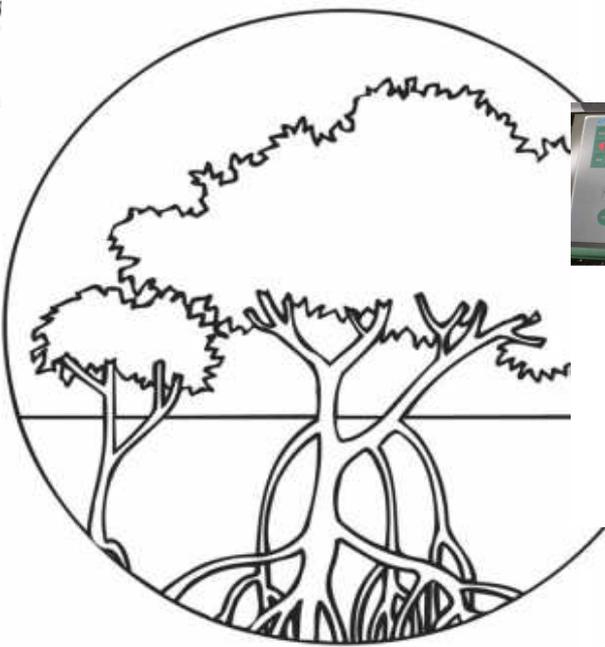


Panamá  
Noviembre 2012



Proyecto de Formación e Investigación:

# "Capacidad de secuestro de carbono de los ecosistemas de manglares: Hacia una nueva gestión"

Organizaciones promotoras:



## Resumen

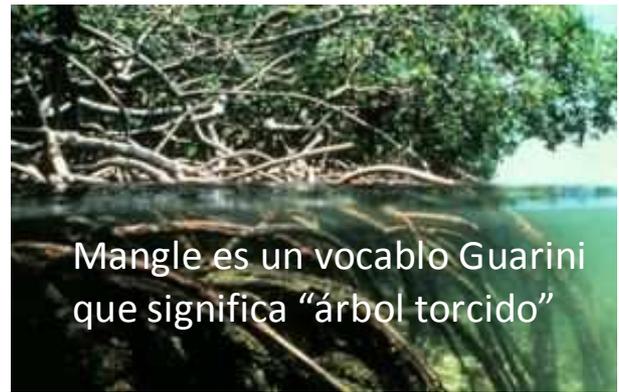
El proyecto forma parte del Proyecto de Formación e Investigación “Capacidad de secuestro de carbono de los ecosistemas de manglares: Hacia una nueva gestión”.

Con el objeto de luchar contra el cambio global y climático y el descubrimiento de nuevas fuentes de financiación para los países en desarrollo, la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla (España), la Universidad de Sevilla (España) y la Universidad Marítima Internacional de Panamá colaboran en un proyecto financiado, principalmente, por la Agencia Andaluza de Cooperación Internacional al Desarrollo (España) que persigue poner de manifiesto el papel de los ecosistemas de manglar en el secuestro de dióxido de carbono atmosférico y, con ello, en la lucha contra el cambio climático. El proyecto pone en marcha un método piloto desarrollado experimentalmente en una zona concreta de Panamá. No obstante, los resultados obtenidos serán extrapolables, al menos en una primera aproximación, al conjunto de los manglares de dicho país, así como a todos los ecosistemas de manglar de la zona intertropical. Otro objetivo relevante del proyecto es la transferencia tecnológica mediante sendos cursos y actividades divulgativas.

Los trabajos principales se han realizado en la Bahía de Panamá en el Pacífico. En primera instancia se ha realizado un diagnóstico y cartografía de los manglares de la República de Panamá a escala territorial. En paralelo, se han identificado las especies más frecuentes y/o abundantes. Para cada una de las especies seleccionadas se ha realizado un modelo biométrico que pone de manifiesto la cantidad de biomasa fotosintética y no fotosintética producida. Asimismo, se han obtenido medidas de fotosíntesis neta, respiración y transpiración de las hojas en cada una de las especies estudiadas, a diferentes intensidades de luz y a las temperaturas más frecuentes, que nos permiten estimar en última instancia la captación neta de carbono así como el gasto de agua que esto implica. Para la obtención de dichas medidas se ha utilizado un Analizador de Gases por Infrarrojo (IRGA). Para las estimas de carbono secuestrado en la biomasa de manglar, se ha analizado material vegetal, obteniéndose el porcentaje de carbono presente por unidad de biomasa.

Finalmente, los resultados se aplicarán a un sistema de información geográfica que, en un primer acercamiento y entre tanto se conoce la composición específica de cada área de manglar, permitirá una primera aproximación a la cantidad de dióxido de carbono retenida y la capacidad actual de secuestro.

