efectos, el proyecto contempla líneas principales de trabajo, tales como la educación ambiental; la participación social, y el desarrollo de la investigación sobre el papel de los manglares en la reducción del riesgo y la adaptación al cambio climático.

Tomando en cuenta el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCIYT) 2015-2019, este proyecto responde a las siguientes líneas estratégicas: Fortalecimiento de recursos humanos y de infraestructura científica y tecnológica. Esta propuesta buscó posicionar al CIHH como un referente nacional en el ámbito del estudio de los sistemas ecológicos de manglar presentes en Panamá. Fortaleció la plataforma científica para que estudiantes realicen trabajos de graduación/tesis/disertación a nivel de licenciatura, maestría o doctorado y profesores e investigadores nacionales realicen proyectos a los más altos estándares, sobre una de las líneas de investigación con mayor pujanza en materia de adaptación al cambio climático.

Entre los beneficios obtenidos tenemos que se introdujo al personal del CIHH y profesores, investigadores del Departamento de Estadística de la USAL, estudiantes e investigadores de la UTP, del Ministerio de Ambiente (MiAmbiente), de la Ciudad del Saber, a colaboradores de la PTAR, a ONG's, MINSAL, y del Instituto de Investigaciones Tropicales del Smithsonian, a través del dictado de seminarios en la teoría y las aplicaciones de las técnicas de laboratorio y de campo que son usadas para estudiar los procesos de captación de carbono, intercambio de energía y agua en los manglares; así como de las metodologías y modelos multivariantes estadísticos del manejo de datos.

Investigadores de los países involucrados contribuyeron y Panamá se benefició directamente de esta cooperación. Los principales beneficios serán la transferencia de conocimiento (trabajo de campo, trabajo de laboratorio, uso de técnicas y metodologías de medición y cuantificación, metodologías y modelos estadísticos multivariantes) por parte de los científicos norteamericanos y españoles, a los estudiantes tesisistas y colaboradores panameños y la nueva base de datos adquirida que puede ser usada tanto para futuras investigaciones científicas como de recurso para planeamientos conservacionistas de las zonas costeras marinas panameñas.

## Resumen de la metodología utilizada

### Materiales y métodos.

El proyecto consta con el acceso a una torre de meteorología y de covarianza Eddy ubicada en una zona de manglar de Juan Díaz, esta torre se localiza en las siguientes coordenadas geográficas 9°00'51.082" N 79°27'10.60" E (ver figura 1). Dicha estación experimental está dedicada a la memoria de Jay Zieman (qepd, TZ), de la Universidad de Virginia, y quien promovió la investigación y conservación de los manglares, ecosistemas tan ricos como frágiles y diversos que posee el Istmo de Panamá. Se mide el flujo o transporte escalar promedio que se compone de un transporte medio y de otro turbulento que será predominante y que matemáticamente es equivalente a una covarianza. Precisamente la técnica de covarianza de Eddy consiste en la medición de este tipo de variables.



Para ello, ya se encuentra instalado un anemómetro sónico capaz de medir la velocidad del viento en las tres componentes espaciales  $u$ ,  $v$ ,  $w$ , además de la temperatura del aire, sincronizado con un IRGA (Infrared Gas Analyser) para medir la magnitud escalar que generalmente se trata de las densidades de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . Además, se ha instalado un datalogger (almacenador de datos) capaz de recoger y almacenar los datos generados por ambos aparatos, los cuales serán analizados y procesados (Ver figuras 2 y 3).



**Figura 2.** Anemómetro ultrasónico utilizado para medir la velocidad y dirección del viento.



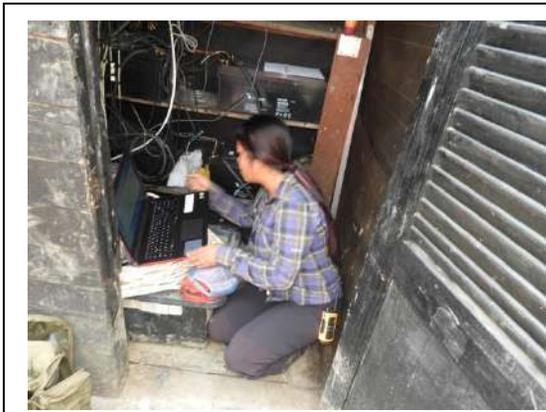
**Figura 3.** Imagen desde arriba mostrando el anemómetro sónico, el sensor infrarrojo y demás equipos colocados en la Torre JZ,

La metodología consiste en la descarga periódica de los datos y su posterior almacenamiento para procesarse en gabinete. Los viajes o giras al manglar donde se encuentra ubicada la torre se realizan con una frecuencia mensual, debido en parte a la necesidad de contactar con el apoyo del Servicio Nacional Aéreo Naval (SENAN) quienes brinda su apoyo y supervisión en todas las visitas y que, sin ellos, no permiten las mismas (ver figura 4).



**Figura 4.** Se requiere contar con el apoyo de unidades del SENAN para acceder el sitio de la torre como medida de seguridad.

Las campañas a campo llevan asociadas una descarga de datos, revisión de los sistemas energéticos y de almacenamiento, mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos in situ y en oficina. La descarga de datos se realiza en equipos de trabajo del proyecto, tanto computadoras como memorias portátiles especiales para trabajar en las difíciles condiciones como las que nos exige el manglar (ver figuras 5 y 6).



**Figura 5.** La Dra. Nathalia Tejedor colectando la data de la torre usando la conexión con una laptop.



**Figura 6.** Ing. Ana Franco verificando que los sensores están funcionando bien en la Torre JZ.

En la actualidad se han realizado distintas reparaciones o modificaciones a algunos mecanismos de la torre debido a distintos problemas originados tanto por la climatología como por la fauna del entorno. La torre se encuentra actualmente en un constante mejoramiento debido a estas incidencias (ver figuras 7 y 8).



**Figura 7.** MSc. Jaime González manipulando accesorios de propia construcción para usarse de protección contra las aves.



**Figura 8.** Dr. Matteo Detto reparando parte del cableado del radiómetro de la T JZ.

Los principios básicos de las mediciones de covarianza de Eddy se basan en el flujo vertical, el cual se puede calcular como covarianza entre la concentración de la entidad de interés y la velocidad vertical del viento en los remolinos. El método de Covarianza Eddy asume que el flujo es turbulento y que también el terreno suele ser homogéneo. También se asume que durante la noche y con la calma, las turbulencias bajas de los flujos pueden ser desestimadas.

Usualmente, una vez recopilada la data cruda o raw, de los días o meses, la misma se suele procesar con el programa EddyPro (o Matlab), después de esto se produce una segunda evaluación o procesamiento que se llama secondary data processing, en el cual se le aplican una serie de correcciones estándar para obtener los datos de mediciones meteorológicas.

Se deben también eliminar usualmente los datos que se producen en la noche y los datos que arrojan valores negativos, usualmente los datos que se producen por la noche son datos que se pueden identificar fácilmente al usar un Par fotosintético ya que este nos estará dando unos valores menores de  $20\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ . Aparte de estas correcciones se deben realizar otras tales como la corrección de la velocidad de fricción. Una vez realizados todos los análisis y procesamientos necesarios podríamos obtener unos resultados claros de las condiciones y situaciones que están ocurriendo alrededor de la torre.

Una vez recolectados los datos en campo se aplicaron técnicas alternativas y nuevas metodologías estadísticas tales como, el HJ-Biplot, el cual permite mediante una representación gráfica simultánea de las variables relacionadas a su hábitat, haciendo que la interpretación de estos ecosistemas sea más fácil y permita una inferencia visual con la exploración de la matriz de datos. Cabe señalar que de Panamá presenta dos estaciones (estación seca y estación lluviosa), por lo cual de manera complementaria se estudiarán los componentes de la serie de tiempo como lo son su tendencia y estacionalidad con la ayuda de autocorrelogramas.

## Objetivos logrados

### Objetivo general

Crear metodologías sostenibles estandarizadas y la capacidad institucional que permita a Panamá estimar el intercambio estacional de carbono y agua en zonas de manglares, utilizando métodos estadísticos multivariantes que permiten obtener una representación gráfica simultánea de los manglares y las variables relacionadas a el intercambio atmosférico de energía y agua.

