



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

# Ecosistema de Manglar de la Bahía de Panamá: Investigaciones en desarrollo

24 de junio de 2021

## *PROYECTO FID16-30: “ANÁLISIS DE FLUJOS DE CO<sub>2</sub> Y VAPOR DE AGUA DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR EN LA BAHÍA DE PANAMÁ”*



Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH)



Dra. Nathalia Tejedor Flores

# CONTENIDO

## ⊖ Introducción

⊖ Antecedentes

⊖ Objetivos

⊖ Justificación

## ⊖ Metodología

⊖ Sitio de estudio

⊖ Giras

## ⊖ Resultados

## ⊖ Publicaciones

## ⊖ Tesis y proyectos de investigación



<https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/125550-conjunto-de-vectores-de-manglares>

# INTRODUCCIÓN



# INTRODUCCIÓN

## ¿Que es el Manglar?

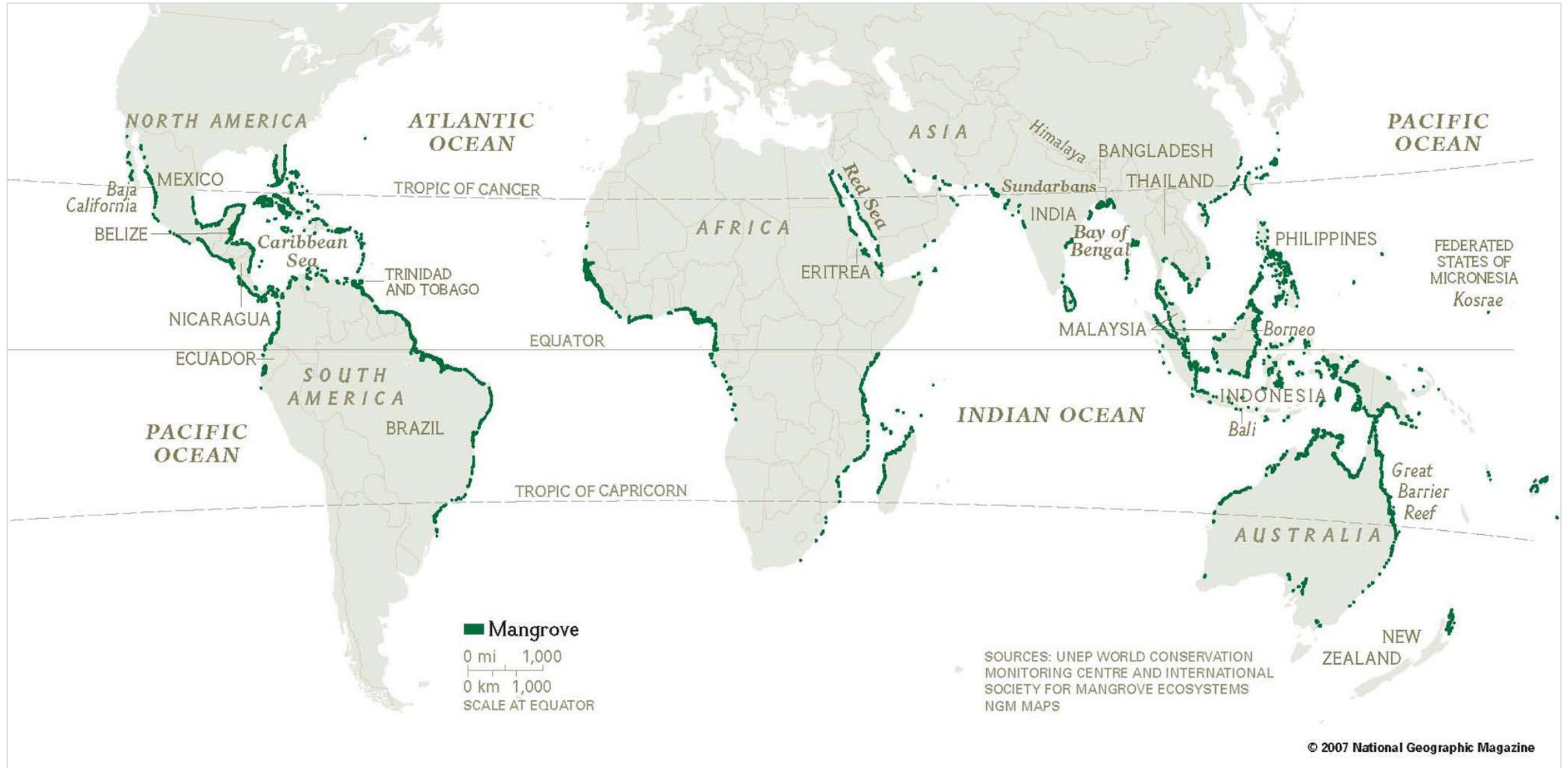
Según distintas definiciones:

- 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 transito, encuentro, vida, de distintas especies animales de todo tipo.

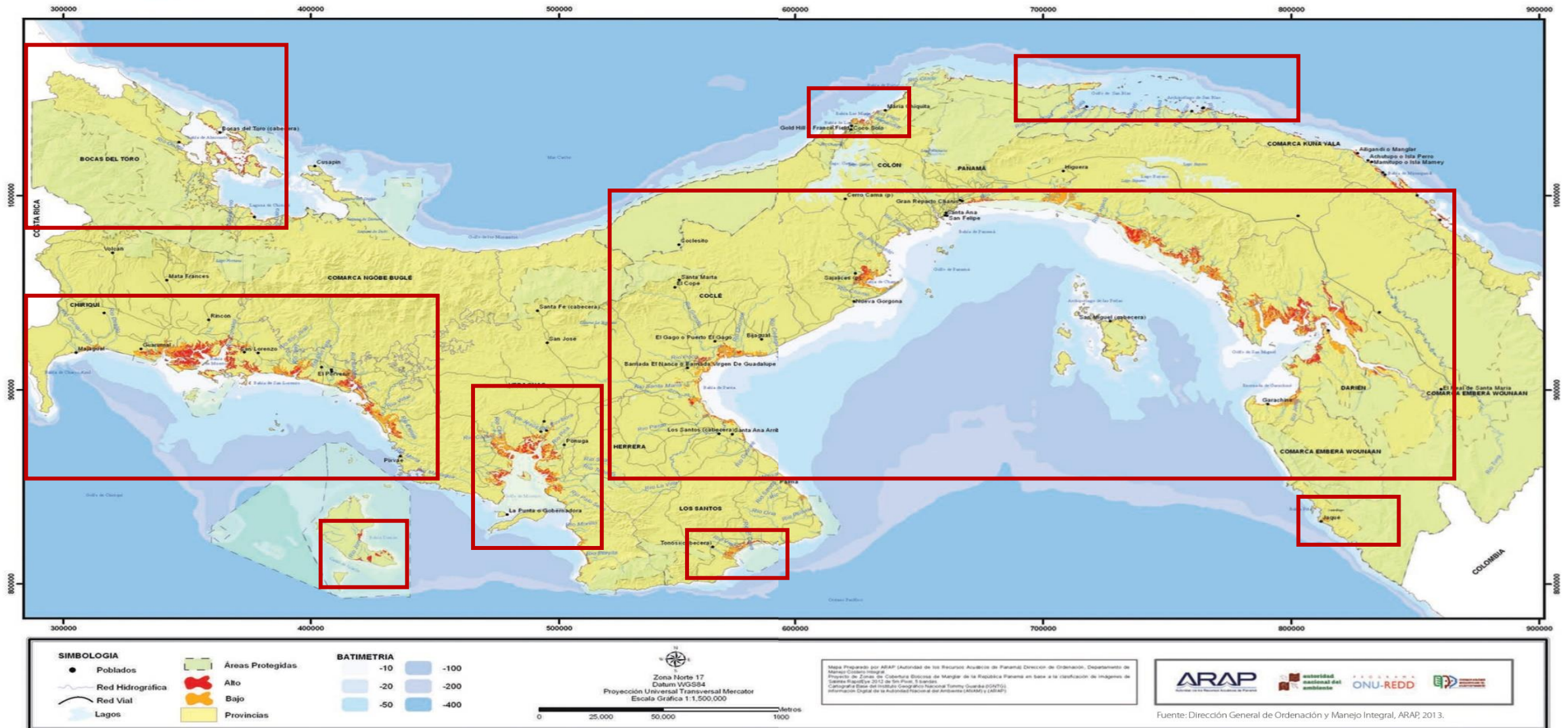


# INTRODUCCIÓN

## Distribución mundial de los manglares



# Distribución de los manglares en Panamá



# 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 CIHH obtiene fondos de investigación de la Convocatoria Pública para el Fomento a la Investigación y Desarrollo-SENACYT.

