

Manejo de datos

INTRODUCCIÓN

Registrar, manejar y archivar efectivamente los datos recolectados con los métodos descritos en los Capítulos 2 a 5 es fundamental para analizarlos y utilizarlos de forma exacta y confiable. Esto no solo incluye el análisis científico del carbono en los ecosistemas costeros, sino también el uso de los valores de carbono para el diseño y la implementación de prácticas de conservación y manejo costeros, o para la inclusión de ecosistemas costeros en la contabilidad de gases de efecto invernadero. Además, hacer que los datos de los ecosistemas sean de fácil acceso permitirá que puedan usarse para muchas más aplicaciones.

Lamentablemente, los conjuntos de datos de ecosistemas costeros no suelen ser de fácil acceso, o los datos específicos que contienen están incompletos o su resolución no es suficiente como para permitir otros usos. A menudo, los datos que están disponibles se recolectan con distintos parámetros, unidades de medida, escalas de tiempo y demás, lo que dificulta extremadamente o imposibilita hacer comparaciones entre estudios. Para aliviar esta situación, recomendamos aquí una estructura y un formato uniformes para la recolección y el manejo de datos para que sean compatibles entre ellos.

RAZONES PARA MANEJAR Y PUBLICAR SUS DATOS

El manejo de datos de carbono costero debería ser prioritario en cualquier proyecto sin importar su escala ni su alcance. El manejo efectivo de los datos es beneficioso para (Bibliotecas MIT):

- **Documentación:** Documentar efectivamente los datos garantiza que se conserven las descripciones correctas de sus datos para su uso en el futuro. También garantiza que otros usuarios puedan citar adecuadamente la fuente de los datos y los autores.
- **Cumplir los requisitos de reporte:** La certificación o la financiación de proyectos de carbono, entre los que se incluyen la investigación, la conservación y las acciones políticas, ahora requieren que se implemente alguna forma de plan de manejo de los datos para garantizar la integridad del proyecto.

Además de los beneficios directos de registrar y manejar adecuadamente los datos, recomendamos especialmente que los datos estén disponibles al público para que puedan ser utilizados por otras personas. Puede hacer esto publicando datos en informes científicos, dando seminarios, actuando como asesor en otros proyectos o programas y enviando sus datos a repositorios de datos de libre acceso, como el archivo global de datos de carbono costero que se describe más adelante. Beneficios de la divulgación de datos:

- **Asesoramiento y apoyo a otros proyectos e investigaciones:** Permitir que otros usuarios, incluidos investigadores, utilicen sus datos evita la duplicación de esfuerzos, brinda apoyo a proyectos que podrían no tener la capacidad ni los recursos para recopilar datos y permite hacer análisis y comparaciones más amplias y sintéticas.
- **Divulgación:** Permitir que un repositorio de datos albergue y divulgue sus datos alivia el trabajo necesario para responder a consultas sobre sus datos y el tiempo invertido en generar un sistema (como un sitio web personalizado) para publicar los datos usted mismo.
- **Mayor visibilidad:** Poner sus datos a disposición de otros usuarios (tales como responsables de desarrollar políticas y proyectos o investigadores científicos) y que estos puedan utilizarlos mediante repositorios de fácil acceso aumenta la visibilidad y la importancia de su programa.

El acceso a datos sujetos a control de calidad y basados en protocolos transparentes y estandarizados de interoperatividad llevará a una toma de decisiones importantísimas a través de distintos sectores con respecto a los hábitats de carbono azul. Por ejemplo:

- **Carbono azul:** Mejores evaluaciones de carbono azul para respaldar la inclusión de ecosistemas costeros en estrategias de adaptación y mitigación del clima.
- **Servicios de los ecosistemas:** Evaluaciones más completas de los beneficios que los ecosistemas ofrecen a las comunidades costeras y otros beneficiarios.
- **Finanzas:** Apoyo a instrumentos viables de mercado para conservar ecosistemas costeros.
- **Evaluación de la vulnerabilidad:** Mayor representación de los ecosistemas costeros en evaluaciones de impacto ambiental y de riesgo para actividades de desarrollo.
- **Mayor capacidad:** Capacidad fortalecida para incorporar con efectividad las medidas apropiadas de manejo costero en estrategias nacionales de manejo y protección.

RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos generados mediante las evaluaciones de carbono en ecosistemas costeros se recopilan como mediciones en el campo y el laboratorio. Todos los datos deberían incluir metadatos que describan las condiciones, la ubicación y otros detalles de cómo se tomaron las mediciones. Consulte la **Tabla 7.1** para ver ejemplos.

Tabla 7.1 Ejemplos de los tipos de datos que se recopilan en un proyecto típico de carbono azul costero.

EJEMPLOS	SENSORES REMOTOS	TRABAJO DE CAMPO	LABORATORIO
Datos	Hectáreas de hábitat de mangles	Diámetro de los árboles a la altura del pecho	Contenido de carbono de una muestra de suelo
Metadatos asociados	Información satelital (organización, tipo, identificación), sensor utilizado, conjunto de datos utilizado, parámetros, indicadores, etc.	Fecha de la medición, especie de árbol, ubicación del árbol (latitud y longitud), herramienta utilizada para medir el diámetro, descripción de la parte del árbol en la que se tomó la medición, etc.	Fecha, tipo de herramienta utilizada (marca y modelo del analizador de elementos o del horno para LOI), identificación y descripción de la muestra, controles aplicados, protocolo aplicado, etc.

Datos descriptivos por escrito

Para asegurarse de que todos los datos necesarios y los metadatos asociados queden registrados es fundamental registrar los datos durante la recolección o poco tiempo después. Hay diversos métodos para registrar datos (notas escritas, grabaciones de audio o video, etc.). No obstante, las notas escritas son el método más costo-efectivo para recopilar datos. Establecer un plan para recopilar datos antes del trabajo de campo debería ser una prioridad importante. Asegúrese de que el plan tenga en cuenta las variables exactas y el alcance de los datos recolectados durante cualquier estudio de campo o un análisis de laboratorio. Compilar notas de campo y de laboratorio puede parecer sencillo. No obstante, determinar previamente qué escribir, cómo escribirlo y cuándo escribirlo garantizará que se recopilen todos los datos necesarios.

Qué escribir: A menudo, sirve tener hojas de datos confeccionadas previamente para que las utilice todo el personal de campo o de laboratorio. Esto no solo mantendrá los datos organizados de forma uniforme, sino que también garantizará que se recopilen de forma congruente todos

los datos relevantes de campo y de laboratorio junto con los metadatos asociados. El tipo de información recolectada depende del tipo de muestras que se tomen y de los objetivos más amplios del proyecto (**Apéndices F a H**).

Cómo escribirlo: Resulta práctico determinar previamente el nivel de detalle necesario en las descripciones de los datos y los metadatos, qué unidades de medidas utilizar y los tipos de datos que se registrarán. En caso de que se vayan a utilizar códigos o abreviaturas, asegúrese de tener una lista de referencias predeterminadas donde se definan los códigos o abreviaturas. En el campo, resulta provechoso que una sola persona por equipo sea la responsable de registrar las mediciones y tomar notas de modo que los datos registrados sean congruentes. Esto también permite que los miembros del equipo que toman las mediciones sean más eficientes al pasar de una tarea a otra en lugar de detenerse a tomar notas. En el laboratorio, cada investigador debería tener un cuaderno de uso personal y ser responsable de sus propias notas.