## El árbol torcido

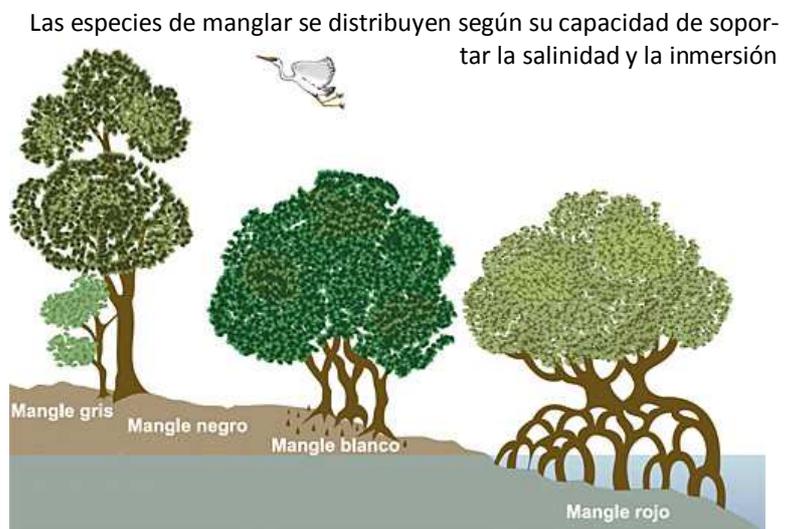


El manglar es un ecosistema ubicado en la zona de transición entre el medio marino y terrestre. Crece a lo largo de la franja tropical y subtropical del planeta, siempre en la línea costera, en estuarios y en islas.

Lo conforman principalmente, una pequeña cantidad de especies de árboles, los mangles, adaptados a las condiciones extremas de la influencia marina. No obstante son ecosistemas muy ricos en biodiversidad ya su condición de frontera entre dos sistemas distintos lo convierte en un refugio para gran número de especies.

Entre norte y centroamérica se han contabilizado 11 especies de árboles en el manglar, de ellas 10 crecen entre las costas atlántica y pacífica de Panamá. El género más extenso es el *Rhizophora* con tres especies *Rhizophora mangle* (mangle colorado), *Rhizophora racemosa* (mangle caballero), *Rhizophora harrisonii* (mangle rojo). Dos especies de la familia *Avicenniaceae*, *Avicennia germinans* (Mangle prieto), *A. bicolor* (Mangle salado), y dos de la familia *Combretaceae*, *Conocarpus erectus* (Mangle botón) y *Laguncularia racemosa* (Mangle blanco). También son frecuentes las especies *Pellicera rhizophorae* (Mangle piñuelo), *Nypa fruticans* (palma de manglar, introducida) y *Acrostichum aureum* (helecho de manglar).

En lo que respecta a la fauna, los manglares son refugio de gran diversidad de especies, algunas de ellas en peligro de extinción o amenazadas. Estas últimas incluyen especies como el Mono cariblanco, la Tortuga carey, la Cotinga piquiamarilla o la Ranita verdinegra.