2008

2014

2015

2016

El Dr. Jay Zieman profesor de la Universidad de Virginia (USA), invitado a Panamá por la Fundación Ciudad del Saber y la entonces 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.

**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 (CAF/MINSA), se invita al **CIHH** 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.



# Antecedentes

Convocatoria Pública para el Fomento a la Investigación y Desarrollo

## PROYECTO FID16-30: “ANÁLISIS DE FLUJOS DE CO<sub>2</sub> Y VAPOR DE AGUA DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR EN LA BAHÍA DE PANAMÁ”

**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.



**PennState**



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ



# 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.



# JUSTIFICACIÓN



# 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.



# JUSTIFICACIÓN

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios de intercambio de CO<sub>2</sub> y el vapor de agua se han realizado en ecosistemas de bosques y zonas áridas, pero dichas investigaciones no están totalmente documentadas en áreas de manglares.

Es importante entender los balances de agua y de carbono de las comunidades de mangle, presentes únicamente en el **3%** de la biosfera terrestre, asociada a los trópicos y sub-trópicos del planeta. Además, las comunidades de plantas en regiones de manglares han experimentado cambios rápidos y generalizados en respuesta al cambio climático o el uso de suelo.

Por lo tanto, es de fundamental importancia para los ecólogos, ingenieros, hidrólogos y meteorólogos entender cómo se comportan los manglares en el intercambio atmosférico de la energía y el agua.



# METODOLOGÍA



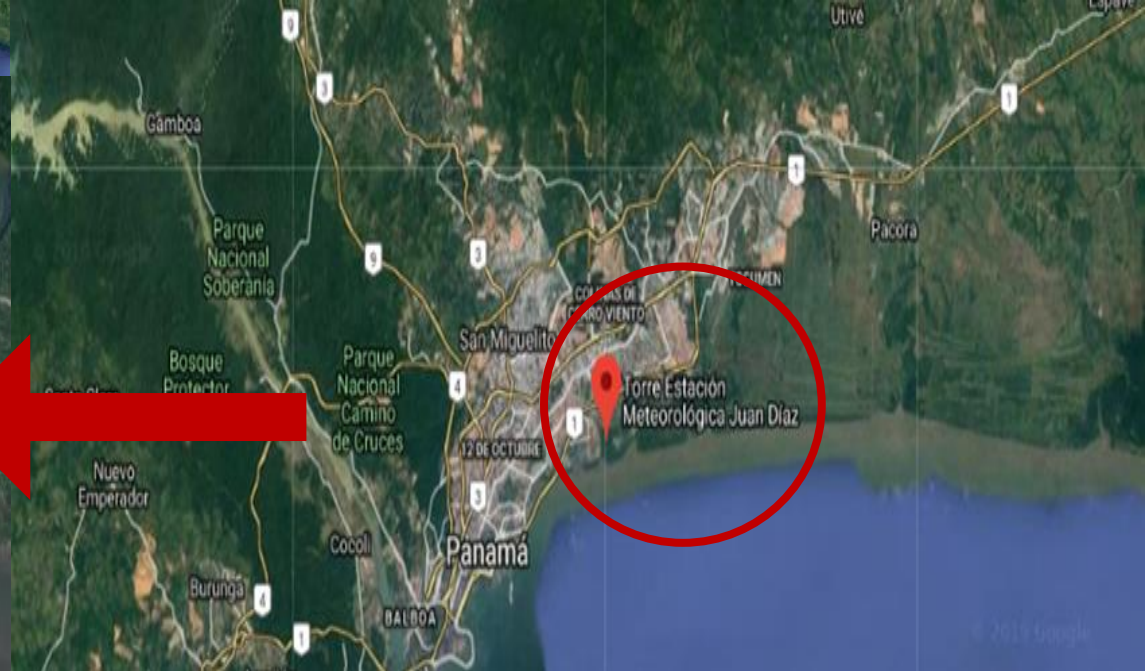
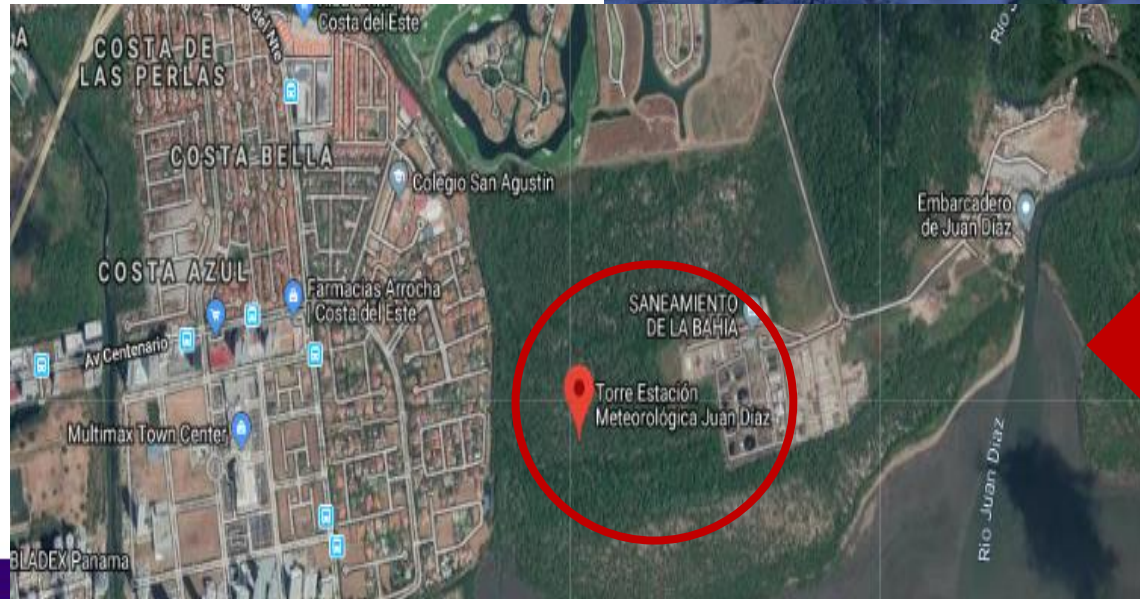
# METODOLOGÍA