### Objetivos específicos

Realizar un inventario forestal de las especies presentes en la zona de manglar estudiada de tal forma de estimar la biomasa por encima del suelo y correlacionarla con la captación de  $\text{CO}_2$ . Evaluar las condiciones ambientales que gobiernan el intercambio estacional o flujo de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  en el bosque de manglar del Humedal Bahía de Panamá.

Basándose en los flujos de  $\text{CO}_2$  y mediciones fisiológicas, determinar experimental y estadísticamente los atributos fisiológicos de las especies arbóreas en el manglar e incorporarlos con variables climáticas locales para determinar el consumo neto de carbono del ecosistema local.

Utilizando los datos de la torre, evaluar el potencial regional de captación de carbono en la zona de manglar estudiada bajo la influencia de diferentes regímenes climáticos previstos.

Utilizar el resultado de las valoraciones y mediciones para la educación ambiental y participación ciudadana, de modo que se fortalezca una cultura ambiental sostenible de conservación de estos ecosistemas.

Desarrollo de propuestas a nivel internacional en el tema.

## y lecciones aprendidas

El presente proyecto es un excelente puente para la colaboración científica regional y global. Empezó con la transferencia de tecnología por parte de los científicos estadounidenses y españoles a los panameños, de los métodos de campo en las investigaciones en cuantificación de flujo de carbono y agua y aplicación de modelos estadísticos multivariantes.

Este proyecto de investigación cuenta con una excelente viabilidad científica, dado que los fundamentos teóricos para la cuantificación de flujo de carbono han sido ampliamente estudiados y existen proyectos a nivel mundial para su monitoreo (Ver Towerflux.com, ameriflux.com, Flux Net).

Los estudios de los flujos de carbono y vapor de agua requieren del manejo de una enorme cantidad de datos. Se logró adquirir un sistema de almacenamiento de data donde se guardarán las mediciones provenientes de la torre en el manglar. Dicho sistema se acoplará a un servidor DGXA100 Nvidia que permitirá hacer manipulaciones y cálculos con los datos.

El mantenimiento de la estructura o base de la torre es muy importante. Igualmente, la calibración de los sensores instalados en ella. Por lo que se necesita buscar recursos económicos para tales tareas.

Hay que realizar mediciones de metano que es un gas de efecto invernadero presente en los ecosistemas de manglar.

## Colaboradores del proyecto

**Dr. REINHARDT PINZON**, Universidad Tecnológica de Panamá. **Investigador Principal**. *Dedicación mensual: 25%*. El Dr. Pinzón como investigador principal del proyecto tendrá a su cargo la supervisión de todos los aspectos del mismo. Servirá como enlace principal con SENACYT, e investigadores internacionales. Desde el punto de vista técnico su función principal será la confección de informes y análisis de resultados, brindará su apoyo principalmente en actividades de campo, incluida la colección y análisis de los datos. Además, participará activamente en la redacción de informes y artículos científicos del presente proyecto.

**Dra. NATHALIA TEJEDOR**, Universidad Tecnológica de Panamá, **Co-Investigadora Principal 1**. *Dedicación mensual: 30 %*.

**Dr. JOSE D. FUENTES**, Pennsylvania State University, USA. **Co-Investigador Principal 2**. *Dedicación mensual: 25%*.

**Dr. PAOLO D'ODORICO** University of Virginia, USA, **Co-Investigador Principal 3**. *Dedicación mensual: 20 %*.

**Dra. M. PURIFICACIÓN VICENTE GALINDO**. Universidad de Salamanca, **Co-Investigador Principal 4**. *Dedicación mensual: 20%*.

**Dra. M. PURIFICACIÓN GALINDO.** *Universidad de Salamanca, Co-Investigador Principal 5.* *Dedicación mensual: 20%.*

**Dra. ANA BELÉN NIETO.** *Universidad de Salamanca, Co-Investigador Principal 6.* *Dedicación mensual: 20%.*

**Los Doctores Fuentes, D'Odorico,** serán colaboradores internacionales principales en el proyecto, especialmente en aspectos teóricos y experiencia de campo. Sus principales tareas serán las de orientar la organización de la logística para el trabajo en el campo, entrenar y supervisar los miembros del contingente técnico y científico, analizar los datos, dirigir, y analizar la información, escribir y publicar manuscritos relacionados con los hallazgos científicos del proyecto.

**Las Doctoras Galindo, Vicente y Nieto y Tejedor** se encargarán del procesamiento de los datos recogidos en campo y el análisis estadístico de los mismos, escribir y publicar manuscritos de artículos científicos, de igual manera se encargarán de dar capacitaciones en estos temas. Además, ellos visitaran a Panamá para dar entrenamiento y un curso en conjunto con los miembros del CIHH-UTP.

**Dr. ALEXIS BAULES,** *Universidad Tecnológica de Panamá. Co-Investigador Principal 7.* *Dedicación mensual: 25 %.* Como co-investigador principal del proyecto tendrá a su cargo la coordinación de las pasantías, reuniones de coordinación, talleres y seminarios, divulgación del proyecto. Servirá como enlace con SENACYT, investigadores internacionales y organizaciones nacionales involucradas. Desde el punto de vista técnico su función principal será la de utilizar su expertise en los sistemas de información geográfica y paquetes informáticos relacionados para generar información técnica de la data recopilada, además de la revisión de informes y la ayuda en el análisis de resultado y escritura de artículos científicos.

**MSC. ULISES JIMÉNEZ, ING. ANA FRANCO, ING. JOB NOEL, y LIC. FELIPE RIVERA,** *Universidad Tecnológica de Panamá. Co-Investigadores Principales 8, 9, 10, y 11.* *Dedicación mensual: 20 % cada uno.* Su función principal será la de realizar el inventario forestal, elaboración y revisión de informes, en la recolección de datos, en el análisis de los datos y resultados, escribir manuscritos de artículos científicos.

## **7.2. Personal técnico de apoyo (30%):**

**Estudiante de pregrado y maestría preferiblemente (proyecto de tesis)** *Apoyo* en tareas de campo del proyecto: Topografía, Instalación de equipos, toma de datos y análisis de los mismos, organización de seminarios, contabilidad, desarrollo de informes, análisis de muestras en laboratorio, etc.

**Personal del CIHH y de la UTP** El apoyo del CIHH se hará principalmente en aspectos de logísticos y administrativos. (Transporte, secretariado, tareas de campo, equipo de topografía y estaciones de GPS para el posicionamiento exacto de las coordenadas de los equipos existentes en el área, b) Programas informáticos para la elaboración de mapas georeferenciados del sitio bajo estudio, etc.).

## Impacto logrado

El impacto en la base científica del país fue significativo por varias razones:

- a). La creación de capacidades técnicas a nivel institucional para obtener una línea base de la cuantificación de flujo de carbono y agua en las zonas de manglares que son áreas prioritarias de protección y conservación, gracias a la transferencia de conocimientos (know how) de expertos extranjeros en el tema.
- b). El uso de las tecnologías y metodologías estadísticas Biplot proporcionan vías para acceder a datos que de otra forma serían muy difíciles de obtener y analizar.
- c). La obtención de valiosas herramientas tecnológicas y la capacitación de estudiantes panameños y de científicos en etapas tempranas de sus carreras.
- d). El fortalecimiento de la inserción de instituciones científicas panameñas en redes globales de gestión del conocimiento para el desarrollo sostenible.
- e). La apertura de una fuente de futuros financiamientos para apoyar las investigaciones y colaboración con científicos panameños para continuar proyectos en nuevos sitios marino costeros a lo largo de todo el territorio nacional. Además, los resultados y productos de este estudio han sido compartidos con científicos panameños, organizaciones ambientalistas y conservacionistas no lucrativas y el gobierno panameño identificando las áreas prioritarias de conservación y promoción de los recursos de los manglares panameños. Finalmente, la preocupación global de los efectos de invernadero nos obliga como país a adquirir los conocimientos y desarrollar la tecnología necesaria para la cuantificación de flujos de carbono, basada en la experiencia de países desarrollados.

## Productos del proyecto

### Productos esperados Etapa I

- 1.1. Compendio de resultado de análisis de la información técnica y bibliográfica,
- 1.2. Foto documentación de lanzamiento formal del proyecto seguido de un Curso Taller con todos los investigadores y actores claves.
- 1.3. Adquisición de Insumos científicos para la etapa I.
- 1.4. Data recopilada de la campaña de medición.
- 1.5. Data procesada y analizada de los datos obtenidos de la campaña de medición.
- 1.6. Informe de avance intermedia de la Etapa I entregado a la SENACYT.
- 1.7. Instrumentos/procesamiento y el análisis de datos optimizados.
- 1.8. Informe técnico y financiero de la Etapa I entregado a la SENACYT.