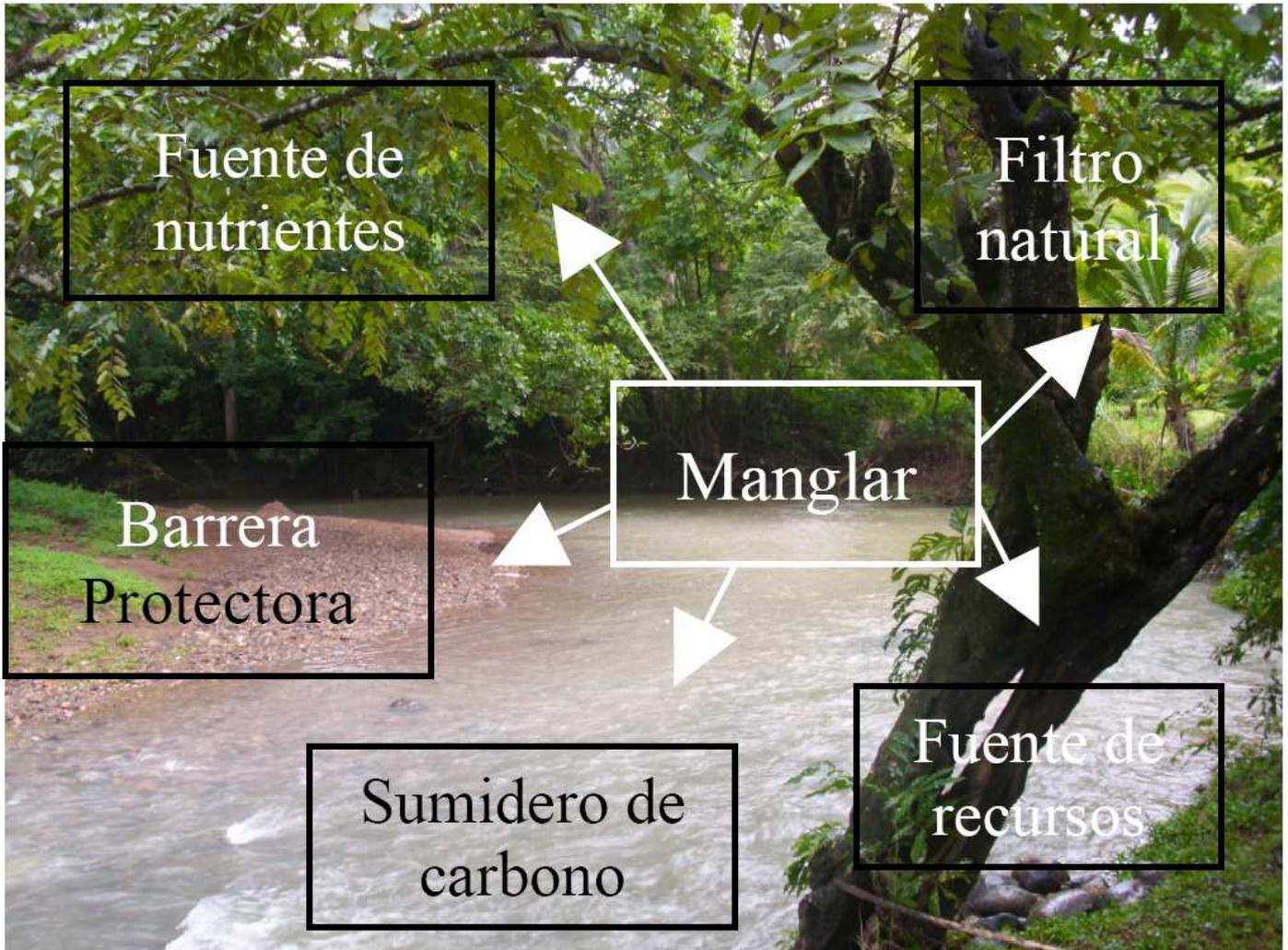


Fte: <http://www.stri.si.edu/>

## Valor ambiental

Los manglares, a pesar de ocupar poca superficie son una de las cinco unidades ecológicas más productivas del mundo.

En la imagen se recogen las funciones principales que cumple el bosque:



El bosque de manglar funciona como una barrera de transición entre el continente y el mar. Esto sirve como protección para los poblados que habitan cerca del ecosistema frente a las inundaciones, tsunamis y a los fenómenos meteorológicos como huracanes o tormentas.

A su vez, su condición de frontera afecta a que actúe como filtro natural con la retención de sedimentos y la purificación del agua de sustancias contaminantes que provienen del interior del continente. La misma interacción es la que promueve la acumulación de nutrientes proveniente tanto de los propios árboles como atraída por el oleaje.

En lo que respecta a su relación con el ser humano, ancestralmente los manglares han sido clave de su supervivencia y de su desarrollo regional.

## Fuente de recursos

Los manglares son para muchas comunidades parte de su identidad y de su historia pero además son un recurso económico muchas veces fundamental. En el manglar crían buena parte de las especies pesqueras.

Tradicionalmente los poblados cercanos a los manglares se han dedicado a la explotación del ecosistema con actividades como la recolección de y pesca de moluscos y crustáceos, el cultivo de camarones (acuicultura) y la pesca artesanal. Asociado a esas actividades se dan también otros aprovechamientos secundarios como la extracción de productos forestales (maderas para casas y embarcaciones, carbón, leña y sustancias medicinales), la caza y la agricultura.



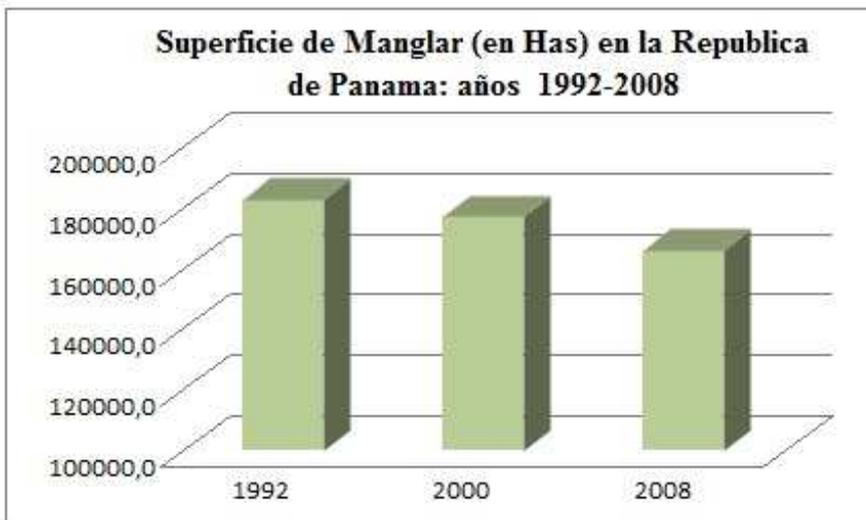
Actualmente, el atractivo turístico de los manglares ha aumentado considerablemente, de manera que el flujo de turismo nacional e internacional es mayor, con la consecuente creación de las infraestructuras asociadas (hoteles, miradores, etc.).

Todas estas actividades pueden convivir en armonía con el medio siempre y cuando se realicen con moderación.