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



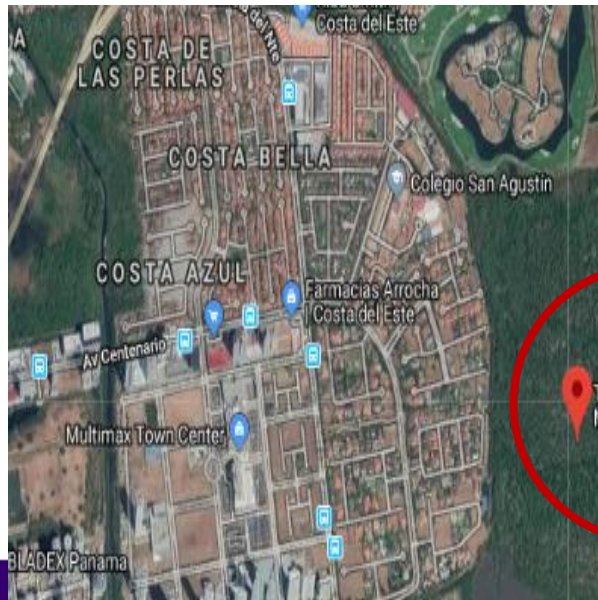
# METODOLOGÍA

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



# METODOLOGÍA

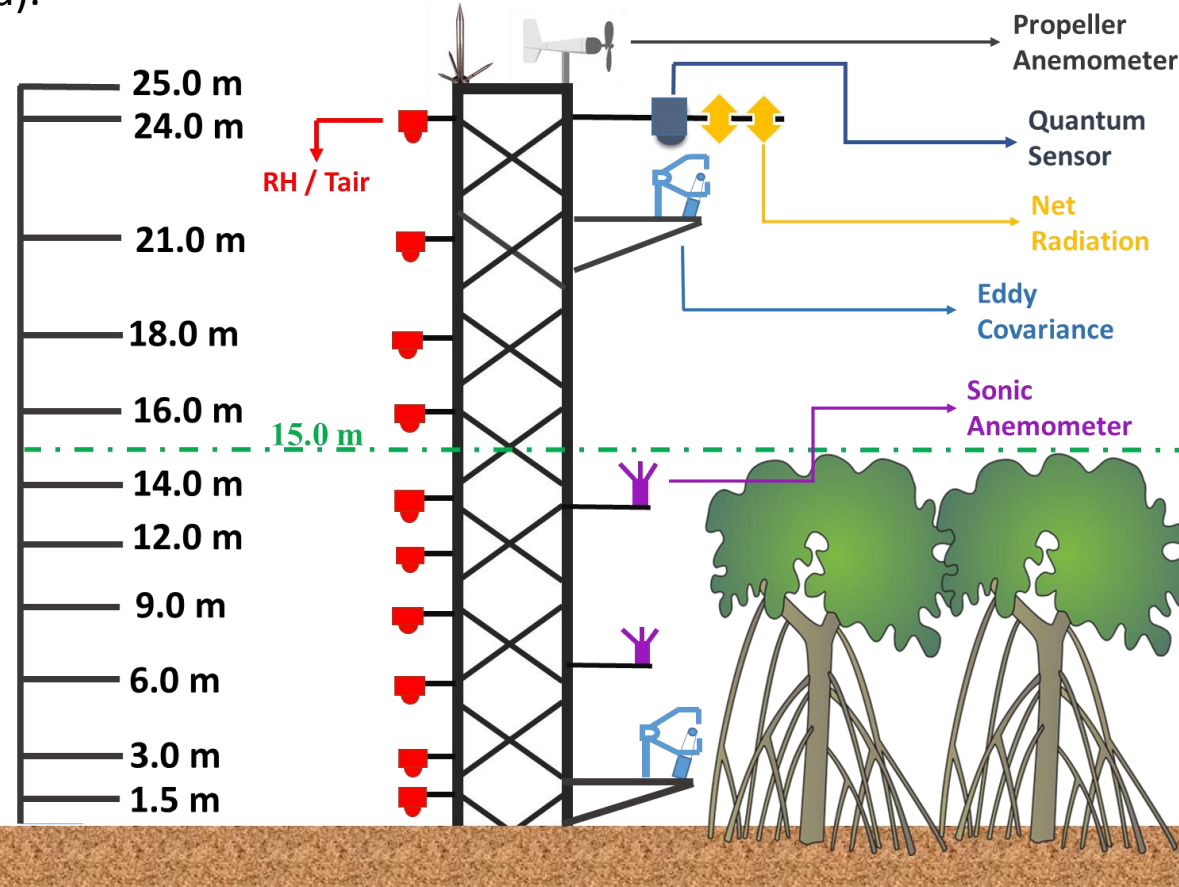
- El Área del estudio, se encuentra ubicado en la bahía de Panamá. Manglar de Juan Díaz.
- Proyecto de SENACYT FID2016-30.





# 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 (dióxido de carbono y vapor de agua).



# METODOLOGÍA

Tabla 1: Descripción de variables y multipliers, 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 multipliers, 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 piranómetro)	W/m2	30.5
Radiación promedio de onda corta (parte inferior del piranómetro)		
Radiación media de onda larga (cima del pirgeómetro)		
Radiación media de onda larga (fondo del pirgeómetro)		



Tabla 3: Descripción de variables instrumentos de gases

Variable	Unidades	Altura/profundidad (metros)
H2O	mmol/m <sup>3</sup>	27.70
Presión	kPa	27.70
Velocidad del Viento (U, V, W)	m/s	27.70
Temperatura	K	27.70



# 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.



# 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





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



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

## Mantenimiento/Descarga de Datos

# RESULTADOS



# 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



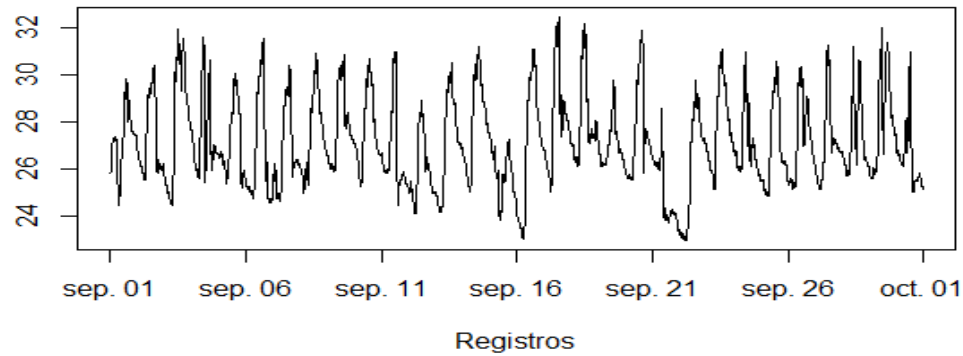
# RESULTADOS

## Revisión de datos meteorológicos

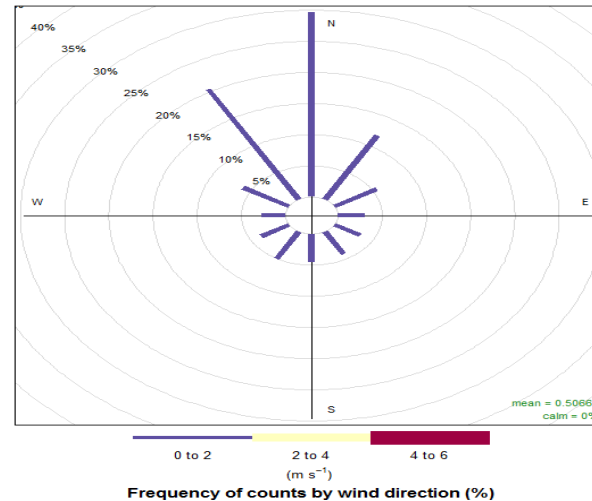
### Septiembre 2016:

E. Descriptivas	WS (6m) m/s	WD (6m)	WS (14m) m/s	WD (14m)	Temp. Avg. °C	R %	BP hPa
Min.	0.127	0.032	:0.0870	0.003	22.98	62.76	494.7
1st Qu.	0.316	42.99	0.609	168.975	25.84	80.24	555.3
Median	0.464	216.65	0.908	308.95	26.84	88.2	571.8
Mean	0.5066	198.07	0.9841	243.073	27.19	86.06	571.2
3rd Qu.	0.671	336.4	1.2962	336	28.54	92.3	585.9
Max.	1.333	360	3.113	359.9	32.44	98.6	683.2