Cuándo escribirlo: En principio, se debería proponer tomar notas lo antes posible después de realizar una medición (por ejemplo, registrar el largo del núcleo en el momento en que este se extrae) y confiar lo menos posible en la memoria. No podemos dejar de hacer hincapié en la importancia de tomar notas en forma meticulosa. Por lo tanto, es imperativo que el tiempo necesario para registrar datos con exactitud se integre al cronograma.

Datos fotográficos

Además de los datos descriptivos por escrito, es útil contar con un registro fotográfico, especialmente en el campo. Es útil tomar fotografías del campo, los núcleos de suelos, la vegetación, las personas que participan en el estudio, los procesos de muestreo a medida que suceden, etc. para generar un registro y documentar datos.

A menudo, se establecen protocolos para que los datos fotográficos sean congruentes en todas las parcelas muestreadas.

- Por ejemplo, en manglares, es una práctica habitual tomar cuatro fotografías, una hacia cada punto cardinal (N, S, E, O) desde el centro de la parcela (Hall 2001a, b) (**Fig. 7.1A**).
- En el caso de pastos marinos y marismas, basta con tomar fotografías desde arriba de la parcela. La cantidad de fotografías necesarias por parcela depende de cuántas se requieran para tener una idea representativa del estado de toda la parcela (**Fig. 7.1B**).

Se deberán registrar en las notas escritas metadatos tales como el nombre y la afiliación del fotógrafo, la ubicación (coordenadas de GPS si las hay) y la fecha de cada fotografía para poder identificar fácilmente las fotografías más adelante. Todas las fotografías se deben almacenar en formato electrónico con los demás datos del proyecto. Es importante hacer una copia de seguridad de las fotografías, así como también registrar los metadatos asociados con cada una de ellas.

Las fotografías pueden ser una herramienta útil y sencilla para monitorear los cambios en un ecosistema. Se puede implementar un sistema de monitoreo fotográfico puntual tomando fotografías en el mismo lugar, con el mismo campo visual y en distintos momentos. Este monitoreo fotográfico puntual es un método sencillo y barato pero efectivo para hacer un seguimiento de los cambios en la vegetación y en el ecosistema. Al contar con la documentación y la señalización adecuadas del sitio, otras personas pueden repetir las fotografías con precisión aun con varios años de diferencia (Hall 2001a, b).

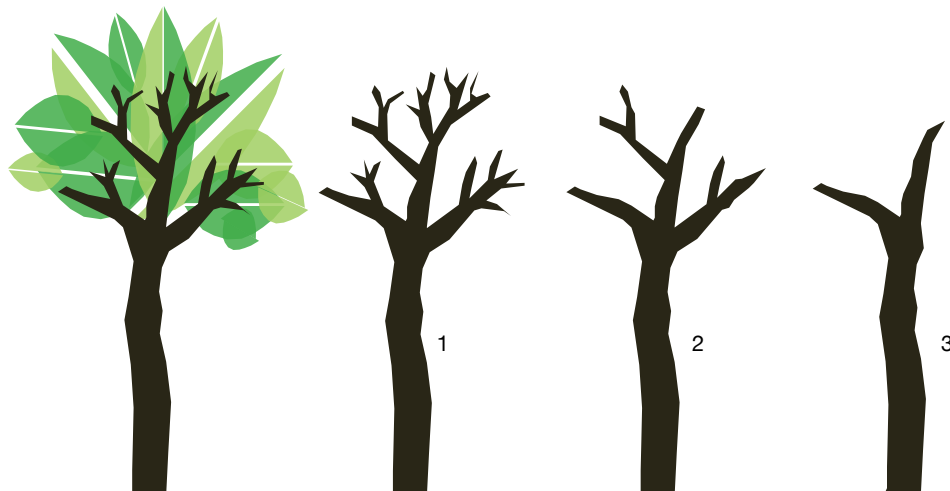


Figura 7.1 Monitoreo fotográfico puntual. (A) En el caso de parcelas en manglares, la persona que toma las fotografías se posiciona en el centro de la parcela y toma una fotografía en cada dirección. (B) En el caso de pastos marinos y marismas, las fotografías se toman apuntando hacia abajo y en varios puntos para obtener una idea general de la apariencia del sitio

GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS DATOS

Al finalizar cada día de investigación en el campo, un revisor de datos deberá recolectar todos los registros de los datos. El revisor de datos debe revisar inmediatamente la información y verificar que esté completa y que sea legible y exacta en presencia de la persona que registró los datos, en caso de que haya incongruencias o preguntas. Una vez que esté satisfecho con la calidad de los datos registrados, el revisor deberá escribir su nombre y la fecha de la revisión, junto con cualquier comentario sobre cuestiones que hubiese observado durante la revisión, de modo que estas puedan evitarse en el futuro (**Fig. 7.2**).

Los datos de laboratorio se deben registrar en cuadernos que deberían permanecer en el laboratorio en todo momento para evitar que se pierdan o se dañen. Al finalizar el estudio, se deberán sacar fotocopias de las páginas relevantes y guardarlas en el laboratorio para consultas futuras. Las reuniones de rutina en el laboratorio pueden servir como espacios para analizar resultados y abordar problemas si los hubiera.

Una vez que el revisor de datos haya aprobado los datos de campo y de laboratorio, estos se deben ingresar a una computadora para facilitar su análisis y para cargarlos a una base de datos (ver la próxima sección). Una vez que el responsable de ingresar los datos haya verificado los datos ingresados con los de la planilla de datos y corregido cualquier error, deberá escribir su nombre en la parte inferior de la planilla de datos y la fecha en la que se cargaron los datos (**Fig. 7.2**). Se deberá anotar cualquier problema que se detecte para poder corregirlo en el futuro. Además, una persona distinta de la que cargó los datos deberá comparar una submuestra de las planillas de datos (~ 10 %) con los datos ingresados en la computadora. El revisor de la entrada de datos también deberá escribir su nombre y la fecha de revisión de los datos, junto con cualquier comentario sobre problemas evidentes y las correcciones que hizo (**Fig. 7.2**). Es importante que el supervisor de campo esté al tanto de todos los problemas observados en las planillas de datos para que se puedan tomar medidas de prevención.

El procedimiento para garantizar y controlar la calidad de los datos es el siguiente:

- Recolectar datos de campo con una hoja de datos predeterminada (**Apéndices F a H**).
 - Entregar las hojas de datos todos los días al revisor de datos.
 - El revisor de datos revisa y aprueba cada hoja de datos.
- Recolectar datos de laboratorio y registrarlos en un cuaderno de uso en el laboratorio.
 - Revisar los datos cada semana durante una reunión en el laboratorio.
- Ingresar los datos en una computadora.
 - El revisor de datos ingresa todos los datos en un programa predeterminado (por ejemplo, una hoja de cálculos de Excel).
 - Otra persona revisa los datos ingresados y se asegura de que estos sean precisos y se entiendan.