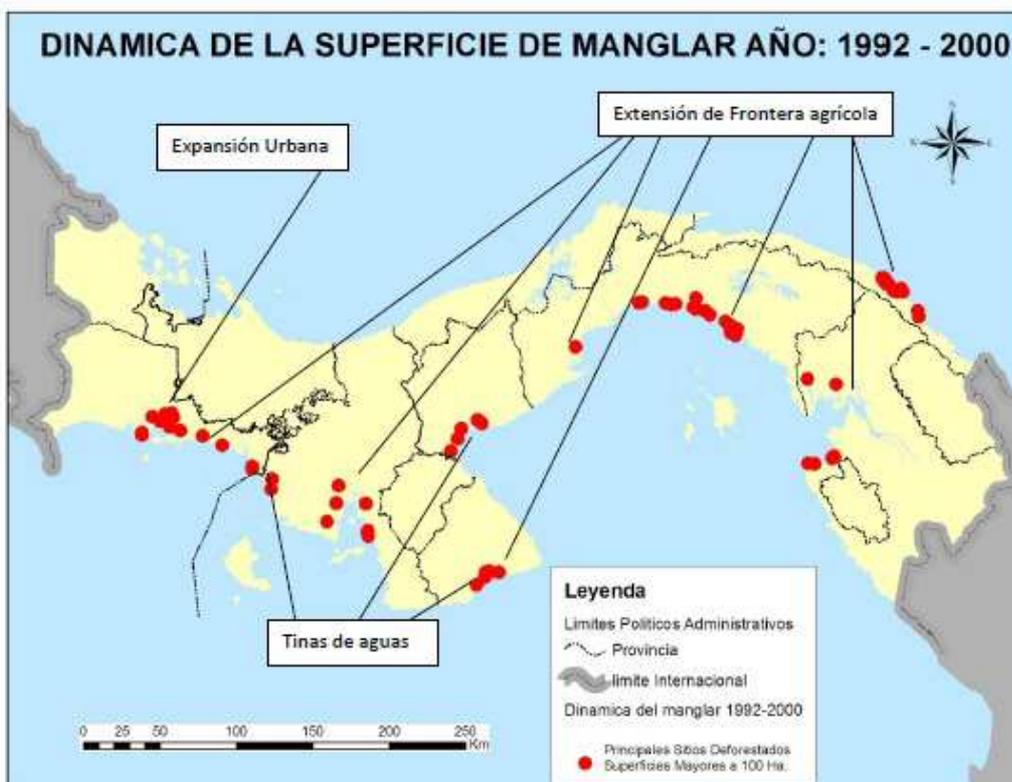
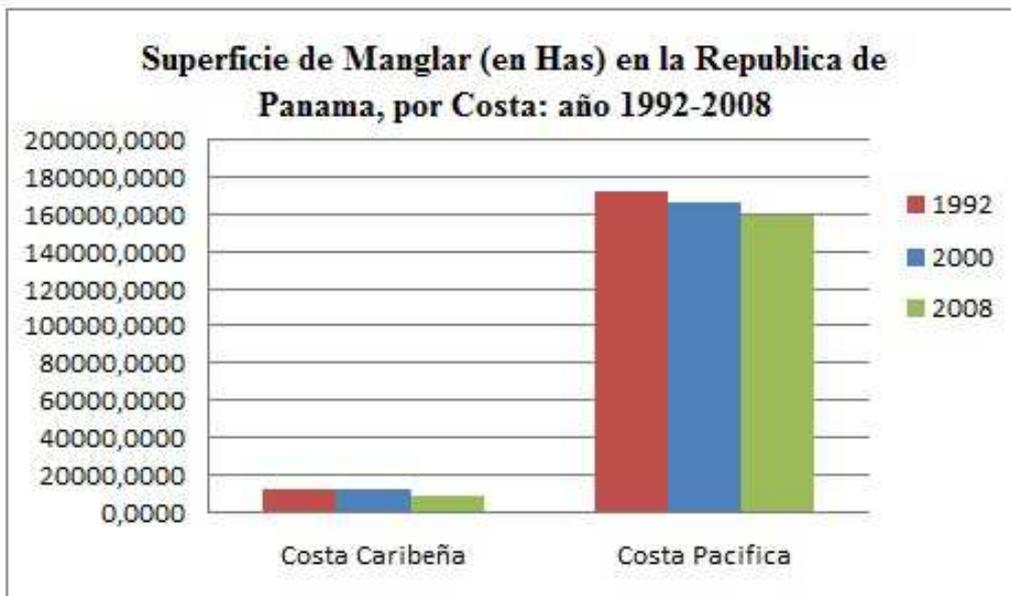
Actividades como la tala furtiva de mangle rojo, la pesca con explosivos o veneno, la contaminación de los estuarios con basuras y vertidos, la sobreexplotación, la construcción de infraestructuras, y los cambios en usos del suelo en general (por ejemplo para agricultura) están poniendo en peligro los bosques de mangles.

Para evitar o frenar la pérdida de manglar se han ido tomando medidas como la actualización de la legislación, la ampliación de figuras de protección, proyectos de restauración, etc. El proceso de destrucción comienza a revertir.





Elaboración propia a partir del Mapa de Clasificación de la Cobertura Vegetal. Gobierno de Panamá



## Cambio Global y Cambio Climático

La Tierra, a lo largo de su historia ha sufrido cambios sustanciales en su dinámica, muchos de ellos a escala planetaria como son los períodos glaciales. De manera general dichos cambios suelen ser consecuencia por una variación en el sistema climático, con el aumento o descenso de la temperatura. Salvo situaciones catastróficas, estas variaciones no han sido repentinas sino que se han dado en tiempo geológico, es decir, en millones de años. La comunidad científica lleva 50 años señalando que los cambios actuales se están produciendo a una velocidad muy elevada con gran riesgo en un mundo muy poblado. Los últimos estudios establecen la relación directa entre estos cambios y la actividad humana.

En la actualidad el cambio climático es el conjunto de la variación en aspectos climáticos que difiere de la evolución natural según los datos históricos. El cambio climático que la sociedad actual está presenciando proviene de un calentamiento generalizado y global de las temperaturas causado por el incremento de los gases de efecto invernadero. El efecto invernadero es el fenómeno por el cual determinados gases, componentes de la atmósfera, retienen parte de la energía que el suelo emite después de haber sido calentado por la radiación solar. Dichos gases son: el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el ozono, los óxidos de nitrógeno y los clorofluorcarbonados. El aumento de los mencionados gases provoca la mayor retención de energía y por tanto el aumento de la temperatura del planeta.