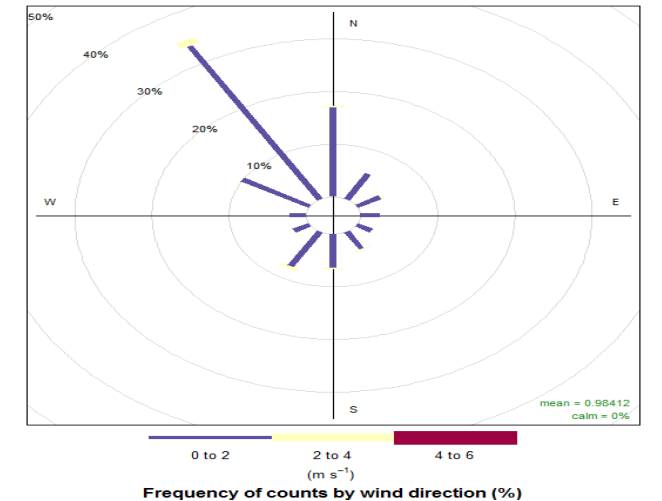
Temperatura promedio-Septiembre 2016



Velocidad y Dirección del Viento (6m)-Septiembre 2016



Velocidad y Dirección del Viento (14m)-Septiembre 2016



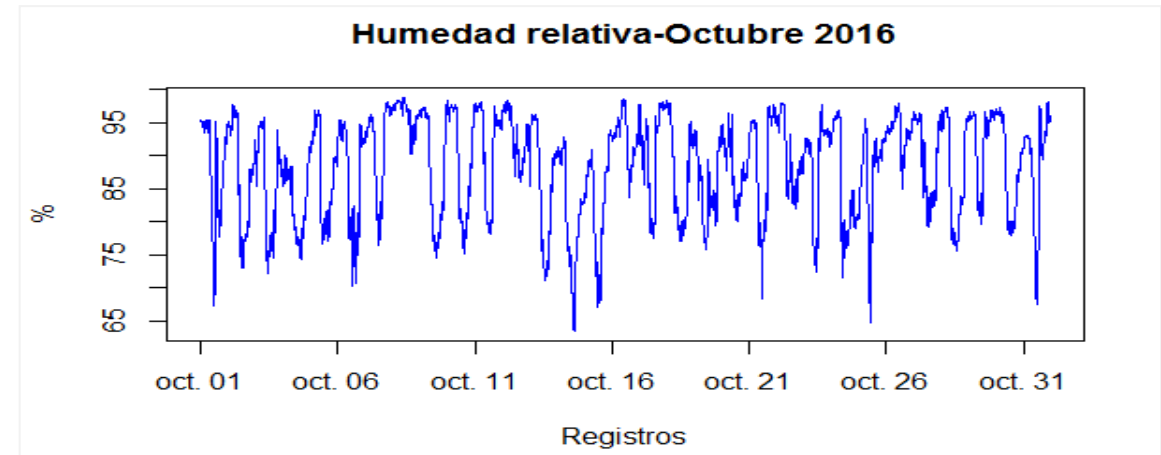
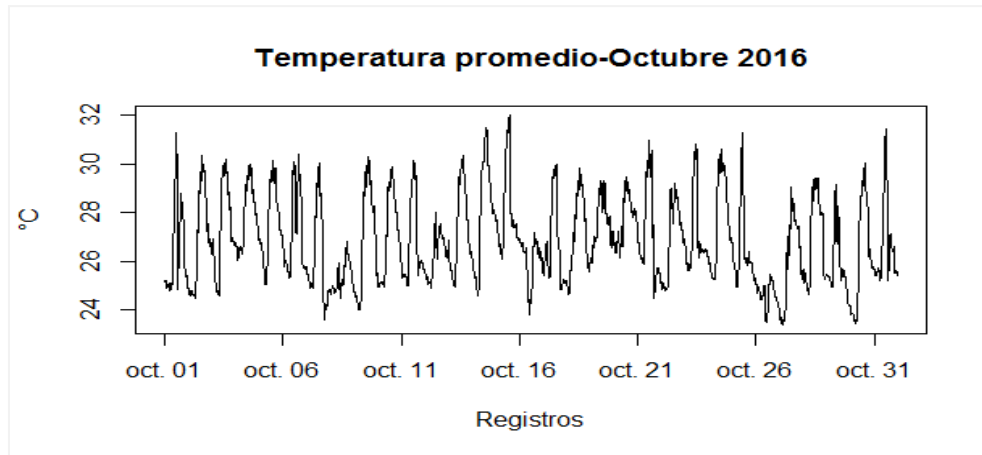


# RESULTADOS

## Revisión de datos meteorológicos

**Octubre 2016:**

E. Descriptivas	WS (6m) m/s	WD (6m)	WS (14m) m/s	WD (14m)	Temp. Avg. °C	R %	BP hPa
Min.	0.127	0.038	0.087	0.007	23.4	63.45	470.6
1 <sup>st</sup> Qu.	0.263	47.538	0.522	98	25.42	82.3	502.2
Median	0.409	168.6	0.8245	197.1	26.6	90.1	508
Mean	0.7039	176.035	0.9159	197.083	26.9	88.28	524
3 <sup>rd</sup> Qu.	0.633	313.25	1.27	315.3	28.3	94.85	533.6
Max.	83.2	360	2.639	360	32.02	98.8	614.1



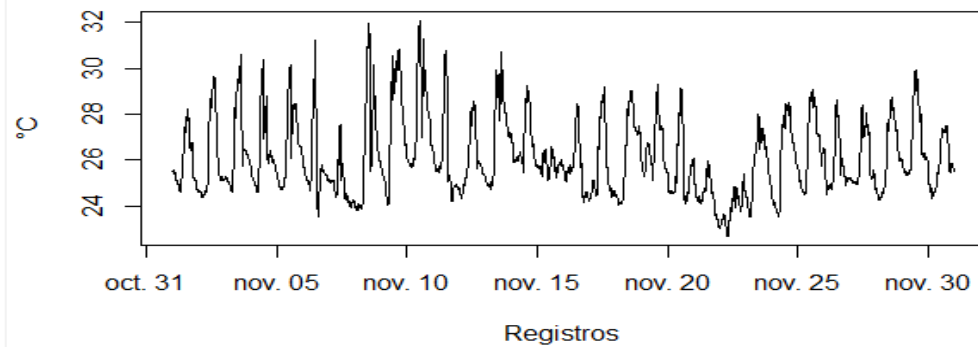
# RESULTADOS

## Revisión de datos meteorológicos

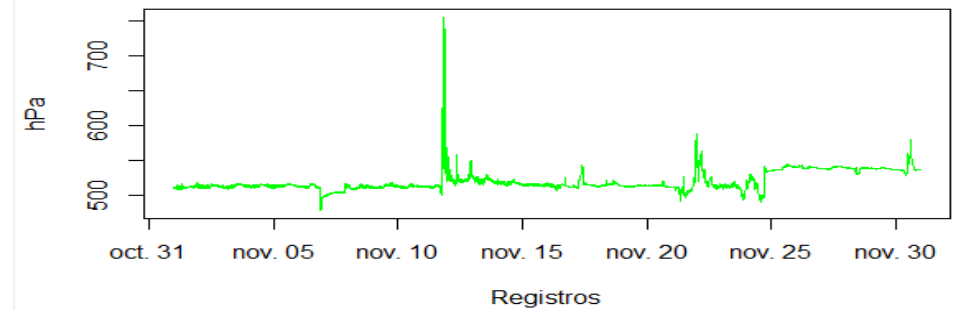
**Noviembre 2016:**

E. Descriptivas	WS (6m) m/s	WD (6m)	WS (14m) m/s	WD (14m)	Temp. Avg. °C	R %	BP hPa
Min.	0.127	0.014	0.087	0.038	22.68	60.59	478.1
1 <sup>st</sup> Qu.	0.245	56.665	0.519	165.025	24.87	86.35	511.9
Median	0.39	249.4	0.857	255.1	25.74	92.5	514.1
Mean	0.4926	204.403	0.904	230.509	26.13	90.27	519.7
3 <sup>rd</sup> Qu.	0.555	330.925	1.223	327.2	27.24	95.55	525.8
Max.	100.2	360	2.909	360	32.08	99.25	755.2

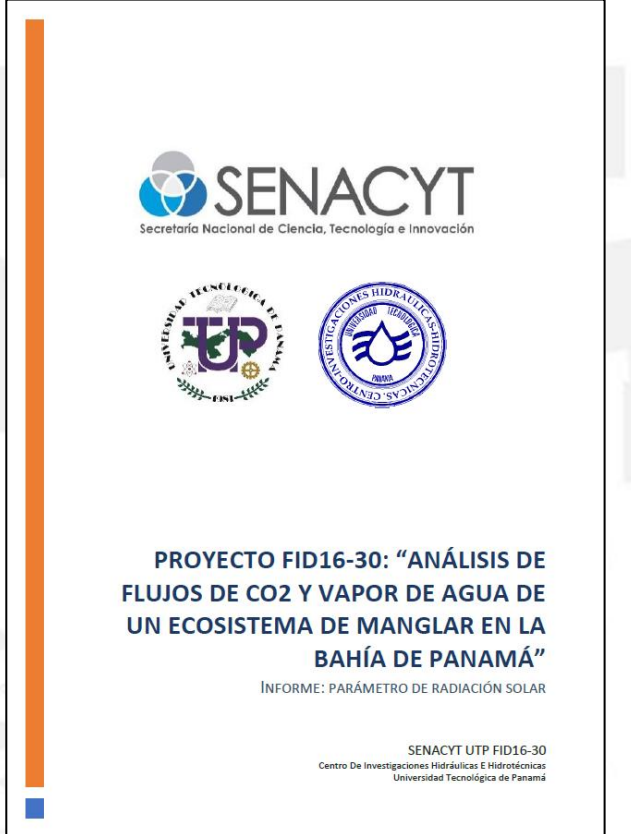
**Temperatura promedio-Noviembre 2016**



**Presión barométrica-Noviembre 2016**



# Informe Meteorológico 2019-Entregado al Programa de Saneamiento de Panamá



Estructura del informe: Ing. Ana Franco.



## INFORME METEOROLÓGICO

2019



**PROYECTO FID16-30: "ANÁLISIS DE FLUJOS DE CO2 Y VAPOR DE AGUA DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR EN LA BAHÍA DE PANAMÁ"** Resumen de variables meteorológicas registradas en la Torre de Manglar de Juan Díaz.