### Productos esperados Etapa II

- 2.1. Culminación de la adquisición de los insumas científicos
- 2.2. Campaña de medición
- 2.3. Procesamiento y análisis de los datos obtenidos
- 2.4. Elaboración del informe de avance intermedio de la Etapa. II

- 2.5.Elaboración de borrador de un artículo científico para ser sometido a una revista indexada
- 2.6. Divulgación de los resultados
- 2.7.Elaboración del informe técnico y financiero de la Etapa II
- 2.8.Elaboración del informe final

### **Desarrollo de actividades de divulgación según el plan de difusión de resultados.**

Varias han sido las participaciones de los colaboradores del proyecto en la divulgación del mismo y sus avances. Lo anterior ha generado mecanismos de difusión e información a la ciudadanía, gobierno, ONG ambientales, e instituciones de interés sobre el valor del manglar en la disminución de la vulnerabilidad de la Ciudad y sus ciudadanos ante el cambio climático (Disponibles en: [www.manglar-carbono.utp.ac.pa](http://www.manglar-carbono.utp.ac.pa)).

Entre los mecanismos de impacto de difusión se pueden mencionar los siguientes:

#### **Día Internacional de los Ecosistemas de Manglar**

En el Día Internacional de los Ecosistemas de Manglar se celebró con la presentación del audiolibro 'Maravilla Manglar', el viernes 26 de julio de 2019 en el Centro de Convenciones de Ciudad del Saber. El evento se llevó a cabo gracias al apoyo brindado por el Ministerio de Salud, el Programa de Saneamiento de Panamá, la Fundación Imaginari, la Fundación Europamundo y la Fundación Ciudad del Saber, en pro de la conservación y desarrollo sostenible de los manglares (ver figuras 9-12). Al mismo asistieron la Dra. Nathalia Tejedor, las estudiantes Lilisbeth Rodríguez, y Natasha Gómez como representación del proyecto FID16-30 y del CIHH-UTP. La Dra. Tejedor aprovechó la oportunidad para divulgar los avances del proyecto y las perspectivas futuras del mismo. De igual forma, la joven Lilisbeth Rodríguez como tesista en el proyecto manifestó su inquietud y emoción por ser parte de esta iniciativa científica que estudia los manglares en Panamá (disponible en: <http://manglar-carbono.utp.ac.pa/2019/07/26/lanzamiento-del-libro-audio-maravilla-manglar/>)



**Figura 9.** Dra. Nathalia Tejedor (lado derecho) dando sus opiniones respecto de cómo el proyecto FID16-30 se encamina en la protección de manera científica de los manglares.



**Figura 10.** Lilisbeth Rodríguez como tesista del proyecto presenta una perspectiva de futura profesional en ingeniería ambiental abocada a estudios de los manglares en Panamá.



**Figura 11.** Las colaboradoras del FID16-30 y de la UTP quienes asistieron a la actividad del Día del manglar fueron la Dra, Nathalia Tejedor, las estudiantes Lilisbeth Rodríguez y Natasha Gómez.

**Figura 12.** La Lic. Lourdes Lozano colaboradora del FID16-30 como representante de la ONG PanaManglar presentando el libro animado Maravilla Manglar.

#### **IV edición del Congreso Internacional: "Sostenibilidad Ambiental y Territorial"**

Del 18 al 20 de septiembre 2019, se llevó a cabo, en la ciudad de México, la IV edición del Congreso Internacional: "Sostenibilidad Ambiental y Territorial", en el Salón Morelos de la Secretaría de Relaciones Exteriores, Distrito Federal México, organizado por la Fundación Internacional para la Sostenibilidad Ambiental y Territorial (FISAT). En este encuentro asistieron cerca de 23 países tales como: Nigeria, Angola, Costa Rica, Venezuela, Francia, Estados Unidos, Nicaragua, República Dominicana, Portugal, Polonia, Mozambique, Honduras, Panamá, Colombia, México, Paraguay, Argentina, Brasil, Chile, Ecuador, España, Perú y Guatemala, con una aproximación de 130 ponencias expuestas en inglés y castellano.

En esta oportunidad se destacó la participación de la Dra. Nathalia Tejedor Flores y del Ing. Jaime González González, ambos colaboradores del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) (ver figuras 13-14), con la presentación del artículo: "Cuantificación de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá". Esta exposición se enmarca dentro de las actividades que se realizan en el Proyecto FID 16-30 "Análisis de Flujos de CO<sub>2</sub> y Vapor de Agua de un Ecosistema de Manglar, en la Bahía de Panamá".



**Figura 13.** La Dra. Nathalia Tejedor en su participación en el IV Congreso Internacional de Sostenibilidad Ambiental Territorial.



**Figura 14.** MSc. Jaime González expuso junto con la Dra. Tejedor los avances y resultados del FID16-30.

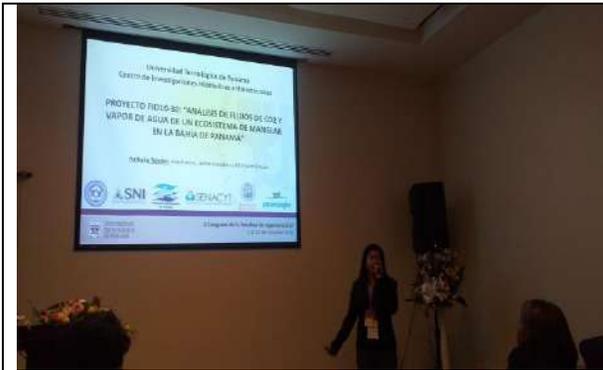
### **VII Congreso Internacional de Ingeniería, Ciencia y Tecnología -UTP**

El Proyecto FID2016-30 Fue presentado en el VII congreso Internacional de Ingeniería, Ciencia y Tecnología cuyo lema es “Para problemas Complejos, Soluciones Multidisciplinarias”, del 9 al 11 de octubre de 2019, en el Wyndham Panamá Hotel Albrook Mall. Este congreso se desarrolla en un marco internacional, con la colaboración de diversas instituciones y empresas privadas en Panamá. El mismo atrae la participación de expositores internacionales, quienes se suman al reto de enfrentar los grandes desafíos de Panamá por medio de las Ciencias, la Investigación, el Desarrollo Tecnológico y la Innovación (ver figura 15).



**Figura 15.** Foto grupal de los participantes del CIHH-UTP durante el VII congreso Internacional de Ingeniería, Ciencia y Tecnología.

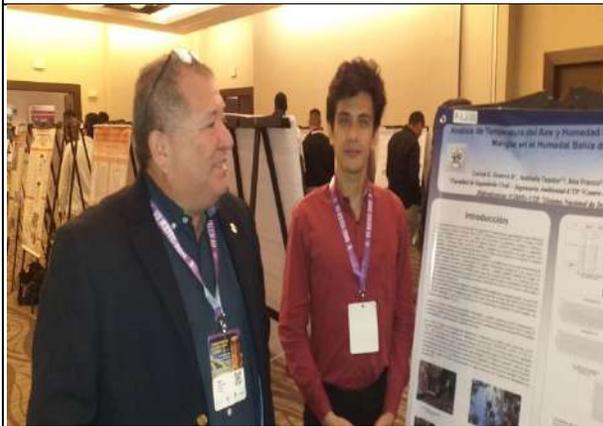
El proyecto contó con la participación de los expositores del proyecto FID2016-30 como la Dra. Nathalia Tejedor quien expuso el tema del proyecto “Análisis de Flujos de CO<sub>2</sub> y Vapor de Agua de un Ecosistema de Manglar en la Bahía de Panamá”. También se contó con la participación de los estudiantes de la UTP que realizan sus respectivas tesis de investigación, quienes expusieron sus temas en formato poster: Lilisbeth Rodríguez C. y Natasha Gómez: Estimación de CO<sub>2</sub> por el proceso de respiración de Suelo en el Manglar de Juan Díaz. Carlos Guerra: Análisis de Temperatura y Humedad Relativa en una Zona del Ecosistema de Manglar del Humedal de la Bahía de Panamá. Miguel Tamayo: Desarrollo de un Paquete de Software para el procesamiento de Datos Captados en el Ecosistema de Manglares de la Bahía de Panamá (ver figuras 16 – 19).