Hoja de datos

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

Revisor de datos Nombre: _____ Fecha: _____ Notas: _____ _____ _____ _____	Entrada de datos Nombre: _____ Fecha: _____ Notas: _____ _____ _____ _____	Revisor de entrada de datos Nombre: _____ Fecha: _____ Notas: _____ _____ _____ _____
---	---	--

Figura 7.2 Ejemplo de una hoja de datos con un método para registrar a la persona responsable, la garantía de calidad y el control de calidad para cada paso en el registro de datos

REPORTE

El reporte puede ser algo tan sencillo como presentar la existencia de carbono total de un ecosistema para un área determinada con todos los componentes combinados en una única medición. También puede ser más específico si se desglosa cada porción de la existencia de carbono total que puede aportar cada sumidero en particular (suelo, árboles, arbustos, pastos, detritos, etc.). Dividir los sumideros del ecosistema permite interpretar con más claridad y determinar con más exactitud los cambios en las existencias de carbono a través del tiempo, que podrían suceder debido a cambios en el manejo y el uso de la tierra o el cambio climático. También simplifica el reporte de análisis estadísticos, que pueden medir cambios en el tamaño de los sumideros formados por cada componente por separado, así como también cambios en las reservas totales del ecosistema a través del tiempo.

Las representaciones gráficas son herramientas valiosas para ilustrar los distintos sumideros de carbono (por ejemplo, gráficos de barra o de pastel). Las fotografías que acompañen a los resultados de las existencias de carbono pueden ayudar a interpretar de qué forma la composición y la estructura de

la vegetación se relacionan con los sumideros de carbono del ecosistema. Los datos presentados gráficamente sirven para interpretar rápidamente el tamaño de cada sumidero de carbono por separado y cómo se comparan con otros componentes estructurales del ecosistema. También sirven para comparar diferencias estructurales entre ecosistemas similares (por ejemplo, marismas en distintos lugares) o entre ecosistemas distintos (por ejemplo, manglares y otros tipos de bosques).

DATOS COMPARTIDOS Y ACCESIBILIDAD (BASES DE DATOS)

Muchos consideran que el acceso libre a datos de alta calidad es de interés público. Compartir datos apoya la investigación y el debate científico, promueve la innovación, lleva a nuevas colaboraciones entre usuarios y generadores de datos, reduce el costo de duplicar la recopilación de datos, da crédito al investigador que recopiló los datos y proporciona recursos para el desarrollo de proyectos, políticas, educación y capacitación. Una de las formas más eficientes de compartir datos es a través de una base de datos de acceso libre.

Carga de los datos

Dado que el valor de los datos suele depender de qué tan oportunos sean, si decide cargar sus datos a una base de datos o un repositorio, lo mejor es hacerlo lo antes posible una vez que el estudio haya finalizado y que los resultados hayan sido publicados o utilizados para el propósito del proyecto. Por lo tanto, los datos obtenidos en estudios breves se pueden analizar y enviar relativamente rápido. No obstante, los datos de estudios más extensos que se recopilan durante muchos períodos podrían lanzarse a medida que estén disponibles o conforme finalicen y se publiquen determinados análisis y resultados.

Criterios para seleccionar una base de datos

Por lo general, una base de datos se considera útil y prestigiosa si cumple los siguientes criterios:

- Establece estándares y formatos comunes para datos y metadatos.
- Permite que cualquier grupo en cualquier parte del mundo envíe datos en formato genérico.
- La comunidad científica la valora positivamente y hace mención de ella.
- Resuelve los problemas de titularidad de los datos asignando un número identificador de objeto digital (Digital Object Identifier, DOI) a cada envío para que pueda citarse en forma inmediata.

En la actualidad, no existe una infraestructura de datos coordinada para apoyar los esfuerzos de investigación y monitoreo de carbono azul en el ámbito global. Sí existen conjuntos de datos en el ámbito local, pero muchos son de difícil acceso, están sujetos a restricciones de licencia o se desarrollaron con enfoques incompatibles. El Grupo de Trabajo Científico para la Iniciativa Internacional de Carbono Azul ha identificado el manejo de los datos de carbono costero como una actividad prioritaria y necesaria para apoyar la conservación, el manejo efectivo y la creación de incentivos para los ecosistemas costeros de carbono azul mediante la investigación, el desarrollo de políticas y la implementación en el campo. Como iniciativa comunitaria unificadora, decidieron establecer un archivo global de datos de carbono costero (al que en adelante nos referimos como el archivo de datos; ver la próxima sección) para apoyar las mejores prácticas y la estandarización en el manejo de datos, y para unificar en un formato común toda la información disponible sobre el carbono en ecosistemas costeros.

7 Archivo global de datos de carbono costero de la Iniciativa Internacional de Carbono Azul

El carbono azul cuenta con un apoyo considerable y creciente en diversos sectores de la comunidad internacional. No obstante, el nivel que alcanza nuestra comprensión general de las distribuciones espaciales de los ecosistemas de carbono azul y las reservas de carbono ha limitado nuestra capacidad de incorporar los aspectos del carbono azul a las políticas locales y nacionales. Los datos de existencias y flujos de carbono en ecosistemas costeros son extremadamente aislados en el ámbito mundial y aquellos que están disponibles aún deben integrarse. Además, se están realizando muchísimos trabajos de campo alrededor del mundo para recopilar estos datos, pero las formas de compartirlos son limitadas. La Iniciativa Internacional de Carbono Azul busca avanzar en la resolución de estos aspectos mediante la creación de un archivo de datos de carbono azul. El archivo también aumentará la exactitud y la confianza en las estimaciones globales del almacenamiento y las emisiones de carbono en ecosistemas de carbono azul. Este archivo de datos será el pilar central sobre el cual podrá seguir creciendo la comunidad científica dedicada al carbono azul. El archivo se subdividirá en tres categorías, una para cada uno de los ecosistemas costeros de carbono azul (manglares, marismas y pastos marinos), y cada una se diseñará para acomodar las necesidades específicas de cada ecosistema. La colección entera y las colecciones secundarias predeterminadas del conjunto total de datos y enlaces a metadatos estarán almacenadas permanentemente en el archivo de datos y serán de libre acceso para el público. Se asignará un número DOI a cada conjunto de datos que se presente para que cada conjunto de datos en particular pueda citarse, resolviendo así problemas respecto de la titularidad de los datos.

El archivo de datos tiene como propósito:

- Lograr que los proyectos sean más eficientes en términos de costo diseñándolos según la cobertura de datos conocida en términos de espacio, tiempo y relación con el proceso.
- Crear una plataforma para estudios de modelado basados en la calidad y cantidad optimizadas de los datos ingresados.
- Permitir la posibilidad de ver los datos a través de Internet (por ejemplo, mapeos).
- Brindar una base sólida para formular predicciones más exactas, que, a su vez, fortalecerán las recomendaciones para políticas aplicables desde el nivel de la comunidad al ámbito nacional.