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

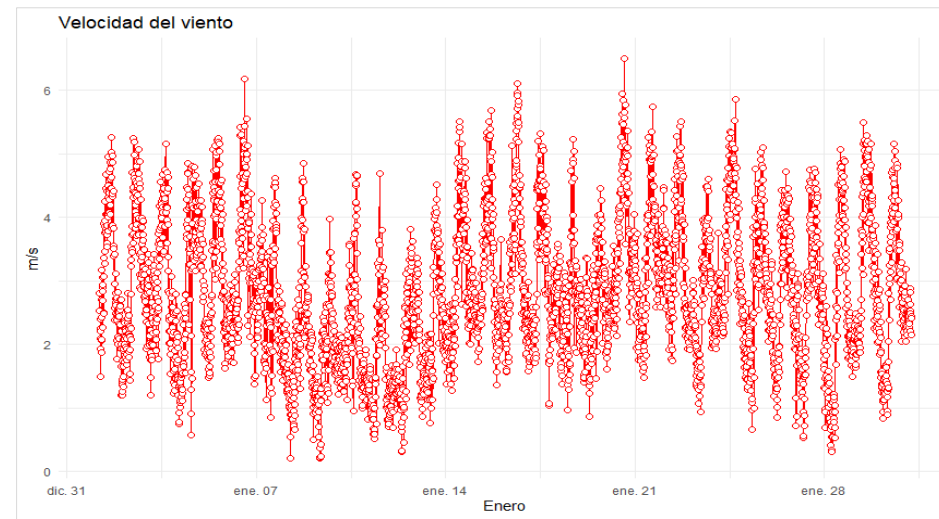
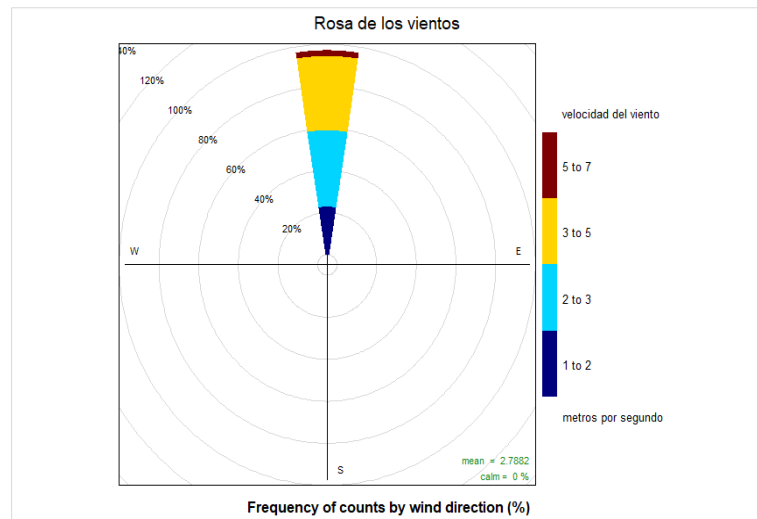


UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

# RESULTADOS

## Enero 2019-Velocidad y Dirección del viento

Enero	WS (m/s)				WD (Grados)			
Estadísticas descriptivas	Máximo	Mínimo	Promedio	Desv. Est.	Máximo	Mínimo	Promedio	Desv. Est.
	6.50	0.20	2.79	1.10	6.87	0	5.44	0.12



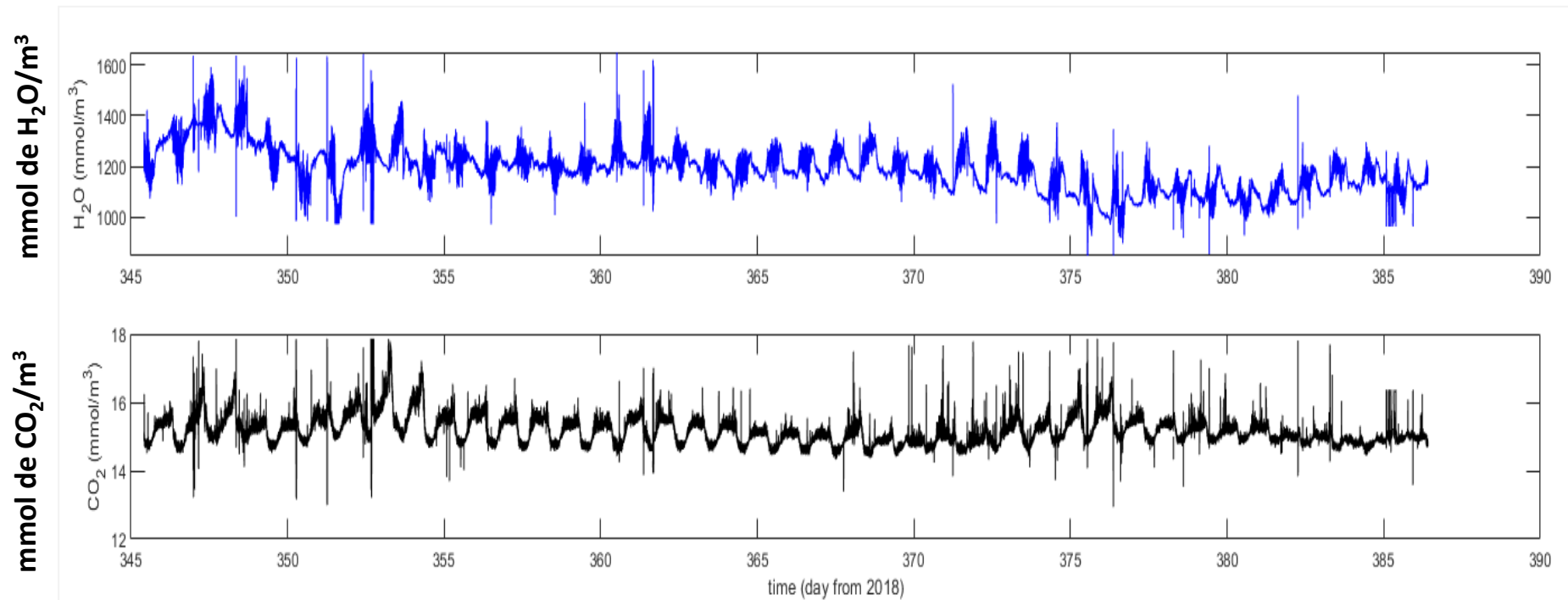
# RESULTADOS



PennState

## 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.



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

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

# Publicaciones y participación de congresos



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



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



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

## Análisis de Temperatura del Aire y Humedad Relativa en una Zona de Manglar en el Humedal Bahía de Panamá

Carlos E. Guerra S<sup>1</sup>, Nathalia Tejedor<sup>2,3</sup>, Ana Franco<sup>2</sup>, Reinhardt Pinzón<sup>2,3</sup>  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil – Ingeniería Ambiental-UTP, <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH)-UTP, <sup>3</sup>Sistema Nacional de Investigación (SNI)

### Introducción

La Convención Relativa a las Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas, firmada en Ramsar, Irán en 1971, ratificada por los países en 1999 y revisada en 2002 define los humedales en su artículo 1.1 como: "Las extensiones de marismas, pantanos y herbales, o superficies cubiertas de agua, sean sales o frescas naturales o artificiales, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, cubiertas o descubiertas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en mareas bajas no exceda de seis metros" [1]. Dentro de los marismos se encuentra la categoría Para humedales marismos, en la cual se encuentran los manglares.

Los bosques de manglar son ecosistemas altamente diversos y productivos en las zonas intertropicales de las zonas costeras tropicales y subtropicales [2]. Según estimaciones, ocupan el 3% por ciento de la superficie terrestre. Su importancia ecológica es inmensa y variada, siendo el hábitat de cría de más de 200 especies de aves acuáticas [3]. Además, sirven como lugar de crianza de entre 1 y 2 millones de aves playeras migratorias, pertenecientes a más de 10 especies [4]. Previniendo y controlando el flujo de agua hacia y desde la costa y siendo los bosques con mayor densidad de carbono en el planeta, estos también sirven como barrera natural ante la introducción de amenazas procedentes del mar hacia la tierra sirviendo soporte contra marejadas, vientos, tormentas tropicales y tsunamis. Los manglares desde tiempos ancestrales tienen diversos usos culturales como el aprovechamiento de madera, taninos, producción de sal, agricultura y ganadería [2].