El dióxido de carbono destaca, de entre los demás gases de efecto invernadero debido a que es un gas cuya emisión está directamente relacionada con las actividades humanas. El tráfico rodado, las centrales térmicas y las industrias en general emiten como subproducto CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Después de la revolución industrial y de su consecuente expansión demográfica, la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico ha sufrido un aumento considerable, lo cual, al compararse con la evolución de la temperatura ha demostrado que un cambio natural (evolución de la dinámica de la temperatura) se ha acelerado por la actividad humana. Todo ello lleva asociado otras variaciones como las catástrofes naturales más severas o el aumento de la diferencia social y económica (desarrollo).



Es por ello que se han incrementado las actuaciones políticas para mitigar el cambio climático con la creación diversos convenios y protocolos entre los que destaca el protocolo de Kioto.

## Mecanismos de Desarrollo Limpio y sumideros de CO<sub>2</sub>

El protocolo de Kioto ha sido uno de los grandes acuerdos internacionales para actuar en materia de cambio climático. En él se determinan los mecanismos de flexibilidad, instrumentos con propósito de favorecer el cumplimiento del objetivo principal del protocolo: disminuir, limitar y estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) junto con el mecanismo de aplicación conjunta y el comercio internacional de emisiones constituyen los tres instrumentos recogidos en el protocolo.

Los MDL incluyen entre otros a los sumideros naturales de carbono. En un momento en el que la mayor parte de la comunidad científica y la sociedad está preocupada por el fenómeno del cambio climático, toman importancia los sistemas forestales como potenciales sumideros de carbono atmosférico, de CO<sub>2</sub>. Esta opción potencia las masas forestales como sumideros de carbono ya que en su ciclo natural de vida, acumulan grandes cantidades de carbono en su biomasa a partir de la extracción de dicho gas de la atmósfera.



## Los manglares como sumideros de carbono.

Con la realidad del cambio climático, los manglares adquieren una nueva importancia derivada de su capacidad de secuestrar dióxido de carbono de la atmósfera y por tanto su consideración como sumideros naturales de carbono. Este nuevo significado conlleva a añadir un valor a un sistema deteriorado por la actividad humana que conduciría a su protección global.

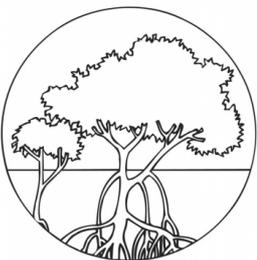
En países como Panamá, la consideración de sus bosques de manglar como sumideros potenciales de carbono crea la posibilidad de una nueva forma de explotación del recurso sin dañar al ecosistema a través del mercado de emisiones de gases de efecto invernadero.



## ¿Cómo medimos?



IRGA (Analizador de Gases por Infrarrojo) midiendo un mangle en laboratorio.



## Cartografía y composición de los manglares

El conocimiento de la ubicación, extensión y estado de conservación de los manglares panameños es crucial para realizar una gestión adecuada. Para ello, la aplicación de herramientas S.I.G. (Sistemas de Información Geográfica) permite la edición y actualización constante de datos relevantes, tales como la composición y abundancia de especies, entre otros, así como la generación de cartografía específica.

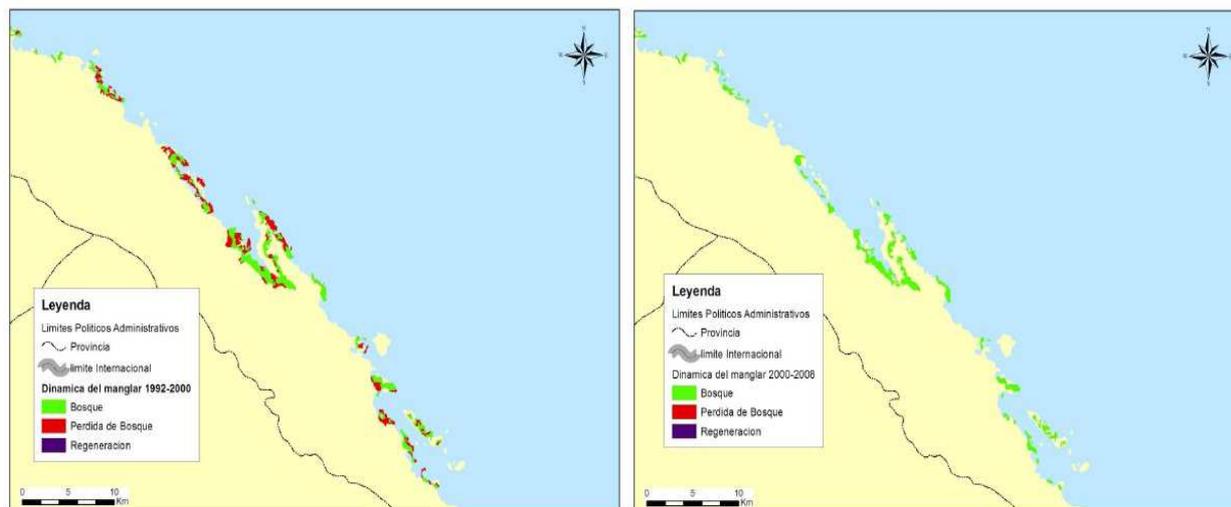


Ilustración. Dinámica del manglar de Aligando, Provincia de Kuna Yala. 1992-2000 (izq.); 2000-2008 (dcha.). Leyenda: verde, superficie de manglar; rojo, pérdida; azul, regeneración. Fuente: elaboración propia del equipo.