Ya están en marcha planes de desarrollo para el archivo de datos. La Iniciativa espera que la base de datos esté en pleno funcionamiento para 2018.



Apéndices

APÉNDICE A

Documentos guía adicionales

Esta tabla presenta una lista de documentos guía para medir el carbono azul y obtener créditos de carbono. Los documentos enunciados se refieren a la necesidad de brindar procedimientos de medición y monitoreo aceptados internacionalmente para la contabilidad de gases de efecto invernadero, o bien, a los intentos de brindarlos. El propósito de este manual es complementar las metodologías y los resultados existentes con datos que cumplan los criterios de los estándares relevantes.

TÍTULO	ORGANIZACIÓN ²	FECHA DE PUBLICACIÓN	CATEGORÍA	OBJETIVO DEL DOCUMENTO
<i>Criterios metodológicos para compensar gases de efecto invernadero en la conservación de humedales de marea (Greenhouse Gas Offset Methodology Criteria for Tidal Wetland Conservation)</i>	Restore America's Estuaries	2014	Acreditación de carbono	Describe los procedimientos aprobados por el Estándar Verificado del Carbono (Verified Carbon Standard, VCS) para estimar las reducciones y remociones netas de emisiones de GEI como consecuencia de la conservación de humedales de marea. Las actividades de conservación pretenden proteger los beneficios ambientales, entre ellos las reducciones de emisiones y el secuestro neto de GEI.
<i>Metodología para restaurar humedales de marea y pastos marinos (Methodology for Tidal Wetlands and Seagrass Restoration)</i>	Restore America's Estuaries	2014	Acreditación de carbono	Describe los procedimientos aprobados por el VCS para estimar las reducciones y remociones netas de emisiones de GEI como consecuencia de la restauración de humedales de marea y lechos de pastos marinos en todo el rango de salinidad. Las actividades de restauración pretenden proteger y restablecer los beneficios ambientales, entre ellos las reducciones de emisiones y el secuestro neto de GEI.
<i>Suplemento de 2013 de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: humedales (2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands)</i>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)	2014	Acreditación de carbono	Actualiza los datos predeterminados para estimar cambios en las existencias de carbono en sumideros formados por manglares, biomasa viva y madera muerta en humedales costeros, emisiones y remociones de CO ₂ de suelos orgánicos y minerales (para actividades de extracción, drenaje y rehumedecimiento, y revegetación), y datos predeterminados para estimar emisiones y remociones de CO ₂ antrópico en el suelo de los humedales. Incluye las emisiones de N ₂ O a causa de la acuicultura y las emisiones de CH ₄ a causa del rehumedecimiento y la revegetación de manglares y marismas.
<i>Metodología para la creación de humedales costeros (Methodology for Coastal Wetland Creation) (VM0024)</i>	Autoridad de Protección y Restauración Costera (Coastal Protection and Restoration Authority, CPRA) de Luisiana	2014	Acreditación de carbono	Esta metodología cuantifica los beneficios en torno a los gases de efecto invernadero que brindan las actividades de creación de humedales. El alcance de esta metodología comprende dos actividades principales en el proyecto, es decir, el establecimiento del sustrato y el establecimiento de la vegetación, que se implementan, por lo general, en forma combinada para crear nuevos humedales (por ejemplo, para restaurar humedales que han sido cubiertos por aguas abiertas). La metodología también permite implementar cada actividad del proyecto por separado.

² Solo se menciona la organización principal

TÍTULO	ORGANIZACIÓN ²	FECHA DE PUBLICACIÓN	CATEGORÍA	OBJETIVO DEL DOCUMENTO
<i>Restauración de humedales deltaicos degradados en el delta del Misisipi (Restoration of Degraded Deltaic Wetlands of the Mississippi Delta)</i>	Tierra Resources LLC	2013	Acreditación de carbono	Detalla los procedimientos para contabilizar la reducción de emisiones de GEI en actividades de restauración de humedales implementadas en humedales degradados en el delta de Misisipi. El formato en módulos brinda flexibilidad para una gran cantidad de tipos de proyectos de restauración de humedales (incluidos aquellos que requieren de manejo hidrológico) y permite que el usuario decida si la pérdida de humedales se incluirá en la línea base.
<i>Aforestación y reforestación de hábitats de manglares degradados (Afforestation and Reforestation of Degraded Mangrove Habitats) (AR-AM0014)</i>	Mecanismo de Desarrollo Limpio (Clean Development Mechanism, MDL)	2013	Acreditación de carbono	Describe los procedimientos aprobados por el MDL para estimar las reducciones y remociones netas de GEI a consecuencia de la aforestación o reforestación de manglares. En las actividades del proyecto que apliquen esta metodología se puede optar por excluir o incluir la contabilidad de cualquiera de los sumideros de carbono formados por la madera muerta y el carbono orgánico del suelo, pero no se puede incluir el sumidero de carbono formado por los detritos.
<i>Metodología simplificada de línea base y monitoreo para las actividades de proyectos de aforestación y reforestación a pequeña escala implementadas por el MDL en humedales (Simplified Baseline and Monitoring Methodology for Small Scale CDM Afforestation and Reforestation Project Activities Implemented on Wetlands) (AR-AMS000)</i>	MDL	2013	Acreditación de carbono	Describe los procedimientos aprobados por el MDL para estimar las reducciones y remociones netas de GEI a consecuencia de la aforestación o reforestación de humedales según las modalidades simplificadas para proyectos de pequeña escala bajo el MDL.
<i>Módulos de metodología REDD+ (REDD+ Methodology Modules) (VM0007)</i>	Avoided Deforestation Partners	2010-2015	Acreditación de carbono	Pretende abarcar todo el rango de actividades del proyecto elegibles según tres categorías de proyecto del VCS (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación Forestal [Reducing Emissions from Deforestation and Degradation, REDD], Forestación, Reforestación y Revegetación [Afforestation, Reforestation and Revegetation, ARR], Restauración o Conservación de Humedales [Wetlands Restoration or Conservation, WRC]) o una combinación de estas, con máxima flexibilidad en la aplicación de procedimientos de contabilidad en escenarios complejos donde se combinan la conservación y la rehabilitación, así como también en intervenciones dentro de una única categoría. Los procedimientos de conservación y rehumedecimiento de turberas están incluidos en 2014 bajo la categoría "WRC", mientras que los humedales costeros se agregarán en 2015.