Los manglares también funcionan como pulmón del mundo, por su capacidad de capturar el dióxido de carbono de la atmósfera, almacenándolo por toda su estructura mediante la fotosíntesis y liberándolo como oxígeno. Además, en el suelo del manglar también se almacena carbono gracias a las raíces de los árboles y a la materia orgánica. En Panamá se está realizando el proyecto SENACYT, FID2016-30 cuyos objetivos son crear metas que permitan verificar hipótesis científicas sobre las medidas para la valoración y conservación de manglares [3]. De esta forma esta investigación presenta las primeras mediciones del flujo de carbono en el manglar de Juan Díaz, con el fin de aportar información sobre este valioso ecosistema.

Debido a la escasa información disponible relacionada a variables como la temperatura y humedad relativa en ecosistemas en tropicales costeros de la zona, se consideró necesario llevar a cabo un monitoreo y análisis de las mismas, lo que permitirá obtener resultados que sirven al desarrollo de medidas de preservación y aprovechamiento sostenible de los mismos.

En el 2016 el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), sede favorecida con el proyecto SENACYT en el programa de colaboración internacional FID2016-30, *Análisis de Flujo de CO<sub>2</sub> y Flujo de Vapor de Agua en un Ecosistema de Manglar* [5]. El FID2016-30 busca generar la capacidad nacional e internacional que ayude a ponderar uno de los principales gases de efecto invernadero que son el CO<sub>2</sub>. Se recopiló la data de mediciones meteorológicas y de flujo de carbono y vapor de agua proveniente de una torre de covarianza de eddy [6] computa por dispositivos de la marca Scientech; Campbell [10] y Licor [11]. La instrumentación de medición se sitúa en una franja de manglar cercana al río Juan Díaz, vecina a la planta de tratamiento de aguas residuales del Programa de Saneamiento de Panamá [12].

Los gráficos de cada momento para el año 2017, los contrasta, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].



**Conclusiones**  
 Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

Los datos obtenidos por un grupo de sensores ubicados en el sector de la humedad relativa, ya que solo se contaba con un sensor durante el 2017, sin embargo, fue posible observar resultados contrastes una vez fueron comparados. Las temperaturas se mantuvieron dentro del rango de sobrevivencia de los manglares, donde no hay posibilidad de desecación y donde la actividad biológica no es inhibida y se observa un aumento en la fotosíntesis [13].

Monitoreo y análisis de mediciones continuas y volúmenes de datos y datos puntuales aplicados con ecuaciones en sus humedales, para así tomar acciones que prevengan su degradación futura y promuevan su conservación en un tiempo en el que el desarrollo urbano de la ciudad y la expansión agrícola del área de producción, amenazan con reducir al humedal Bahía de Panamá.

## Desarrollo de un Paquete de Software para el Procesamiento de Datos Captados en un Ecosistema de Manglar de la Bahía de Panamá

Miguel Tamayo  
 Facultad de Ingeniería de Sistemas y Computación  
 miguel.tamayo@utp.ac.pa

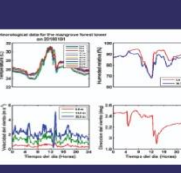
Dr. Javier Sánchez-Gelán  
 Profesor en la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales  
 javier.sanchezgelan@utp.ac.pa

Ing. Ana Franco  
 Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas  
 ana.franco@utp.ac.pa

Dr. Reinhardt Pinzón  
 Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas  
 reinhardt.pinzon@utp.ac.pa



En la actualidad se lleva un estudio en la zona de manglar ubicada en las cercanías del río Duan Díaz, empleando una torre micro meteorológica, la cual almacena datos provenientes de mediciones meteorológicas y de flujos de carbono y vapor de agua. La data recopilada está en orden de los terabytes por año, lo que lo reduce a una complejidad denominada Big Data. Se está desarrollando un software que utilizará el lenguaje de programación python y son ampliamente utilizado para el análisis de datos y machine learning, además de ser software libre y multiplataforma.



**Matlab**  
 El paquete comercial Matlab es ampliamente conocido por la comunidad científica que usa dicha herramienta tanto para realizar cálculos simbólicos, numéricos y salidas gráficas. Como un primer desarrollo se implementaron rutinas en este software que leyeron los archivos de los datos, y generarán salidas gráficas para las diferentes variables meteorológicas estudiadas y los flujos de carbono y vapor de agua.

Librerías enfocadas en Maching Learning

TensorFlow

scikit learn

Librería para soporte de matrices y Vectores

NumPy

pandas

Framework para desarrollar Interfaces Gráficas de Usuarios (GUI)

kivy

SENACYT, PRINCETON UNIVERSITY, SNI, panamanglar, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ

## ESTIMACIÓN DE CO<sub>2</sub> POR EL PROCESO DE RESPIRACIÓN DE SUELO EN EL MANGLAR DE JUAN DÍAZ

NATHALIA GÓMEZ L., LILIBETH RODRÍGUEZ, JAIME GONZÁLEZ, REINHARDT PINZÓN, NATHALIA TEJEDOR  
<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Civil – Ingeniería Ambiental-UTP, <sup>2</sup>Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH)-UTP, <sup>3</sup>Sistema Nacional de Investigación (SNI)

**INTRODUCCIÓN**  
 El manglar es un ecosistema conformado principalmente de árboles tolerantes a la sal, por lo que solo crecen en zonas tropicales y subtropicales del planeta. Ellos prefieren las bahías más cerradas y protegidas de fuertes oleajes y mareas, donde abundan los sedimentos y nutrientes arrastrados por los ríos [1]. Su existencia es de suma importancia, debido a que son el hogar de diversas especies marinas, terrestres y aéreas. Se estima que los manglares ocupan apenas un 3% de la superficie terrestre [1]. Sirven como barrera natural ante la introducción de amenazas procedentes del mar hacia la tierra sirviendo soporte contra marejadas, vientos, tormentas tropicales y tsunamis. Los manglares desde tiempos ancestrales tienen diversos usos culturales como el aprovechamiento de madera, taninos, producción de sal, agricultura y ganadería [2]. Los manglares también funcionan como pulmón del mundo, por su capacidad de capturar el dióxido de carbono de la atmósfera, almacenándolo por toda su estructura mediante la fotosíntesis y liberándolo como oxígeno. Además, en el suelo del manglar también se almacena carbono gracias a las raíces de los árboles y a la materia orgánica. En Panamá se está realizando el proyecto SENACYT, FID2016-30 cuyos objetivos son crear metas que permitan verificar hipótesis científicas sobre las medidas para la valoración y conservación de manglares [3]. De esta forma esta investigación presenta las primeras mediciones del flujo de carbono en el manglar de Juan Díaz, con el fin de aportar información sobre este valioso ecosistema.

**OBJETIVO GENERAL**  
 ✓ Cuantificar la tasa de flujo de carbono en el suelo del manglar de Juan Díaz.

**MATERIALES Y METODOLOGÍA**  
 Descripción del lugar  
 El manglar está ubicado junto al río Juan Díaz, vecino a la planta de tratamiento de aguas residuales del Programa de Saneamiento de Panamá. El proyecto SENACYT, FID2016-30 consta con el acceso a una torre de meteorología y de covarianza Eddy, con coordenadas 9°00'53.5"N y 79°27'10.3"W. Licor estación experimental está dedicada a la memoria de Jay Ziemann (qepd), de la Universidad de Virginia -USA, y quien promovió la investigación y conservación de los manglares, ecosistemas tan ricos como frágiles y diversos que posee el Estado de Panamá [3]. Utilizando un transecto localizado entre parcelas inventariadas, de las especies arbóreas dominantes (Avicennia germinans y Avicennia bicolor), alejado a la torre de covarianza Eddy, se mide en varios puntos la respiración de suelos empleando un sistema Licor 6400-XT de cámara cerrada. Ver figura 2.  
 Equipos  
 Este proyecto cuenta con un sistema de cámara dinámica cerrada del equipo Licor 6400-XT. Ver figura 2.  
 Anillos de PVC de 3cm de altura y 71.6 cm de diámetro.