A nivel territorial (a gran escala) en la República de Panamá existe información de calidad que se revisa periódicamente y permite establecer la extensión del manglar y su evolución. Sin embargo no hay suficientes datos sobre la composición específica de cada uno de los manglares y para una primera aproximación se han asimilado todos a los ejemplos estudiados en la Bahía de Panamá.

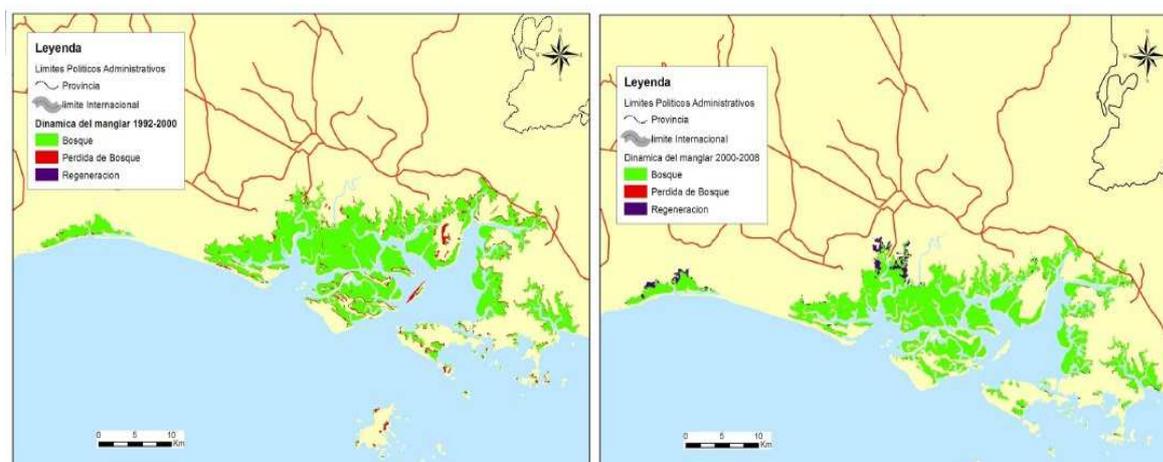
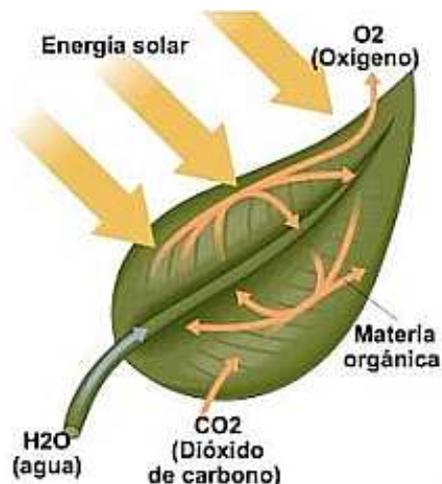


Ilustración. Dinámica de los manglares de Chiriquí. 1992-2000 (izq.); 2000-2008 (dcha.). Leyenda: verde, superficie de manglar; rojo, pérdida; azul, regeneración. Fuente: elaboración propia del equipo.

La evaluación de las áreas de manglar como sumideros naturales de carbono atmosférico pasa, entre otros, por la obtención de datos acerca de la capacidad de secuestro de CO<sub>2</sub> de las especies, mediante estimas de su rendimiento en fotosíntesis y respiración de sus tejidos.



Para ello, se hace uso de aparatos específicos de medida del intercambio gaseoso, tales como los Analizadores de Gases por Infrarrojo (IRGA). Estos datos pueden ser extrapolados a la realidad de clima, composición y abundancia de cada área de costa mediante la aplicación de modelos ecológicos, obteniendo como resultado estimas de la capacidad de secuestro de carbono atmosférico en cada superficie de manglar.



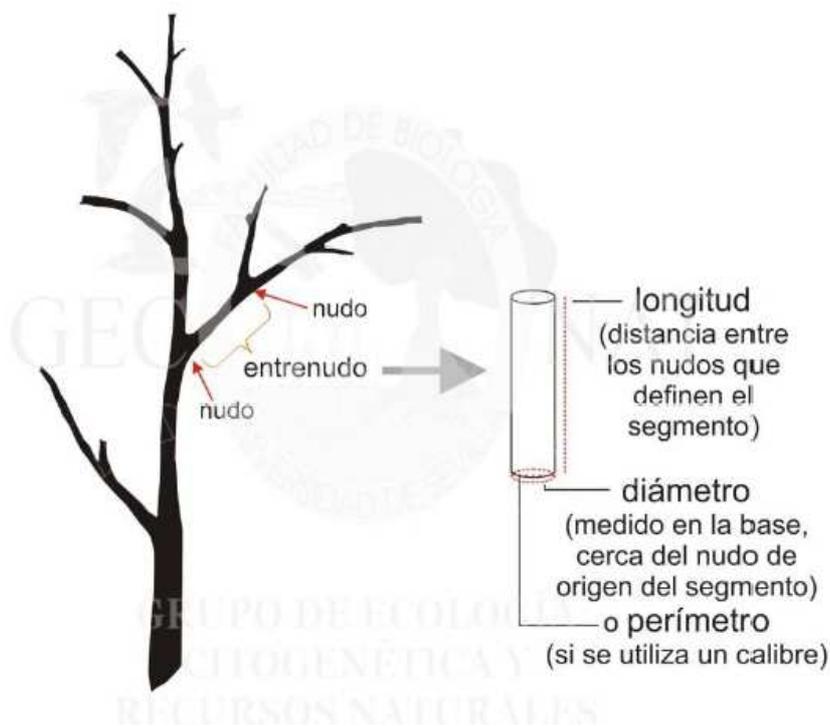
## Caracterización básica y determinación de variables biométricas