TÍTULO	ORGANIZACIÓN ²	FECHA DE PUBLICACIÓN	CATEGORÍA	OBJETIVO DEL DOCUMENTO
<i>Principios rectores para la presentación de proyectos de carbono en humedales costeros (Guiding Principles for Delivering Coastal Wetland Carbon Projects)</i>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Centro para la Investigación Forestal Internacional (Center for International Forestry Research, CIFOR)	2014	Lineamientos para la medición de carbono azul y el diseño de proyectos	Toma en conjunto la experiencia en el desarrollo de proyectos de carbono y con humedales costeros para demostrar los principios de las mejores prácticas para ejecutar intervenciones relacionadas con el carbono azul. Estas intervenciones pueden abarcar desde actividades de políticas para una mejor gestión de los recursos costeros reconociendo la mitigación del cambio climático junto con otros servicios del ecosistema hasta proyectos respaldados por las finanzas del carbono. Los lineamientos se basan en la experiencia desarrollada por el equipo del proyecto complementada por actividades en el campo y entrevistas.
<i>Manual de Prácticas de Carbono Azul (Blue Carbon Practice Manual) (título provisorio)</i>	RAE, Silvestrum	Se espera que esté listo en 2014	Lineamientos para la medición de carbono azul y el diseño de proyectos	Brinda lineamientos detallados sobre cómo aplicar la metodología de RAE a la restauración de humedales y pastos marinos y cómo desarrollar un proyecto de carbono azul según el VCS.
<i>Diseño de proyectos de carbono azul: una guía introductoria (Building Blue Carbon Projects: An Introductory Guide)</i>	Iniciativa de Datos Medioambientales Globales de Abu Dabi (Abu Dhabi Global Environmental Data Initiative, AGEDI)	2014	Lineamientos para la medición de carbono azul y el diseño de proyectos	Su objetivo es fomentar la discusión sobre proyectos que apoyen la conservación y restauración de ecosistemas costeros basados en un enfoque de carbono azul. Sirve como un panorama de los posibles elementos comunes de un proyecto de carbono azul con base en proyectos existentes y una introducción de cuestiones clave que se deben considerar. La guía pretende complementar los informes e iniciativas de carbono azul existentes y posiblemente estimular el apoyo para un mayor desarrollo de proyectos.
<i>Protocolos para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y existencias de carbono de los manglares (Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests)</i>	CIFOR	2012	Lineamientos para la medición de carbono azul y el diseño de proyectos	Describe los enfoques necesarios para la medición, el monitoreo y el reporte de la estructura, la biomasa y las existencias de carbono en manglares. Por su valor como existencias y sumideros de carbono, y sus diversos beneficios adicionales, los manglares podrían ser excelentes candidatos para programas de mitigación de carbono, entre ellos el programa de REDD+ y el aumento de las existencias forestales de carbono en países en desarrollo.

APÉNDICE B

Ecuaciones

B

Capítulo 1

Carbono total (MgC/ha) * Área (ha) = Nivel 1 de la existencia total de carbono para el sitio del proyecto (Mg)

- Donde Carbono total = El promedio de la existencia de carbono para un ecosistema determinado (de la **Tabla 1.2**)
- Área = El área del ecosistema que se investiga

Emisiones totales posibles de CO₂ por hectárea (Mg CO₂/ha) = Factor de conversión del CO₂ que se puede producir a partir del carbono presente en el sistema * carbono en el sistema

- Factor de conversión = 3.67, relación entre los pesos moleculares de CO₂ (44) y carbono (12)
- Carbono en el sistema = El promedio de la existencia de carbono en un ecosistema en particular

Capítulo 3

Factor de corrección de compactación = Longitud de la muestra recuperada (cm) / Longitud de la penetración del núcleo (cm)

Muestreo corregido de un núcleo comprimido = Profundidad del intervalo * Factor de corrección de compactación

Densidad aparente (g/cm³) = Masa del suelo seco (g) / Volumen original de la muestra (cm³)

Volumen de la muestra de suelo antes del secado = $[\pi * (\text{radio del barril del nucleador})^2] * (\text{altura de la muestra, h})$

% pérdida por ignición (% LOI) = [(Masa seca antes de la combustión, en mg – Masa seca después de la combustión, en mg) / Masa seca antes de la combustión, en mg] * 100

% carbono inorgánico (% IOC) = [(Masa seca antes del tratamiento con ácido, en g – Masa seca después del tratamiento con ácido, en g * 0.12) / Masa seca antes del tratamiento con ácido, en g] * 100

- Donde 0.12 se deriva del aporte de carbono al peso molecular del carbonato (12 %)

Contenido de carbono orgánico de una muestra = Contenido de carbono total (analizador de elementos o % LOI) – (Contenido de carbono inorgánico de la submuestra hecha cenizas) * (Peso seco de la submuestra después de la incineración para obtener ceniza/Peso seco antes de la incineración para obtener ceniza)

Densidad de carbono del suelo (g/cm³) = Densidad de la materia seca (g/cm³) * (% C_{org}/100)

Cantidad de carbono en la sección del núcleo (g/cm²) = Densidad de carbono del suelo (g/cm³) * Grosor del intervalo (cm)

Contenido de carbono del núcleo 1 = Cantidad de carbono en la sección A del núcleo (g/cm²) + Cantidad de carbono en la sección B del núcleo (g/cm²) + Cantidad de carbono en la sección C del núcleo (g/cm²) + todas las muestras del mismo núcleo

Carbono total del núcleo (MgC/hectárea) = Suma del carbono del núcleo (g/cm²) * (1 Mg/1 000 000 g) * (100 000 000 cm²/1 hectárea)

Promedio de carbono en un núcleo = Contenido de carbono del núcleo 1 (determinado en el paso 4) + Contenido de carbono del núcleo 2 + Contenido de carbono del núcleo 3 + ... n) / n

Desviación estándar entre núcleos
$$(\sigma) = \left[\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(N-1)} \right]^{1/2}$$

- \bar{X} = Promedio de carbono en un núcleo
- X_1 = Resultado específico para el núcleo 1, en MgC/hectárea; X_2 = Resultado específico para el núcleo 2, en MgC/hectárea, etc.
- N = Número total de resultados

Carbono orgánico total en un área de proyecto (MgC) = [Promedio de carbono del núcleo del estrato A (MgC/hectárea) * Área del estrato A (hectáreas)] + (Promedio de carbono del núcleo del estrato B (MgC/hectárea) * Área del estrato B (hectáreas) + ...

Desviación estándar entre estratos
$$(\sigma_T) = \sqrt{(\sigma_A)^2 + (\sigma_B)^2 + \dots + (\sigma_N)^2}$$

- Donde σ_T = Variabilidad total asociada a las mediciones,
- σ_A = Desviación estándar del promedio de MgC del núcleo para el estrato A * Área del estrato,
- σ_B = Desviación estándar del promedio de MgC del núcleo para el estrato B * Área del estrato
- σ_N = Desviación estándar del promedio de MgC del núcleo para los demás estratos * Área de cada estrato por separado

Capítulo 4

Ecuación de biomasa general para manglares (América) = $0.168 * \rho * (D)^{2.471}$

- ρ = Densidad de la madera (g/cm³)
- D = Diámetro a la altura del pecho

Ecuación de biomasa general para manglares (Asia) = $0.251 * \rho * (D)^{2.46}$

- ρ = Densidad de la madera (g/cm³)
- D = Diámetro a la altura del pecho

Ecuación de biomasa general para manglares = $0.0509 * \rho * (D)^{2*H}$

- ρ = Densidad de la madera (g/cm³)
- D = Diámetro a la altura del pecho
- H = Altura