Flujo	Cuenta de EFILUX	Presencia de EFILUX
1	1	6.23
2	2	3.18
3	2	6.50
4	2	6.08
5	2	7.93
6	4	3.97
7	2	2.58
8	2	6.85
9	2	4.02
10	1	5.03
11	2	8.15
12	2	6.56
13	3	1.05
Total general	30	5.49

La tabla 1. Nos indica los números de anillos utilizados (plot), la cantidad de ciclos realizados para cada anillo para la toma de la muestra de flujo de carbono en el suelo (EFILUX) y el promedio. Los primeros resultados arrojan un valor promedio de 5.5 μmol de C m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

**CONCLUSIÓN**  
 La estimación de flujo de carbono obtenida en el estudio, se encuentra dentro de los intervalos de flujos de CO<sub>2</sub> en superficie del suelo, para bosques tropicales. Las técnicas de cámara dinámica cerrada permiten medir el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera.

**RECOMENDACIONES**  
 Realizar más campañas de medición considerando la estación seca y transición (Húmeda) para tener un ciclo estacional completo. La temperatura del suelo medida a través de la torre, se correlaciona con el flujo de carbono.

**REFERENCIAS**  
 [1] ANAM and ARAP. "Manglares de Panamá: importancia, amenazas, políticas y regulaciones vigentes." Noro Art. S.A., Panamá, 2013.  
 [2] D. Sams. *El Ecosistema de Manglar en América Latina y la Cuenca del Caribe: su manejo y conservación*. Copacabana, Miami, Florida, USA, 1994.  
 [3] "ANÁLISIS DE FLUJO DE CO<sub>2</sub> Y VAPOR DE AGUA DE UN ECOSISTEMA DE MANGLAR." (Online). Available: http://www.scribd.com/document/381000000



Figura 1. Torre Covarianza Eddy "De Joseph Jay Ziemann". Fuente: Elaboración propia.  
 Figura 2. Licor 6400-XT. Fuente: Elaboración propia.

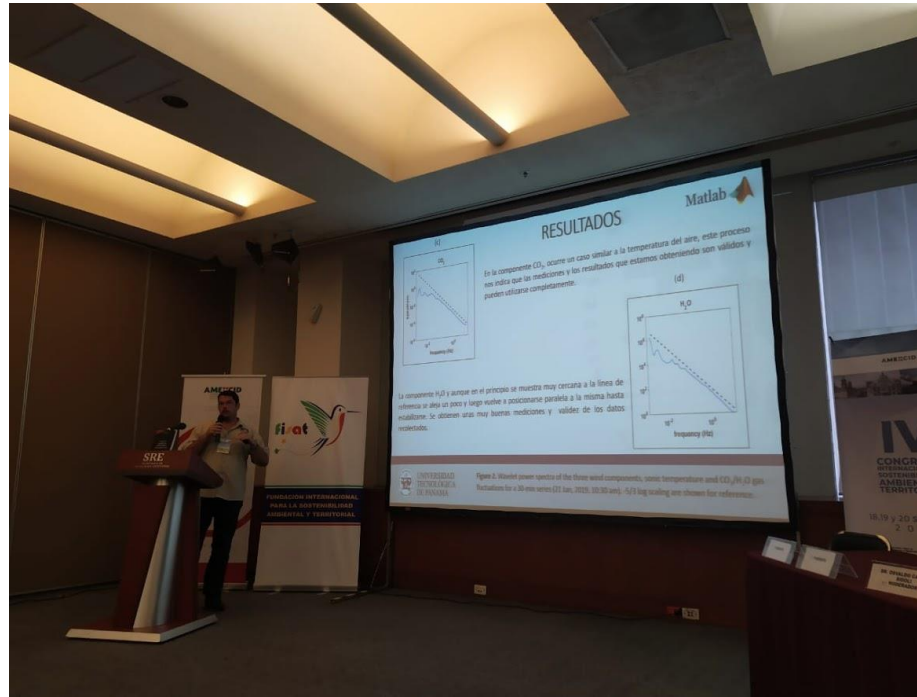
SENACYT, PRINCETON UNIVERSITY, SNI, panamanglar, UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ



# Congreso Internacional de Sostenibilidad Ambiental y Territorial-2019

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



En el marco del **Día Mundial del Ambiente**  
el Programa Saneamiento de Panamá te invita al conversatorio:

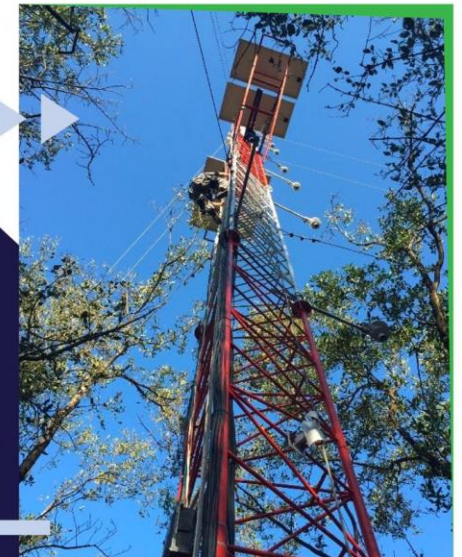
### **TORRE 'JAY' ZIEMAN** Análisis de Flujos de CO<sub>2</sub> y vapor de agua de un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá

Facilitado por la  
**Dra. Natalia Tejedor**  
del CIHH de la UTP

Jueves 4 de Junio  
a las 10:00 am

**zoom**

ID de reunión: 817 4749 4176  
Contraseña: 581555



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

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

Jaime González  
Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas  
Universidad Tecnológica de Panamá  
Panamá, Panamá  
jaime.gonzalez10@utp.ac.pa

Nathalia Tejedor-Flores  
Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas-Universidad Tecnológica de Panamá  
Sistema Nacional de Investigación  
Panamá, Panamá  
nathalia.tejedor@utp.ac.pa

Reinhardt Pinzón  
Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas-Universidad Tecnológica de Panamá  
Sistema Nacional de Investigación  
Panamá, Panamá  
reinhardt.pinzon@utp.ac.pa

**Abstract**—The mangrove forests that exist in the world, are extremely productive ecosystems, both in the sense of biomass and carbon storage. These mangrove forests store a large amount of carbon, not only at the above ground but also below ground, being in some cases larger carbon sequestration than other similar organisms. Due to this importance, the main objective of this research, is make an exhaustive bibliographic review of the state of the art of the importance of CO<sub>2</sub> sequestration in mangroves, in the last 10 years, to do that, key words and strategies are identified. We obtain a total of 40 articles worldwide within the 2009-2019 period. We found that 63% of these studies correspond to the mangrove forests in the Asian continent. Finally, we conclude that studies like this provide an updated bibliography of the state of the art on the carbon sequestration in mangroves to the scientific community.

**Key words**—Mangrove, Carbon Dioxide, Carbon Dioxide Fluxes, Biomass

**Resumen**—Los bosques de manglar que existen el mundo, son ecosistemas extremadamente productivos, tanto en el sentido biomasa como en el almacenamiento de carbono. Estos bosques de manglar almacenan gran cantidad de carbono no solo a nivel aéreo sino por debajo del suelo, siendo en algunos casos mayores secuestradores que otros organismos similares. Debido a esta importancia, el objetivo principal de esta investigación, es realizar una exhaustiva revisión bibliográfica sobre el estado del arte de la importancia de la captación de CO<sub>2</sub> en los manglares, en los últimos 10 años, para ello se identificaron palabras: claves y estrategias de búsqueda para obtener así una selección de 40 artículos a nivel mundial dentro del periodo 2009-2019. Se encontró que el 63% de estos estudios corresponden a los bosques de manglar ubicados en el continente asiático, se concluye que estudios como este aportan una bibliografía actualizada del estado del arte sobre la captación de CO<sub>2</sub> en los manglares a la comunidad científica.

**Palabras Clave**— Manglar, Dióxido de Carbono, Flujos de dióxido de carbono, Biomasa

## I. INTRODUCCIÓN

Los manglares se encuentran comúnmente a lo largo de las costas protegidas en los trópicos y subtropicos, donde cumplen importantes funciones socioeconómicas y ambientales. Estos incluyen la provisión de una gran variedad de productos

forestales madereros y no madereros; protección costera contra los efectos del viento, las olas y las corrientes de agua; la conservación de la diversidad biológica, incluidos varios mamíferos, reptiles, anfibios y aves en peligro de extinción; protección de arrecifes de coral, lechos de pastos marinos y rutas marítimas contra la sedimentación; y la provisión de hábitat, zonas de desove y nutrientes para una variedad de peces y mariscos, incluidas muchas especies comerciales [1]. A pesar de que los manglares brindan una serie de importantes servicios ecosistémicos para la humanidad, su existencia está amenazada por la deforestación, el cambio de uso de suelo y el cambio climático [2].