**Figura 16.** Dra. Nathalia Tejedor expuso el tema del proyecto “Análisis de Flujos de CO<sub>2</sub> y Vapor de Agua de un Ecosistema de Manglar en la Bahía de Panamá.



**Figura 17.** Natasha Gómez y Lilisbeth Rodríguez C. con el póster Estimación de CO<sub>2</sub> por el proceso de respiración de Suelo en el Manglar de Juan Díaz.



**Figura 18.** Carlos Guerra: Análisis de Temperatura y Humedad Relativa en una Zona del Ecosistema de Manglar del Humedal de la Bahía de Panamá.



**Figura 19.** Miguel Tamayo (centro): Desarrollo de un Paquete de Software para el procesamiento de Datos Captados en el Ecosistema de Manglares de la Bahía de Panamá.

### Curso Internacional en Ecosistemas con Enfoque Parcial y Pasivo en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

La Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), mediante el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), participó en el “Curso Internacional en Ecosistemas con Enfoque Parcial y Pasivo en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas”, del 6 al 26 de octubre 2019, en el marco de Cooperación Técnica entre los gobiernos de Panamá y Japón, a través del Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) y la Agencia de Cooperación Internacional de Japón, por sus siglas en inglés (JICA). En esta oportunidad, investigadores del CIHH colaboraron como expositores con el tema: “Flujo de CO<sub>2</sub> en el Manglar de Juan Díaz” a cargo de la Dra. Nathalia Tejedor, la Ing. Ana Franco y el Ing. Jaime González, quienes compartieron datos importantes sobre el estudio multidisciplinario que se lleva a cabo, en la torre de observación que contempla el Proyecto FID - 2016-30, denominado: “Análisis de Flujos de CO<sub>2</sub> y Vapor de Agua de un Ecosistema de Manglares,

en la Bahía de Panamá”. La ponencias tuvieron una duración de hora y media, con las cuales se captó la atención de los distintos representantes de dieciséis países de América Latina y el Caribe, quienes también pudieron apreciar la labor que se llevan a cabo, en estos proyectos de manera audiovisual con la presentación del vídeo: II Escuela de verano de medición de CO<sub>2</sub>. Los asistentes hicieron muchas preguntas que fueron atendidas por los investigadores del CIHH. Este curso fue organizado por el Ministerio de Ambiente (MiAMBIENTE) con el apoyo de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA por sus siglas en inglés), donde participan profesionales y estudiantes de diez países de América Latina y el Caribe.



**Figura 20.** De derecha a izquierda; Ing. Ana Franco, la Dra. Nathalia Tejedor y el MSc. Jaime González en su participación en el Curso Internacional.



**Figura 21.** Los colaboradores exponiendo los avances y resultados del FID16-30.

### Conversatorio LIVE

Exposición del Proyecto FID16-30, a través de un conversatorio LIVE y una presentación vía Zoom, actividad organizada por parte del Programa de Saneamiento de Panamá, en conmemoración del Día Mundial del Medio Ambiente, el día 4 de junio de 2020 (ver figura 22).



**Figura 22.** La Dra. Nathalia Tejedor (abajo derecha) exponiendo los avances y resultados del FID16-30.

Diversas intervenciones, entrevistas y reportajes se realizaron en entorno al proyecto y en miras de divulgar los desarrollos, beneficios, alcances, etc. Figuras 23 al 26.



**Figura 23.** El periódico digital Diario16 realiza una entrevista a la Dra. Tejedor donde abordan la estadística aplicada al proyecto de Flujo de Manglar en la Bahía a de Panamá. 16 sept. 2021

**Figura 24.** Entrevista a la Dra. Nathalia Tejedor en el programa Agua y Café Elite. 30 – agosto 2021.



**Figura 25.** Entrevista IMAGiNA Radio – Dra. Nathalia Tejedor Aborda sobre la Importancia de la Investigación en los Manglares. 2021.



**Figura 26.** Canal de Televisión TVN realiza un reportaje sobre la Torre de Manglar. 2021

Participación del Proyecto FID2016 – 30 en el XVIII Congreso Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología (APANAC 2021). (ver figura 27).

XVIII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología

**APANAC 2021**

Ciencias Ambientales y Cambio Climático

**Ecosistema de Manglar de la Bahía de Panamá**

MESA REDONDA *Investigaciones en Desarrollo*

CO<sub>2</sub>

CONFERENCISTAS:

- Dra. Nathalia Tejedor**  
Proyecto FID06-30 "Análisis de flujos de CO<sub>2</sub> y vapor de agua de un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá"
- Est. Carlos Guerra**  
Análisis de las variables meteorológicas de humedad y temperatura del aire en un manglar de Juan Díaz
- Ing. Jaime González**  
Hidrodinámica de las halófitas y el papel de los rasgos de la vegetación en la respuesta del ecosistema a las perturbaciones en la interfaz terrestre-acuática
- Est. Miguel Tamayo**  
Desarrollos informáticos en Python para la administración de data proveniente de la torre en el manglar de Juan Díaz
- Dr. Reinhardt Pinzón**  
Investigador y organizador, Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas.

Sitio Web del Proyecto

Logos: FEP, SNI, SENACYT, TEXAS Geosciences, Princeton University, Universidad Tecnológica de Panamá.

**Figura 27.** APANAC 2021.

**Presentación de propuesta internacional con al menos uno de los dos grupos internacionales que nos apoyan o contactos que esos grupos tengan con otra comunidad científica interesada en el tema.**

Se han producido 5 proyectos internacionales. 3 de investigación y dos de talleres (finalizados):

**1. Proyecto Internacional: Estimaciones de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar utilizando herramientas del Big Data. Universidad de McGill, Canadá.**

Este proyecto de investigación conlleva un estudio detallado de las distintas variables climatológicas y los flujos de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O que se producen en los manglares, para que se puedan crear las capacidades institucionales en la cuantificación de uno de los principales gases responsables del efecto de invernadero. Inspirados por las nuevas técnicas de análisis que ofrece el Big data, así como por la disponibilidad reciente de una gran cantidad de datos obtenidos por la técnica de Covarianza Eddy (EC) de la torre flujo, se propuso utilizar técnicas de aprendizaje automático para simular y predecir los flujos de carbono de los bosques de manglar (ver figura 28).

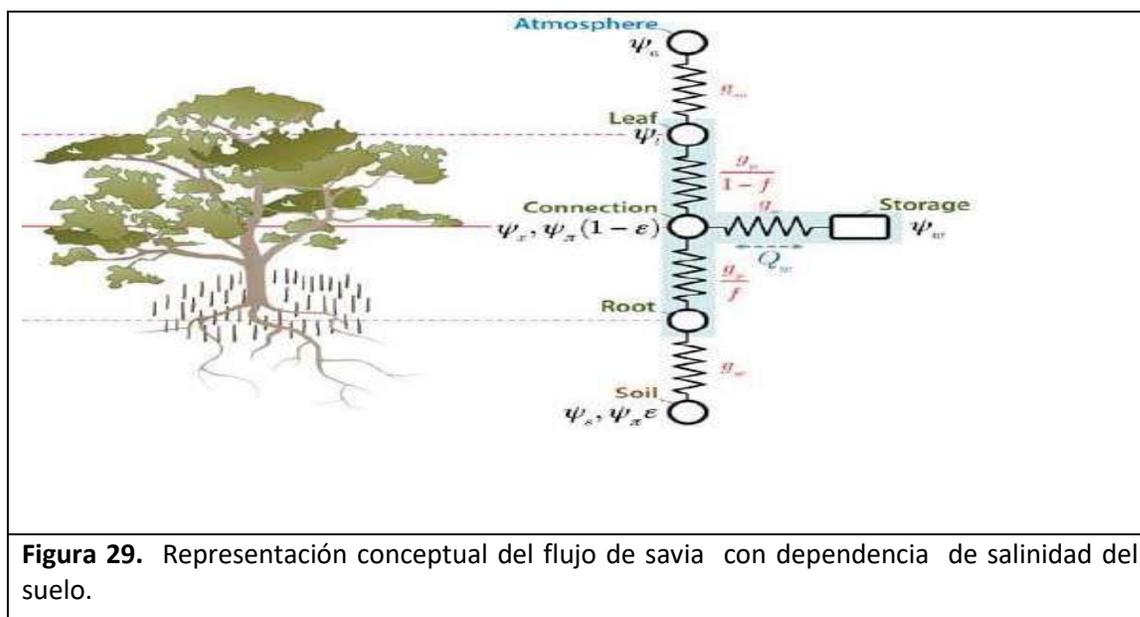


**Figura 28.** Propuesta Internacional: Estimaciones de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar utilizando herramientas del Big Data.