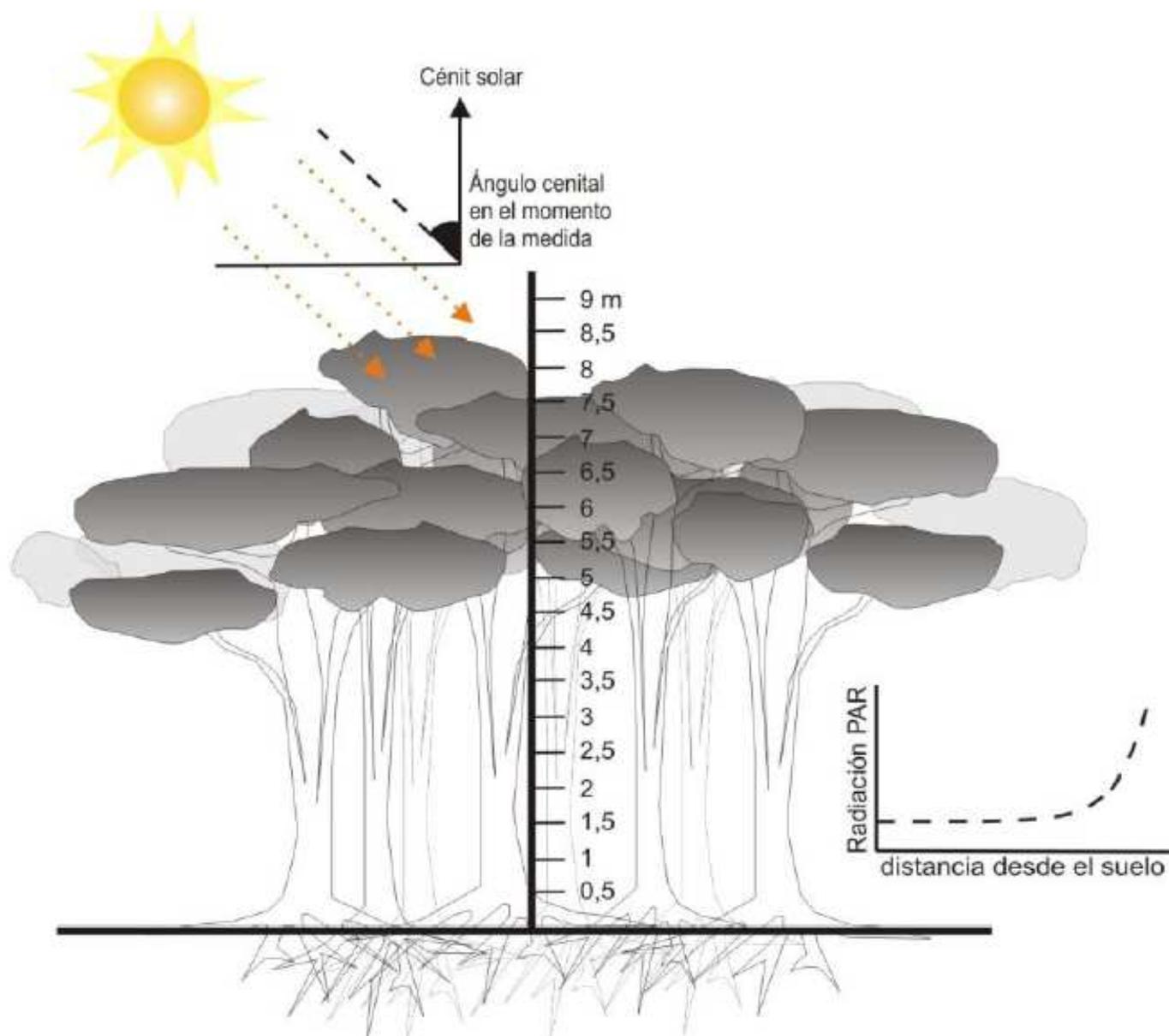
Para establecer la cantidad de CO<sub>2</sub> en la masa vegetal se ha optado por la utilización de un método biométrico. La biometría se refiere al estudio mensurativo o estadístico de los fenómenos o procesos biológicos. A través de la aplicación de las diferentes técnicas de biometría existentes es posible obtener modelos que nos permitan valorar las dimensiones de estructura, biomasa y superficies de las plantas individuales, así como sus diferencias estacionales o las debidas a la edad o tipo de manejo de los individuos vegetales.

Las variables que se utilizan en biometría son en general sencillas y rápidas de medir y entre ellas se encuentran, por ejemplo, la altura del árbol, diámetros de copa y tronco o sus alturas respectivas. Estas variables sencillas van a estar muy relacionadas con otras tales como el volumen de la copa, la cantidad de superficie fotosintética de un árbol o su tasa de crecimiento, entre otros.