Biomasa de las lianas (kg) = (Diámetro a 130 cm de la superficie del suelo en cm)^{2.657} * e^{0.968} * ln (Diámetro a 130 cm de la superficie del suelo en cm)

Biomasa de los neumatóforos (kg) = Promedio de la masa seca de los neumatóforos muestreados * Número de neumatóforos en la microparcela

Biomasa de los detritos (kg) = [(Masa seca de la submuestra en g / Masa húmeda de la submuestra en g)] * Masa húmeda de todos los detritos en la misma parcela (kg)

Biomasa de la madera caída (kg/ha) = Volumen (m³/ha) * Densidad promedio de la madera (kg/m³)

Biomasa arbórea subterránea (kgC) = 0.199 * (densidad de la madera en g/cm^{30.899}) * (Diámetro del árbol a la altura del pecho en cm)^{2.22}

Contenido de carbono de la vegetación (kg C) = Biomasa (kg) * Factor de conversión de carbono

- Factor de conversión para mangles = 0.46–0.5
- Factor de conversión para mangles arbustivos = 0.46–0.5
- Factor de conversión para mangles muertos en pie = 0.5
- Factor de conversión para lianas = 0.46
- Factor de conversión para frondas de palmera = 0.47
- Factor de conversión para palmeras = 0.47
- Factor de conversión para neumatóforos = 0.39
- Factor de conversión para detritos (manglares/marismas) = 0.45
- Factor de conversión para detritos (pastos marinos) = 0.34
- Factor de conversión para madera caída = 0.5
- Factor de conversión para componentes arbóreos subterráneos = 0.39
- Factor de conversión para pastos en marismas = 0.45
- Factor de conversión para arbustos en marismas = 0.46–0.5
- Factor de conversión para pastos marinos = 0.34

Carbono en el componente vegetal total (kg C/m²) = (Contenido de carbono de la planta 1 + Contenido de carbono de la planta 2 + ... Planta n) / Área de la parcela (m²)

Área elíptica de la corona = (W1 * W2/2)²*π

- W1 = Longitud más ancha de la copa
- W2 = Ancho de la copa perpendicular a W1

Volumen de la copa = Área elíptica de la copa * Profundidad de la copa

Estimación del diámetro superior de un árbol muerto quebrado o desmochado (cm) = Diámetro de la base medido (cm) – [100 * altura del árbol (m) * (Diámetro de la base medido en cm – Diámetro a la altura del pecho en cm / 130)]

Volumen del árbol muerto (cm³) = [π * (100 * altura del árbol en m) / 12] * [Diámetro de la base (cm)² + Diámetro superior (cm)² + (Diámetro de la base en cm * Diámetro superior en cm)]

Biomasa de árbol muerto con estado de descomposición 3 (kg) = Volumen del árbol muerto (cm³) * Densidad de la madera (g/cm³)

Densidad de la madera (g/cm³) = Peso seco (g) / Volumen de madera fresca (cm³)

Diámetro cuadrático medio (cm) = √(∑diámetro de cada fragmento de madera²) / Número de fragmento muestreados

Volumen de madera para las clases de tamaño fino, pequeño y mediano por unidad de superficie (m³/ha) = (π² * [Número de muestras * Diámetro cuadrático medio de la clase de tamaño en cm]² / (8 * Longitud del transecto en m))

Volumen de fragmentos grandes de madera caída (>7.6 cm diámetro) por unidad de superficie (m³/ha) = π² * [∑diámetro de cada fragmento de madera²/(8 * Longitud del transecto en m)]

Componente vegetal del sumidero de carbono (Mg C/ha) = Densidad del carbono (kg C/m²) * (Mg/1000 kg) * (10 000 m²/ha)

Carbono vegetal total dentro de una parcela (Mg C/ha) = Componente 1 (Mg C/ha) + Componente 2 (Mg C/ha) + Componente 3 (Mg C/ha) + ...

Promedio del carbono vegetal en una parcela = Carbono vegetal total en la parcela 1 (Mg C/ha) + Carbono vegetal total en la parcela 2 (Mg C/ha) + Carbono vegetal total en la parcela 3 (Mg C/ha) + ... n) / n

Desviación estándar entre parcelas
$$(\sigma) = \left[\frac{(X_1 - \bar{X})^2 + (X_2 - \bar{X})^2 + \dots + (X_n - \bar{X})^2}{(N-1)} \right]^{1/2}$$

- \bar{X} = Promedio del carbono vegetal en una parcela
- X_1 = Resultado específico para la parcela 1, en MgC/hectárea; X_2 = Resultado específico para la parcela 2, en MgC/hectárea, etc.
- N = Cantidad de parcelas

Estimación del carbono vegetal en un estrato (Mg C) = Promedio del carbono vegetal en una parcela (Mg C/ha) * Área del estrato (ha)

Carbono total en el área del proyecto (MgC) = Estimación del carbono vegetal en el estrato 1 (Mg C) + Estimación del carbono vegetal en el estrato 2 (Mg C) + Estimación del carbono vegetal en el estrato 3 (Mg C) + ...

Desviación estándar entre estratos
$$(\sigma_T) = \sqrt{(\sigma_A)^2 + (\sigma_B)^2 + \dots + (\sigma_N)^2}$$

- Donde σ_T = Variabilidad total asociada a las mediciones
- σ_A = Desviación estándar del promedio de MgC del núcleo para el estrato A * Área del estrato
- σ_B = Desviación estándar del promedio de MgC del núcleo para el estrato B * Área del estrato
- σ_N = Desviación estándar del promedio de MgC del núcleo para los demás estratos * área de cada estrato por separado

Capítulo 5

Método de la diferencia en las existencias = Existencia de carbono total en T2 (suma de todos los sumideros de carbono) – Existencia de carbono total en la medición inicial en T1 (suma de todos los sumideros de carbono)

- T1 = Evaluación inicial
- T2 = Evaluaciones posteriores

Método de ganancia-pérdida = Existencia de carbono en T1 – [Pérdidas de carbono en T2 (cambio en el uso de la tierra, desastres naturales, erosión, etc.) + Aumentos de carbono en T2 (acreción del suelo, crecimiento, restauración, etc.)]

Cambios en la elevación del suelo = Acreción vertical basada en el horizonte de referencia – Cambios en la elevación basados en mediciones SET

Cambio anual en la existencia de carbono (Mg C/año) = (Existencia de carbono total en T2 – Existencia de carbono total en la medición inicial en T1) / (T2 – T1)

Moléculas de gas en la cámara estática (moles) = [Presión (atmós.) * Volumen de la cámara (L)] / [Constante de los gases (L*atmós./K*mol) * Temperatura (grados Kelvin)]

- Presión = 1 atmós.
- Constante de los gases = 0.0820 L*atmós./K*mol
- Temperatura = 273 + temp. en °C

Flujo de gas de un GEI en particular ($\mu\text{mol}/\text{minuto}$) = $\mu\text{mol}/\text{mol}/\text{minuto}$ de GEI * Total de moles de moléculas de gas en la cámara

Cantidad de un GEI en particular emitido por minuto por unidad de área ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{min}$) = Flujo de gas de un GEI en particular ($\mu\text{mol}/\text{minuto}$) / Área de la cámara

GEI en particular emitido a través del tiempo (Mg/ha/día) = Cantidad de GEI en particular emitido por minuto por unidad de área ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{min}$) * (10 000 $\text{m}^2/1$ ha) * (1 mol/1 000 000 μmol) * (Peso molecular del GEI en g/1 mol) * (1 Mg/1 000 000 g) * (1440 min/1 día)

APÉNDICE C

Ejemplo

El área de mi proyecto se encuentra en una marisma y está formada por 3 estratos (76, 186 y 253 hectáreas respectivamente). Necesito saber la cantidad total de carbono azul que hay en el metro superior de suelo y la vegetación y las posibles emisiones que podrían liberarse si transformo esta zona para construir hoteles frente al mar.