Desde hace tiempo, se ha venido constatando que los bosques de manglar y las zonas asociadas, han sido consideradas como fuentes relevantes de Carbono Orgánico para las zonas costeras y para el secuestro del mismo [3][4][5], bien es conocida la alta densidad del carbono en los innumerables espacios donde estos se encuentran arraigados y la importancia de su conservación para el significativo papel histórico que desempeñan en el cambio climático, mitigando sus efectos y favoreciendo el crecimiento de la vida a su alrededor [6][5]. La alta productividad y densidad de carbono de los manglares también significa que la conservación de estos podría potencialmente secuestrar un volumen sustancial de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico y, por lo tanto, contribuir a la mitigación del cambio climático. Existen numerosos estudios desarrollados a lo largo de los manglares que se encuentran en el mundo, por lo cual el objetivo principal de esta investigación es realizar una extensiva búsqueda bibliográfica relacionada a la importancia de la captación de CO<sub>2</sub> en los manglares; en los últimos 10 años; ya que como tal, los manglares ahora atraen un gran interés a nivel de política internacional, ya sea a través de compromisos a nivel nacional con el Acuerdo Internacional de París [7][8] o mediante la incorporación a los mercados de compensación de carbono forestal [9].

El texto está dividido en 4 secciones principales: la Sección 1 contiene una breve introducción al tema, la Sección 2 presenta la metodología utilizada, la Sección 3 contiene los resultados principales y la Sección 4 presenta las conclusiones de esta investigación.

## Capítulo 14

# Cuantificación de flujos de CO<sub>2</sub> en un ecosistema de manglar en la Bahía de Panamá

JAIME GONZÁLEZ

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas,  
Universidad Tecnológica de Panamá.

NATHALIA TEJEDOR-FLORES

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas,  
Universidad Tecnológica de Panamá.  
Sistema Nacional de Investigación (SNI).

REINHARDT PINZÓN

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas,  
Universidad Tecnológica de Panamá.  
Sistema Nacional de Investigación (SNI).

ANA FRANCO

Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas,  
Universidad Tecnológica de Panamá.

## Resumen

Los bosques de manglar que existen en el mundo, son ecosistemas extremadamente productivos, tanto en el sentido biomasa como en el almacenamiento de



Review

## A Critical Review on Mathematical Descriptions to Study Flux Processes and Environmental-Related Interactions of Mangroves

Jefferson Brooks <sup>1,2</sup>, Miguel Chen Austin <sup>1,2,3</sup>, Dafni Mora <sup>1,2,3</sup> and Nathalia Tejedor-Flores <sup>1,2,3,4,\*</sup>

- <sup>1</sup> Research Group in Energy and Comfort in Bioclimatic Buildings (ECEB), Faculty of Mechanical Engineering, Universidad Tecnológica de Panamá, Panama City 0819-07289, Panama; jefferson.brooks@utp.ac.pa (J.B.); miguel.chen@utp.ac.pa (M.C.A.); dafni.mora@utp.ac.pa (D.M.)  
<sup>2</sup> Sistema Nacional de Investigación (SNI), Panama City 0816-02852, Panama  
<sup>3</sup> Centro de Estudios Multidisciplinarios en Ciencias, Ingeniería y Tecnología (CEMCIT-AIP), Panama City 0819-07289, Panama  
<sup>4</sup> Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), Universidad Tecnológica de Panamá, Panama City 0819-07289, Panama  
\* Correspondence: nathalia.tejedor@utp.ac.pa; Tel.: +507-6077-1870

**Abstract:** Trees are resources that provide multiple benefits, such as the conservation of fauna, both terrestrial and marine, a source of food and raw material, and offering protection in storms, which makes it practical to understand their behavior against different phenomena. Such understanding may be possible through process modeling. Studies confirm that mangrove forests can store more carbon than other forests, influencing the fight against global warming. Thus, a critical and systematic review was carried out regarding studies focusing on mangroves to collect information on the models that have been applied and the most influential variables highlighted by other authors. Applying a systematic search for the most relevant topics related to mangroves (basic as well as recent information), it is possible to group models and methods carried out by other authors to respond to certain behaviors presented by mangroves. Moreover, possible structuring of a mathematical model applied to a species of interest thanks to the analyzed references could provide justified information to the authorities on the importance of these forests and the benefits of their preservation and re-generation-recovery.

**Keywords:** carbon storage; carbon dioxide sequestration; mangrove; mathematical model

Citation: Brooks, J.; Austin, M.C.; Mora, D.; Tejedor-Flores, N. A Critical Review on Mathematical Descriptions to Study Flux Processes and Environmental-Related Interactions of Mangroves. *Sustainability* **2021**, *13*, 6970. <https://doi.org/10.3390/su13126970>

Academic Editors: Fatemeh Kamali and Teodor Rusu

Received: 29 April 2021  
Accepted: 17 June 2021  
Published: 21 June 2021

### 1. Introduction

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

# Tesis en desarrollo



# Tesis en desarrollo

- Tesis: Estudios de respiración de suelo en un manglar de Juan Díaz. Estudiantes: Natasha Gómez y Lilisbeth 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.



# Otros proyectos de investigación





McGill

# 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.



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ

Dra. Nathalia Tejedor Flores

# "Exploring the influence of above- and below-ground plant trait plasticity and its parameterization in vegetation hydrodynamics modules within land surface models"

Liderado por la Dra. Ashely Matheny, Universidad de Texas, USA.

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.





# Conclusiones

- Con la instalación de torres de covarianza Eddy y el estudio de los flujos de carbono, se demuestran los beneficios de la conservación de los manglares y las mejoras que pueden aportar al ecosistema o a la temática del cambio climático.
- El proyecto todavía tiene pendientes la realización de distintos trabajos como interpretación de la Flux Footprint, interpretación de datos de radiación solar, estimación de la NPP, NEE y otros tantos que refleja la torre en sus mediciones.



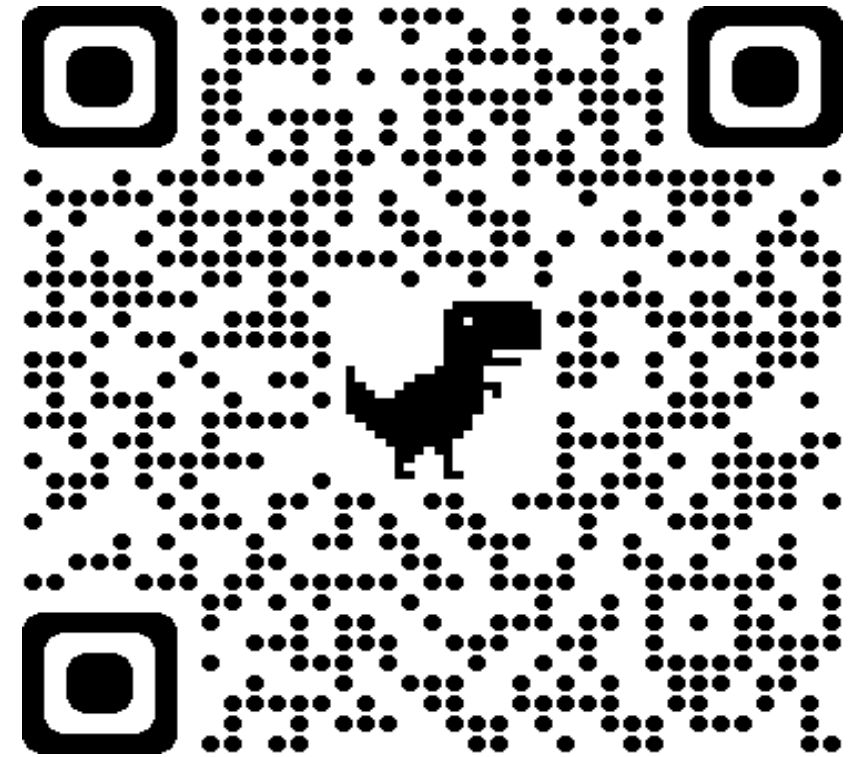


# ¡Gracias!

## ¿Preguntas?

[nathalia.tejedor@utp.ac.pa](mailto:nathalia.tejedor@utp.ac.pa)  
[reinhardt.pinzon@utp.ac.pa](mailto:reinhardt.pinzon@utp.ac.pa)

Visita nuestra página web



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



UNIVERSIDAD  
TECNOLÓGICA  
DE PANAMÁ