**2. Proyecto Internacional: Exploring the influence of above- and below-ground plant trait plasticity and its parameterization in vegetation hydrodynamics modules within land surface models. Proyecto DOE (Departamento de Energía de USA), Liderado por la Dra. Dr. Ashely Matheny, Universidad de Texas, USA, con el apoyo del MSc. Jaime González Colaborador del CIHH-UTP.**

Disponible: <https://pamspublic.science.energy.gov/WebPAMSEExternal/Interface/Common/ViewPublicAbstract.aspx?rv=49545218-914b-4842-9ca9-cc8437d68f9c&rtc=24&PRoleId=10>

El marco del modelo FETCH2 para los manglares proporcionará un banco de pruebas único para el estudio de plasticidad del rasgo funcional hidráulico en respuesta a perturbaciones de compuestos. Aquí, los investigadores proponen un acoplamiento del estudio de medición y modelado para mejorar la representación y parametrización de los bosques de manglares en modelos de ecosistema y superficie terrestre a través de un mecanismo flexible y basado en rasgos marco de modelado hidrodinámico de plantas (ver figura 29).



**Figura 29.** Representación conceptual del flujo de savia con dependencia de salinidad del suelo.

### 3. Proyecto Seminario taller Internacional: II Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>. (Disponible en <http://manglar-carbono.utp.ac.pa/2019/05/24/ii-escuela-de-verano-co2-2019/>)

El proyecto FID16-30 facilitó el poder llevar a cabo el Lanzamiento Foro y Taller de 2 semanas del Proyecto, II Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>. La iniciativa buscó generar conocimientos sobre los aportes del manglar para una ciudad, como la de Panamá, cercana y dependiente para su costa, la cual resulta tener un gran vulnerabilidad ante el cambio climático. Se dispuso de la torre covarianza Eddy, instalada en el área protegida Humedal Bahía de Panamá. Dicha tecnología proporciona estimaciones directas de los flujos de vapor de agua y CO<sub>2</sub> para las especies que conforman la vegetación del manglar. Los objetivos de la investigación son crear metas que permitan verificar hipótesis científicas sobre las medidas para la valoración y conservación de manglares en Panamá, probará hipótesis específicas sobre las condiciones ecológicas y atmosféricas que controlan el estado y funcionamiento de los ecosistemas; y transferir conocimientos a estudiantes panameños, de manera que se conviertan en multiplicadores de estudios similares. Entre los facilitadores de esta II Escuela de verano, se contó con la participación de excelentes científicos internacionales como lo es: El Dr. Francisco López, el Magister Iván Pérez Ambos de la Universidad de Castilla – La Mancha, España. Y el Doctor Matteo Detto de la Universidad de Princeton y del Smithsonian. Quienes son expertos en esta área de investigación con múltiples publicaciones científicas en diversas revistas de renombre internacional (ver figura 30). Del taller realizado se hizo un reportaje y que está disponible en: <https://youtu.be/i7QN-YibEAQ>



**Figura 30.** Foto grupal de los colaboradores participantes en el Seminario Taller Internacional.

**4. Proyecto Cierre -Foro y taller Internacional: III Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>.** (Disponible en <http://manglar-carbono.utp.ac.pa/2022/01/15/foro-taller-iii-escuela-de-verano-de-medicion-de-co2/>)

El proyecto FID16-30 llevo a cabo el Cierre - Foro y Taller de 1 semana del Proyecto, III Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>:Aplicaciones en estadística. La iniciativa buscó generar conocimientos de la teoría y las aplicaciones de las metodologías y modelos multivariantes estadísticos del manejo de datos. Entre los facilitadores de esta III Escuela de verano, se contó con la participación de excelentes científicas internacionales como lo son: Las doctoras María Purificación Galindo, Purificación Vicente y la magister Laura Vicente de la Universidad de Salamanca, España. Quienes son expertas en esta área de investigación con múltiples publicaciones científicas en diversas revistas de renombre internacional (ver figura 31).



**Figura 31.** Foto grupal de los colaboradores participantes en el Foro Taller Internacional. Del 11 al 14 de enero de 2022.

**5. Proyecto SENACYT de colaboración internacional, FIED21-18: Estimación del flujo de savia en un ecosistema de manglar: Evaluación de las condiciones ambientales". Universidad de Castilla La Mancha, Albacete España.** Esta propuesta de investigación, al complementarse con estudios previamente realizados en el área (FID16-30), busca utilizar los datos meteorológicos, de covarianza de Eddy, flujo de savia y contenido de agua de biomasa para forzar, parametrizar, optimizar y evaluar los modelos de superficie terrestres y con ello, obtener representaciones adecuadas de los manglares panameños tanto de la transpiración como de los flujos de carbono, con el propósito de ayudar a cumplir los compromisos adquiridos por el país en su Contribución Determinada (CDN 1 actualizada) ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, específicamente con el compromiso: "A partir del 2022, los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero integrarán el carbono azul, aplicando el capítulo 4 del suplemento 2013 del IPCC que hace énfasis en humedales costeros". **Investigadora principal: Dra. Nathalia Tejedor – a iniciar en el año 2022.**

## Conclusiones y recomendaciones

El presente proyecto aportó mucho en la generación de líneas bases en miras de un esfuerzo por reducir las emisiones que provocan el cambio climático en el planeta, como el calentamiento global o efecto invernadero. Además, que la consolidación de los desarrollos y metodologías que

el CIHH posee lo convierte en un potencial socio técnico para estudios similares que se den en otras regiones del país (tales como la Isla de Coiba, manglares, el Arco Seco – Azuero, etc.)

## Anexos

## Anexo 1

## Listado de publicaciones de los resultados del proyecto

1. J. González, N. Tejedor-Flores and R. Pinzón, "**A Bibliographic Review of the Importance of Carbon Dioxide Capture in Mangroves**," *2019 7th International Engineering, Sciences and Technology Conference (IESTEC)*, 2019, pp. 126-131, doi: 10.1109/IESTEC46403.2019.00-89
2. Jaime González, Nathalia Tejedor-Flores, Reinhardt Pinzón, Ana Franco, "**Cuantificación de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá**", *Políticas Públicas Territoriales y Desarrollo Regional*, pp. 243- 255, Editorial Thompson Reuters-Aranzadi, **2020**, [https://cihh.utp.ac.pa/sites/default/files/documentos/2021/pdf/cap\\_xiv\\_cuantificacion.pdf](https://cihh.utp.ac.pa/sites/default/files/documentos/2021/pdf/cap_xiv_cuantificacion.pdf)
3. N. Tejedor-Flores, J. González, C. E. Guerra Sosa, M. Tamayo Martínez, y R. Pinzón, "**Ecosistema de Manglar de la Bahía de Panamá: Investigaciones en desarrollo**", *apanac*, jun. **2021**. <https://doi.org/10.33412/apanac.2021.3261>
4. Nathalia Tejedor-Flores, Jaime González González , Reinhardt Pinzón, Ana Belén Nieto Librero , Purificación Vicente-Galindo and Purificación Galindo- Villardón, "**Analysis of Meteorological Data of Mangrove Ecosystem using multivariate Techniques, mathematics**", 2022, en preparación.
5. Guerra C, Pinzón R. "**Air temperature and relative humidity analysis in a mangrove ecosystem area in the Bahía de Panamá (Panama Bay) wetland**". En revisión. A enviarse a *Air, Soil and Water Research Journal*. 2022.

## Anexo 2

### Lista de Tesis de pregrado

En el marco del presente proyecto se realizaron trabajos de graduación de pregrado de los estudiantes Carlos Guerra, Natasha Gómez, Lilisbeth Rodríguez, y Miguel Tamayo de las facultades de Ingeniería Ambiental y de Sistemas Informáticos de la UTP, respectivamente.