En cada estrato, tomé núcleos del suelo en 3 parcelas, 3 núcleos por parcela. Cada núcleo tenía en total 1 metro de longitud. Con un esquema de muestreo extremadamente agrupado, se homogeneizaron las secciones completas de los núcleos y se tomaron submuestras para obtener un total de 5 submuestras. Enviaré las muestras a un laboratorio externo para hacer un análisis de elementos y determinar el contenido de carbono inorgánico mediante la técnica de la acidificación.

PARA EL ESTRATO 1, PARCELA 1, NÚCLEO 1, MUESTRA A

Densidad de la materia seca

- Volumen de la muestra = 125 cm^3
- Masa seca de la muestra = 100 g
- $100 \text{ g} / 125 \text{ cm}^3 = \mathbf{0.8 \text{ g/cm}^3}$

Contenido de carbono orgánico (a partir de una submuestra de la muestra A)

- Masa seca de la submuestra = 150 mg
- Resultados del analizador de elementos = 25 % C_{org}
- Contenido de carbono orgánico
 - $150 \text{ mg} * 0.25 = \mathbf{37.5 \text{ mg}}$

Contenido de carbono inorgánico (a partir de una submuestra de la muestra A y la técnica del ácido)

- Masa seca de la submuestra = 150 mg
- Masa seca de la submuestra después del tratamiento con ácido = 116 mg
- Masa de carbonato (el carbono inorgánico está presente en la forma de carbonatos tales como carbonato de calcio, CaCO_3)
 - $150 \text{ mg} - 116 \text{ mg} = 34 \text{ mg}$
- Masa del componente formado por carbono inorgánico del carbonato (el carbono forma hasta 12 % del peso molecular del carbonato de calcio (CaCO_3))
 - $34 \text{ mg} * 0.12 = 4.08 \text{ mg}$
- Porcentaje de carbono inorgánico
 - $(4.08 \text{ mg} / 150 \text{ mg}) * 100 = \mathbf{2.72 \%}$



Contenido de carbono orgánico, corrección del componente formado por carbono inorgánico

- Contenido de carbono orgánico determinado con un analizador de elementos = 37.5 mg
- Porcentaje de carbono que se originó del carbonato = 2.72 %
- Cantidad de contenido de carbono estimado por el analizador de elementos que era carbono del carbonato
 - $37.5 \text{ mg} * 0.0272 = 1.02 \text{ mg}$
- Contenido real de carbono orgánico
 - $37.5 \text{ mg} - 1.02 \text{ mg} = 36.48 \text{ mg}$
 - $(36.48 \text{ mg} / 150 \text{ mg}) * 100 = \mathbf{24.32 \%}$

Densidad del carbono del suelo

- Densidad aparente = 0.8 g/cm^3
- Contenido de carbono orgánico = 24.32 %
- $0.8 \text{ g/cm}^3 * (0.2432) = \mathbf{0.195 \text{ g/cm}^3}$

Contenido de carbono por muestra

- Densidad de carbono del suelo = 0.195 g/cm^3
- Grosor de la muestra = 5 cm
- $0.195 \text{ g/cm}^3 * 5 \text{ cm} = \mathbf{0.975 \text{ g/cm}^2}$

REPETIR PARA TODAS LAS SUBMUESTRAS DEL NÚCLEO 1

Cantidad estimada de carbono por núcleo

- Muestra A = 0.975 g/cm^2 . Muestra B = 0.865 g/cm^2 . Muestra C = 0.659 g/cm^2 .
Muestra D = 0.510 g/cm^2 . Muestra E = 0.452 g/cm^2
- Longitud total del núcleo = 100 cm
- $(0.975 \text{ g/cm}^2 + 0.865 \text{ g/cm}^2 + 0.659 \text{ g/cm}^2 + 0.510 \text{ g/cm}^2 + 0.453 \text{ g/cm}^2) / 5 = 0.692 \text{ g/cm}^2$
- $0.692 \text{ g/cm}^2 * 100 \text{ cm} = \mathbf{69.2 \text{ g/cm}^2}$

Convertir la densidad de carbono del suelo a MgC/ha

- Contenido de carbono total en el núcleo = 69.2 g/cm^2
- 1 Mg = 1 000 000 g
- 1 hectárea = 100 000 000 cm^2
 - $69.2 \text{ g/cm}^2 * (\text{Mg}/1\,000\,000 \text{ g}) * (100\,000\,000 \text{ cm}^2/\text{ha}) = \mathbf{6920 \text{ Mg/ha}}$ (para el metro superior de suelo)

REPETIR PARA TODOS LOS NÚCLEOS

Promedio de existencia de carbono por estrato

- Núcleo 1 = 6920 Mg/ha
- Núcleo 2 = 5018 Mg/ha
- Núcleo 3 = 6111 Mg/ha
- $(6920 \text{ Mg/ha} + 5018 \text{ Mg/ha} + 6111 \text{ Mg/ha})/3 = \mathbf{6016 \text{ Mg/ha}}$

Desviación estándar en las mediciones de las existencias de carbono

- Promedio del contenido de carbono por núcleo = 6016 Mg/ha
- Cantidad de núcleos obtenidos por estrato = 3
- $\{[(6920 \text{ Mg/ha} - 6016 \text{ Mg/ha})^2 + (5018 \text{ Mg/ha} - 6016 \text{ Mg/ha})^2 + (6111 \text{ Mg/ha} - 6016 \text{ Mg/ha})^2] / (3-1)\}^{1/2} = \mathbf{954 \text{ Mg/ha}}$

REPETIR PARA TODOS LOS ESTRATOS

Carbono orgánico total en el área del proyecto

- Estrato 1 = 6016 Mg/ha; área = 76 ha
- Estrato 2 = 5342 Mg/ha; área = 186 ha
- Estrato 3 = 5826 Mg/ha; área = 253 ha
- $(6016 \text{ Mg/ha} * 76 \text{ ha}) + (5342 \text{ Mg/ha} * 186 \text{ ha}) + (5826 \text{ Mg/ha} * 253 \text{ ha}) = \mathbf{2\ 924\ 806 \text{ MgC}}$

Desviación estándar en las mediciones de las existencias de carbono

- Estrato 1 = $6016 \pm 954 \text{ Mg/ha C}$
- Estrato 2 = $5342 \pm 1265 \text{ Mg/ha C}$
- Estrato 3 = $5826 \pm 1227 \text{ Mg/ha C}$
- $(954^2 + 1265^2 + 1227^2)^{1/2} = \mathbf{2004}$

EL SUMIDERO DE CARBONO DEL SUELO PARA EL ÁREA DE MI PROYECTO ES:

$2\ 924\ 806 \pm 2004 \text{ MgC}$



La vegetación en los tres estratos está compuesta por pastos, raíces y rizomas, y hojarasca. Invertí todos mis fondos en enviar muestras del suelo al laboratorio para su análisis en un analizador de elementos. Por ende, el contenido de carbono se basará en factores de conversión de carbono obtenidos de la literatura. Los números más exactos que encontré se basan en un estudio realizado aproximadamente 600 km al sur con especies similares.