El método de medida básico que se va a utilizar es el RBS (*Randomized Branch Samplig*). El volumen de madera y la superficie fotosintética se evalúa a partir de muestras seleccionadas como representativas.

La respiración y fotosíntesis de las plantas y sus diferentes partes están muy condicionadas por el nivel de sombreado al que se ven sometidas. El método empleado permite la medida de la radiación fotosintéticamente activa (PAR), incidente en áreas de manglar, para el posterior cálculo de perfiles de extinción de luz a través del dosel arbóreo, así como la determinación del índice de área foliar de la masa forestal, a partir de dos métodos diferenciados: el uso de un radiómetro con sensibilidad PAR y el análisis de fotografía hemisférica.

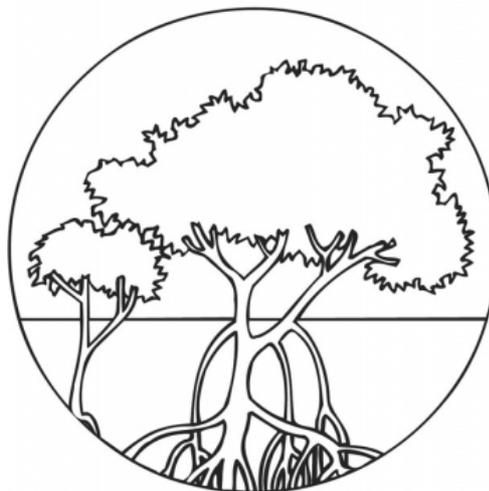
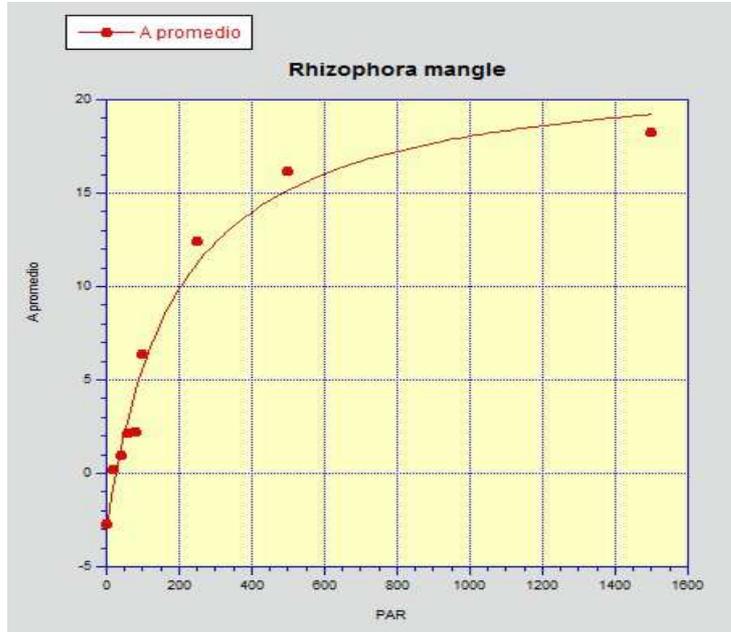




El análisis de la transmisión de luz a través de un dosel vegetal mediante fotografía hemisférica mediante software específico tal como GLA (*Gap Light Analyzer*) se basa en el contraste de los píxeles correspondientes a las hojas y ramas, en los que la radiación directa es cero, frente a los píxeles correspondientes al cielo, donde la radiación directa es igual al valor sobre el dosel, es decir, a cielo abierto.

Las mediciones realizadas permiten obtener la eficiencia en la asimilación de  $\text{CO}_2$  por parte de las diferentes plantas y, conociendo la composición de una comunidad realizar una estima ajustada de su funcionalidad como asimilador de dicho gas o comparar diferentes formulas de gestión del ámbito. También permite establecer la eficiencia en el uso del agua para la asimilación, etc.

Los valores finales están actualmente calculándose y serán presentados provisionalmente en el Congreso Científico de Ciencias del Mar organizado por la UMIP en sus instalaciones entre el 6 y el 7 de diciembre de 2012





## Créditos

El equipo de trabajo ha estado formado por los siguientes investigadores:

Asensio Romero, Braulio\*\* (IP); Muñoz Valles, Sara \*\*\*; Torres, Irene\*; González, Freddy\*; Serra, Candela\*\*; Vargas, Carlos\*; Álvarez, Elio\*; López, Omar\*\*\*\*; Figueroa Luque, Enrique\*\*\*; García de Leaniz, Lola\*\*; Ávila, Miguel Ángel\*\*; Garcés, Humberto\*\*\* y Figueroa Clemente. Manuel E.\*\*\*

\* Universidad Marítima Internacional de Panamá; \*\* Universidad Pablo de Olavide de Sevilla (España); \*\*\* Universidad de Sevilla (España) y \*\*\*\*INDICASAT (Panamá)



El presente proyecto ha sido realizado por las siguientes instituciones:



La financiación principal procede de:



Agencia Andaluza de  
Cooperación Internacional para el Desarrollo  
**CONSEJERÍA DE LA PRESIDENCIA**

Ha colaborado:



Contacto: [baserom@upo.es](mailto:baserom@upo.es)