1. Carlos Guerra S. **Análisis de Temperatura del aire y humedad relativa en una zona del ecosistema de manglar del humedal de la Bahía de Panamá.** Tesis de licenciatura en ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica de Panamá. Sustentada en mayo de 2021.
2. Lilisbeth Rodríguez y Natasha Gómez. **Estimación de CO<sub>2</sub> por el proceso de respiración de suelo en el manglar de la Bahía de Panamá.** Tesis de licenciatura en ingeniería Ambiental, Universidad Tecnológica de Panamá. En preparación, 2022.
3. Miguel Tamayo. **Desarrollo de un paquete de software para el analisis de datos captados en el ecosistema de manglares de la Bahía de Panamá.** Tesis de licenciatura en Sistema Informáticos, Universidad Tecnológica de Panamá. En preparación, 2022.

Anexo 3

Programa del taller de cierre del proyecto  
Presentación del taller de cierre del proyecto  
Noticia de cierre del proyecto

## Proyecto FID16-30: “III ESCUELA DE VERANO DE MEDICION DE CO<sub>2</sub>: Aplicaciones en Estadística”

Ciudad de Panamá, -Enero -2012

HORARIO	MARTES 11	MIÉRCOLES 12	Jueves 13	VIERNES 14
8:30 AM – 9:00 AM	Inscripciones <b>Hotel Le Méridien Panamá, Salón Veraguas</b>	UTP CAMPUS	UTP CAMPUS	UTP CAMPUS
9:00 AM – 9:15 AM	Palabras de bienvenida Dr. José Fábrega Director CIHH	Taller práctico sobre técnicas del análisis multivariante	Gira de campo a la Torre de Manglar de Juan Díaz.  Práctica de campo Todos los participantes y facilitadores	Taller práctico sobre técnicas del análisis multivariante
9:15 AM – 9:30 AM	Palabras de inauguración Ing. Héctor Montemayor Rector UTP	Dra. Purificación Galindo Villardón Dra. Purificación Vicente Galindo Mgtr. Laura Vicente González		Dra. Purificación Galindo Villardón Dra. Purificación Vicente Galindo Mgtr. Laura Vicente González
9:30 AM – 10:00 AM	Conferencia Dra. Purificación Galindo Villardón Universidad de Salamanca, España	RECESO/REFRIGERIO		RECESO/REFRIGERIO
10:00 AM – 10:30 AM	Conferencia: Proyecto FID16-30 y otras investigaciones Dra. Nathalia Tejedor CIHH-UTP, Panamá	Taller práctico sobre técnicas del análisis multivariante  Dra. Purificación Galindo Villardón Dra. Purificación Vicente Galindo Mgtr. Laura Vicente González		Ejemplos y tareas Trabajo en Grupo. Todos los participantes y facilitadores
10:30 AM – 10:45 AM	RECESO/REFRIGERIO			
10:45 AM – 11:15 AM	Conferencia Proyecto Capital Natural Costero Mgtr. Lourdes Sugasti Audubon Panamá, Panamá			
11:15 AM – 11:45 AM	Conferencia Análisis de las variables meteorológicas de humedad y temperatura del aire en un manglar de Juan Díaz Ing. Carlos Guerra CIHH-UTP, Panamá			
11:45 AM – 12:15 AM	Conferencia: Desarrollo de Software Utilizando Python para el Análisis de Datos Captados en el Ecosistema de Manglares de la Bahía de Panamá Est. Miguel Tamayo CIHH-UTP, Panamá			
12:15 AM – 1:15 PM	RECESO/ALMUERZO	RECESO/ALMUERZO		ALMUERZO
1:15 PM – 1:45 PM	Conferencia: Avances de Investigación Est. Natasha Gómez y Est. Lilisbeth Rodríguez CIHH-UTP, Panamá	Ejemplos y tareas Trabajo en Grupo. Todos los participantes y facilitadores		
1:45 PM – 2:00 PM	Palabras de Clausura Dr. Reinhardt Pinzón CIHH-UTP, Panamá			



**VNIERSIDAD  
D SALAMANCA**  
CAMPUS DE EXCELENCIA INTERNACIONAL



III ESCUELA DE VERANO DE MEDICIÓN DE CO2:  
Aplicaciones en Estadística  
11 de enero de 2022

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

*Proyecto FID16-30 y otras investigaciones*

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH)

SNI SENACYT

Dra. Nathalia Tejedor Flores

1

**CONTENIDO**

- ⊖ Introducción
  - ⊖ Antecedentes
  - ⊖ Objetivos
  - ⊖ Justificación
- ⊖ Metodología
  - ⊖ Sitio de estudio
  - ⊖ Giras
- ⊖ Resultados
- ⊖ Publicaciones
- ⊖ Trabajos y proyectos de investigación



<https://es.vecteezy.com/arte-vegetal/125558-comjunto-de-vectores-de-manglares>

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

2

**INTRODUCCIÓN**



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

3

**INTRODUCCIÓN**

**¿Que es el Manglar?**

Según distintas definiciones:

- Situado en zonas Tropicales y Subtropicales.
- Ecosistema intermareal, asociado a cursos de agua (dulce y salada) y a la acción de las mareas.
- Habitado por especies vegetales con adaptaciones fisiológicas, reproductivas y estructurales que le permiten colonizar sustratos inestables y áreas anegadas.
- Lugar de tránsito, encuentro, vida, de distintas especies animales de todo tipo.



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

<https://www.manglarvecinos.com/2016/01/29/infografia-para-que-sirva-un-manglar/>

4

**INTRODUCCIÓN**

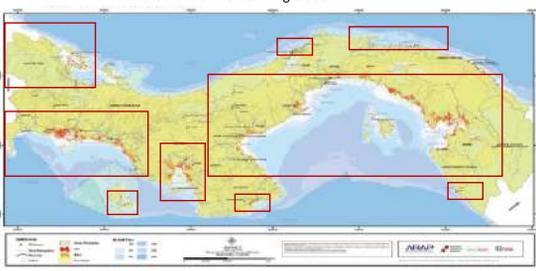
Distribución mundial de los manglares



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

5

Distribución de los manglares en Panamá



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

6

## Antecedentes

El proyecto como tal, no tomó forma hasta el año 2014, cuando inicia el proyecto de cooperación técnica no reembolsable "Parque Urbano de Manglar de la Bahía de Panamá", con el apoyo del Banco de Desarrollo de América Latina, y la compañía que construyó la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), en su primera fase.

En el 2016 se instala una torre de covarianza Eddy en el área protegida Humedal Bahía de Panamá y el CIHR obtiene fondos de investigación de la Convocatoria Pública para el Fomento a la Investigación y Desarrollo-SENACYT.

2008

2014

2015

2016

El Dr. Jay Zeman profesor de la Universidad de Virginia (USA), invitado a Panamá por la Fundación Ciudad del Saber y la entonces ANAMA, participo de un recorrido por los manglares del Pacífico panameño para valorar el estado en que se encuentran y promover la importancia de su estudio como sumideros de carbono. Nace una iniciativa de colocar una torre de monitoreo entre los manglares del pacífico panameño.

En el 2015, a través de la Fundación Ciudad del Saber y la Coordinación General del Proyecto Parque Urbano de Manglar (EPAFUNMA), se invita al CIHR y a la Unidad de Cambio Climático del Ministerio del Ambiente, a conformar el equipo nacional como contraparte de los expertos de la Universidad de Virginia y Pensilvania, para el desarrollo del componente de investigación sobre monitoreo del flujo de CO<sub>2</sub> y otros parámetros climáticos, asociados a los servicios que presta el manglar.



7

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

Los objetivos de este proyecto pueden clasificarse en tres categorías principales:

- Crear metas que permitan verificar hipótesis científicas sobre las medidas para valoración y conservación de manglares en Panamá;
- Probar hipótesis específicas sobre las condiciones ecológicas (fenología) y atmosféricas (radiación activa fotosintética) que controlan el estado y funcionamiento de estos ecosistemas; y
- Transferir conocimientos a estudiantes panameños de pregrado y maestría, de manera que se conviertan en multiplicadores de estudios similares.



8

## JUSTIFICACIÓN



La pérdida rápida de los manglares en las recientes décadas los ha convertido en uno de los ecosistemas más amenazados en el mundo.

Este proyecto busca una estrategia que contribuya a elevar la calidad de vida del ciudadano y el mejoramiento de los sistemas ecológicos en que se encuentran en la ciudad, poniendo la educación y la investigación al servicio de las necesidades de la población, para obtener una ciudad y una Bahía saneadas, con la participación de la sociedad.

Para tales efectos, el proyecto contempla líneas principales de trabajo, tales como la educación ambiental; la participación social, y el desarrollo de la investigación sobre el papel de los manglares en la reducción del riesgo y la adaptación al cambio climático.



9



10

## METODOLOGÍA



## METODOLOGÍA

- El Área del estudio, se encuentra ubicado en la bahía de Panamá. Manglar de Juan Díaz.
- Proyecto de SENACYT FID2016-30.



11

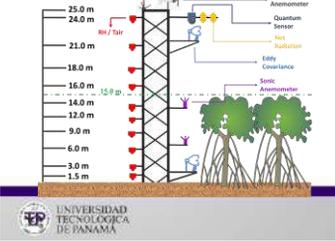


Página web:  
<http://manglar-carbono.utp.ac.pa/>

12

### METODOLOGÍA

La torre de 30 metros de altura, tiene instalados a lo largo de su estructura diferentes equipos que realizan mediciones de variables meteorológicas y gases (dixido de carbono y vapor de agua).



13

### METODOLOGÍA

Tabla 1: Descripción de variables y multipiers, offset, Datalogger Mangrove Tower

Variable	Unidades	Altura/profundidad
Velocidad del viento	m/s	8.0, 15.0, 30.3
Dirección del viento	grados	8.0, 15.0, 30.3
Humedad relativa	%	2.6, 30.0
Temperatura del aire	°C	12.1, 15.7, 23.1, 18.9, 25.6, 30.0

Tabla 2: Descripción de variables y multipiers, offset, Datalogger Mangrove2

Variable	Unidades	Altura/profundidad (metros)
Temperatura de suelo	°C	0.05, 0.10, 0.15, 0.25
Flujo de calor de suelo	W/m2	0.08
Radiación promedio de onda corta (cima del pirgeómetro)	W/m2	30.5
Radiación promedio de onda corta (parte inferior del pirgeómetro)	W/m2	30.5
Radiación media de onda larga (cima del pirgeómetro)	W/m2	30.5
Radiación media de onda larga (fondo del pirgeómetro)	W/m2	30.5



Tabla 3: Descripción de variables instrumentos de gases

Variable	Unidades	Altura/profundidad (metros)
PH2O	mmol/m3	27.70
Presión	kPa	27.70
Velocidad del viento BU, V, W)	m/s	27.70
Temperatura	K	27.70



14

### METODOLOGÍA



Consideraciones teóricas de las mediciones con covarianza Eddy, podemos asumir o imaginar el flujo de aire como un flujo horizontal de numerosos remolinos giratorios.

Conociendo la dirección del movimiento del aire, y estas características, se podría determinar si la entidad de interés estudiada se mueve dentro o fuera de la componente principal.

- Se recopilada la data primaria o raw, de los días o meses, la misma se suele procesar con el programa EddyPro.
- Después se produce una segunda evaluación o procesamiento que se llama *secondary data processing*, en el cual se le aplican una serie de correcciones estándar para obtener los datos de mediciones meteorológicas.



15

### METODOLOGÍA

- La metodología empleada en el proyecto se implementó en el año 2015. Esta consiste en la descarga periódica de los datos y su posterior almacenamiento para procesarse en gabinete.
- Las giras a campo llevan asociadas una descarga de datos, verificación de los sistemas y equipos, supervisión y mantenimiento de los mismos y posibles sustituciones o reparaciones tanto in situ como en las oficinas.



ocurren por el tipo de ecosistema estudiado



16



Actualmente se cuenta con una base de datos del 2016-2020



Mantenimiento/Descarga de Datos

17

### RESULTADOS



18

## RESULTADOS

Revisión de datos meteorológicos

Periodo de revisión de datos: 01/09/2016 al 17/05/2017

Variable	Descripción	Unidad de medida
WS (6m) Avg	Velocidad del viento a 6 m	m/s
WD (6m)	Dirección del viento a 6 m	Grados
WS (14m) Avg	Velocidad del viento a 14 m	m/s
WD (14m)	Dirección del viento a 14 m	Grados
Temp. Avg	Temperatura	°C
RH Avg	Humedad Relativa	%
BP	Presión barométrica	hPa



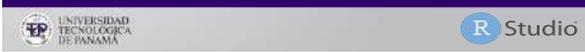
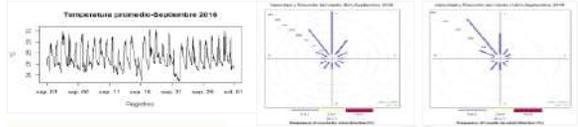
Estación Campbell Scientific  
Datalogger: CR3000  
Intervalo de medición: 10 minutos

## RESULTADOS

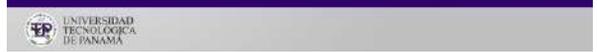
Revisión de datos meteorológicos

Septiembre 2016:

E. Descripción	WS (6m) m/s	WD (6m)	WS (14m) m/s	WD (14m)	Temp. Avg. °C	R.H.	BP hPa
Mín.	0.127	0.032	0.0870	0.003	22.98	62.76	494.7
1 <sup>er</sup> Qm.	0.225	42.59	0.509	168.975	25.84	60.25	553.3
Medias	0.464	214.65	0.908	308.95	26.84	68.2	571.8
Max.	0.5066	198.07	0.981	243.073	27.19	68.06	571.2
2 <sup>da</sup> Qm.	0.675	336.4	1.2962	336	28.54	69.3	580.9
Max.	1.333	300	3.113	359.9	32.44	68.6	683.2



19



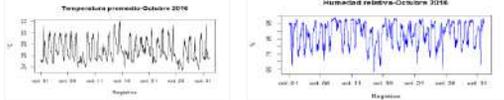
20

## RESULTADOS

Revisión de datos meteorológicos

Octubre 2016:

E. Descripción	WS (6m) m/s	WD (6m)	WS (14m) m/s	WD (14m)	Temp. Avg. °C	R.H.	BP hPa
Mín.	0.127	0.032	0.087	0.007	28.4	63.85	476.6
1 <sup>er</sup> Qm.	0.303	47.593	0.522	98	29.62	65.3	502.2
Medias	0.409	168.6	0.8245	197.1	26.6	60.1	508
Max.	0.7039	276.035	0.9139	197.983	26.9	66.36	524
2 <sup>da</sup> Qm.	0.693	333.25	1.27	315.3	28.3	64.85	538.6
Max.	83.2	360	2.639	360	32.02	68.6	634.2



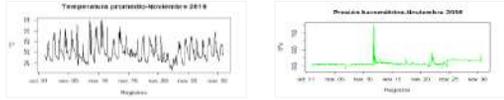
21

## RESULTADOS

Revisión de datos meteorológicos

Noviembre 2016:

E. Descripción	WS (6m) m/s	WD (6m)	WS (14m) m/s	WD (14m)	Temp. Avg. °C	R.H.	BP hPa
Mín.	0.127	0.034	0.087	0.038	22.68	60.59	476.1
1 <sup>er</sup> Qm.	0.246	56.665	0.529	165.035	24.87	66.35	512.9
Medias	0.39	249.4	0.857	255.1	25.74	62.5	514.4
Max.	0.4926	204.403	0.904	230.509	26.13	60.27	519.7
2 <sup>da</sup> Qm.	0.506	330.925	1.223	323.2	27.34	65.55	576.8
Max.	100.2	360	2.909	360	32.08	69.25	755.2



22



Informe Meteorológico 2019-Entregado al Programa de Saneamiento de Panamá

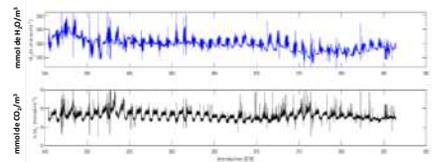


Estructura del informe: Ing. Ana Franco.

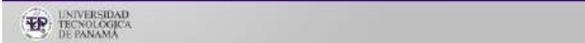
## RESULTADOS

Revisión de datos CO<sub>2</sub> y vapor de agua

La serie de tiempo que se presenta como algunos de los resultados obtenido del proyecto ha sido analizada mediante el uso del software Matlab.



Time series of water vapor and carbon dioxide measured by open path IRGA (LI7500) from 12 December 12, 2018 to January 22, 2019.

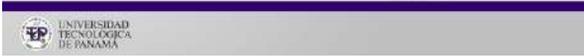


23



24

Publicaciones y participación de congresos



25

VII Congreso Internacional de Ingeniería, Ciencias y Tecnología (IESTEC)-2019



26

MiAmbiente-JICA:Curso Internacional en Ecosistemas con Enfoque Participativo en Manejo Integrado de Cuentas Hidrográficas-2019



XXXI Semana de Ingeniería Civil y II Congreso de Ingeniería Civil-2019

VII Congreso Internacional de Ingeniería, Ciencias y Tecnología (IESTEC)-2019



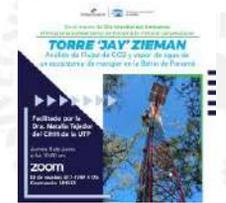
27

Congreso Internacional de Sostenibilidad Ambiental y Territorial-2019



28

Torre "Jay" Ziemán, Análisis de Flujos de CO<sub>2</sub> y Vapor de Agua de un Ecosistema de Manglar en la Bahía de Panamá-2020



Participación de entrevista en el programa Mundo Verde TVN



29



Participación de entrevista para Imagina Radio-SENACYT, por el Día Internacional de Conservación del Ecosistema de Manglar.



30

Reportaje en el Periódico La Estrella de Panamá

A Bibliographic review of the Importance of Carbon Dioxide Capture in Mangroves



31



Como parte de las investigaciones realizadas por el Ing. Jefferson Steve Brooks Cortina, en su tesis de maestría. Facultad de Ingeniería Mecánica.

**Analysis of Meteorological Data of Mangrove Ecosystem using multivariate Techniques**  
 Nathalia Tejedor-Flores, Jaime González González, Reinhardt Pinzón, Ana Belén Nieto Libroero, Purificación Vicente-Galindo and Purificación Galindo-Villardón



32

Trabajos en desarrollo



33

Tesis en desarrollo

- Tesis: Estudios de respiración de suelo en un manglar de Juan Díaz. Estudiantes: Natasha Gómez y Lilibeth Rodríguez de Ingeniería Ambiental. Facultad de Ing. Civil de la UTP.
- Tesis: Desarrollos informáticos en Python para la administración de data proveniente de la torre en el manglar de Juan Díaz. Estudiante: Miguel Tamayo. Facultad de Sistema de la UTP.
- Tesis: Estudio y evaluación del comportamiento de la Avicennia Bicolor en manglar panameño. Ing. Jefferson Steve Brooks Cortina. Facultad de Ingeniería Mecánica de la UTP.

34

Otros proyectos de investigación



Estimaciones de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar utilizando herramientas del Big Data

Este proyecto de investigación conlleva un estudio detallado de las distintas variables climatológicas y los flujos de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O que se producen en los manglares, para que se puedan crear las capacidades institucionales en la cuantificación de uno de los principales gases responsables del efecto de invernadero.



Inspirados por las nuevas técnicas de análisis que ofrece el Big data, así como por la disponibilidad reciente de una gran cantidad de datos obtenidos por la técnica de Covarianza Eddy (EC) de la torre flujo, se propuso utilizar técnicas de aprendizaje automático para simular y predecir los flujos de carbono de los bosques de manglar.

35

36



## II Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>

Proyecto APY2017-b-13

Se contó con la participación de excelentes científicos como lo es el Dr. Francisco López y MSc. Iván Pérez, de la Universidad de Castilla La Mancha; y del Dr. Mateo Detto de la Universidad de Princeton y del SMITHSONIAN.

Donde se desarrollaron temas como:

- Los estudios de stocks y flujos de CO<sub>2</sub> en la UCLM-ETSIAM
- Comprendiendo la Importancia de la Medición de Flujos de Savia
- Entre otros.



Dr. Francisco López



37

Convocatoria Pública de Fomento a I+D para Egresados de Estudios de Doctorado (FIED) 2021

## Proyecto FIED21-18: "Estimación del flujo de savia en un ecosistema de manglar: Evaluación de las condiciones ambientales"

### Objetivo general

Estimar los flujos de savia en el ecosistema de manglar ubicado en la bahía de Panamá.

### Objetivos específicos:

- Obtener información cuantitativa y cualitativa del ecosistema de manglar mediante inventarios forestales.
- Obtener información cuantitativa del movimiento de flujo de savia.
- Facilitar información estadística homogénea y adecuada sobre la influencia de las variables meteorológicas en el flujo de savia.
- Presentar un modelo general que estime los flujos de savia en el ecosistema de manglar.



38



39

## Resultados esperados

Este estudio presentará un modelo ecohidrológico que determine empíricamente la relación entre diferentes variables microclimáticas y patrones de flujo de savia diurnos en el manglar de la Bahía de Panamá.

Además, se presentará la descripción de un modelo que presente los procesos ecofisiológicos acoplados a nivel de hoja (fotosíntesis y conductancia estomática) con procesos físicos (balance de energía y conductancia de la capa límite), procesos que determinan el flujo de CO<sub>2</sub>, el vapor de agua y el intercambio de calor entre las hojas y el ambiente.



40

Visita nuestra página web



¡Gracias!

¿Preguntas?

[parthalia.veasor@utp.ac.pa](mailto:parthalia.veasor@utp.ac.pa)  
[reinhardt.pinzon@utp.ac.pa](mailto:reinhardt.pinzon@utp.ac.pa)



<http://manglar-carbono.utp.ac.pa/>



41

# Foro Taller III Escuela de Verano de Medición de CO2

Posted on 15/01/2022



En el marco del cierre del Proyecto FID16-30 del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), de la **Universidad Tecnológica de Panamá (UTP)**, el martes 11 de enero, se realizó el Foro Taller III Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>: Aplicaciones en Estadística.

El Dr. José Fábrega, Director del CIHH, explicó que durante este taller se expusieron temas importantes sobre los avances y resultados de estudios del ciclo de carbono y del agua, a cargo de expertos internacionales e investigadores nacionales.

“Las conferencias tuvieron como objetivo, fomentar la capacidad técnica, a nivel institucional y científica, para realizar investigaciones y encontrar soluciones relacionadas con el cambio climático, los ecosistemas del manglar, entre otros. También buscó promover la integración de participantes de instituciones nacionales, del sector académico, privado y la sociedad civil, para la realización de investigaciones que enriquezcan las discusiones basadas en ciencia para una mejor gestión de los recursos naturales costeros de nuestro país y de la región centroamericana”, dijo Fábrega.

Por su parte, el Rector de la UTP, Ing. Héctor M. Montemayor Ábrego, señaló que este era un grato evento de estímulo para continuar por la ruta de la capacitación de excelencia y de investigación científica, a fin de prever y atender riesgos, enfrentar problemas y encontrar soluciones que garanticen

una mejor calidad de vida.

Durante esta III Escuela de Verano de Medición de CO<sub>2</sub>, participaron como conferencistas, la Dra. Purificación Galindo Villardón, de la Universidad de Salamanca, España, quien se refirió Estadística Multivariante: pasado, presente y futuro, Perspectiva de la Escuela Salmantina; la Dra. Nathalia Tejedor, del CIHH, se refirió al Proyecto FID16-30 y otras investigaciones; la Msc. Lourdes Sugassti, de Audubon Panamá, habló sobre el Proyecto Capital Natural Costero; el Ing. Carlos Guerra, del CIHH, se refirió al Análisis de las variables meteorológicas de humedad y temperatura del aire en un manglar de Juan Díaz; y las estudiantes Natasha Gómez y Lilisbeth Rodríguez, del CIHH, hablaron sobre el avance de sus investigaciones.

El Dr. Reinhardt Pinzón, investigador principal dijo que este proyecto, patrocinado por la SENACYT, ha conllevado a que otras propuestas de proyectos internacionales lo utilicen como antecedentes. “Realmente es el inicio de otros trabajos y es un aporte de la UTP en el tema del cambio climático”.



Bookmark the *permalink*.

---

← Revista Digital Diario16 de España realiza una entrevista a la Doctora Nathalia Tejedor

## Deja un comentario

Tu dirección de correo electrónico no será publicada. Los campos obligatorios están marcados con \*

Comentario

Nombre \*

**INFORME FINANCIERO DE PROYECTO**