Se establecieron tres parcelas de 20 m x 20 m por estrato y cada parcela contaba con seis microparcels de 30 cm x 30 cm.

PARA EL ESTRATO 1, PARCELA 1, MICROPARCELA 1

Componente de pasto:

Desarrolle una ecuación alométrica

- Se recolectaron 110 tallos de pasto
- Se midió la altura de cada tallo (porción viva) y se determinó la biomasa después de calentar.

IDENTIFICACIÓN DEL TALLO	ALTURA (cm)	BIOMASA (g)
1	15	0.36
2	23	0.51
3	46	1.17
... n		

- Los resultados se graficaron con la altura en el eje x y la biomasa en el eje y
- Se hizo un análisis de regresión para determinar la relación entre la altura y la biomasa con el programa Microsoft Excel
 - $Y = -0.006(\text{altura}) + 0.0002(\text{altura})^2$
 - $R^2 = 0.91$
 - $Y = \text{Biomasa}$
- Ahora puede determinarse la biomasa de todos los demás tallos de las otras microparcels solo en función de la altura

Contenido de carbono del pasto

- Sume la biomasa de cada tallo (según lo determinado por la ecuación alométrica)
 - $\text{Biomasa del tallo 1 (g)} + \text{Biomasa del tallo 2 (g)} + \text{Biomasa del tallo 3 (g)} + \dots + \text{Biomasa del tallo n (g)} = \text{Biomasa del pasto en la microparcela}$
 - $0.36 \text{ g} + 0.51 \text{ g} + 1.17 \text{ g} + \dots + n = 74.8 \text{ g}$
- $\text{Carbono del componente de pasto (g/cm}^2\text{)} = [\text{Biomasa total estimada} * \text{Factor de conversión de carbono (0.45)}] / \text{Área de la microparcela (cm}^2\text{)}$
 - $(74.8 \text{ g} * 0.45) / (30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) = 0.0374 \text{ g/cm}^2$

Componente de raíces y rizomas:

- El material vegetal se recolectó de un núcleo del suelo de 1 metro. Se lavó sobre un tamiz de 1 mm, se pesó y se determinó que pesaba 27.8 g. Luego se secó hasta alcanzar el peso constante, se pesó nuevamente y se determinó que pesaba 14.3 g
- $\text{Biomasa (g)} = \text{Masa seca (g)} / \text{Masa húmeda (g)}$
 - $14.3 \text{ g} / 27.8 \text{ g} = 0.51 \text{ g}$

- Biomasa de raíces y rizomas por núcleo (g/cm^2) = Biomasa (g) / Área muestreada (en función del diámetro del núcleo)
 - Biomasa = 0.51
 - Diámetro del núcleo = 10 cm
 - Área = πr^2
 - $3.14 * 5^2 = 78.5 \text{ cm}^2$
 - $0.51 \text{ g} / 78.5 \text{ cm}^2 = 0.006 \text{ g/cm}^2$

Contenido de carbono en el componente de raíces y rizomas

- Carbono en el componente de raíces y rizomas (g/cm^2) = Biomasa por núcleo (g/cm^2) * Factor de conversión de carbono (0.34)
 - $0.006 \text{ g/cm}^2 * 0.34 = 0.002 \text{ g/cm}^2$

Componente de la hojarasca:

- Biomasa de la hojarasca (g) = (Masa seca de la submuestra en g / Masa húmeda de la submuestra en g) * Masa húmeda de toda la hojarasca en la microparcela
 - Peso húmedo de la submuestra = 13 g
 - Peso seco de la submuestra = 9.8 g
 - Peso húmedo de toda la hojarasca en la microparcela = 40.3 g
 - $(9.8 \text{ g} / 13 \text{ g}) * 40.3 \text{ g} = 30.4 \text{ g}$

Contenido de carbono en la hojarasca

- Carbono en la hojarasca (g/cm^2) = [Biomasa de la hojarasca * Factor de conversión de carbono (0.45)] / Área de la microparcela (cm^2)
 - $(30.4 \text{ g} * 0.45) / (30 \text{ cm} * 30 \text{ cm}) = 0.015 \text{ g/cm}^2$

Total de carbono vegetal

- Carbono total = Carbono del componente de pasto (g/cm^2) + Carbono del componente de raíces y rizomas (g/cm^2) + Carbono del componente de la hojarasca (g/cm^2)
 - $0.0374 \text{ g/cm}^2 + 0.002 \text{ g/cm}^2 + 0.015 \text{ g/cm}^2 = 0.054 \text{ g/cm}^2$

REPETIR PARA TODAS LAS MICROPARCELAS

Promedio de carbono por parcela (6 microparcelas por parcela)

- Microparcela 1 = 0.054 g/cm^2
- Microparcela 2 = 0.124 g/cm^2
- Microparcela 3 = 0.982 g/cm^2
- Microparcela 4 = 1.222 g/cm^2
- Microparcela 5 = 1.450 g/cm^2
- Microparcela 6 = 0.073 g/cm^2
- $(0.054 \text{ g/cm}^2 + 0.124 \text{ g/cm}^2 + 0.982 \text{ g/cm}^2 + 1.222 \text{ g/cm}^2 + 1.450 \text{ g/cm}^2 + 0.073 \text{ g/cm}^2) / 6 = 0.651 \text{ g/cm}^2$

Convierta el contenido de carbono vegetal a Mg/ha

- Total de carbono vegetal = 0.651 g/cm^2
- $1 \text{ Mg} = 1\,000\,000 \text{ g}$
- $1 \text{ hectárea} = 100\,000\,000 \text{ cm}^2$
- $0.651 \text{ g/cm}^2 * (\text{Mg}/1\,000\,000 \text{ g}) * (100\,000\,000 \text{ cm}^2/\text{ha}) = \mathbf{65.1 \text{ Mg/ha}}$



REPETIR PARA TODAS LAS PARCELAS

Promedio de carbono vegetal por estrato

- Parcela 1 = 65.1 Mg/ha
- Parcela 2 = 76.9 Mg/ha
- Parcela 3 = 79.3 Mg/ha
- $(65.1 \text{ Mg/ha} + 76.9 \text{ Mg/ha} + 79.3 \text{ Mg/ha}) / 3 = 73.7 \text{ Mg/ha}$

Desviación estándar entre parcelas del estrato 1

- Promedio de carbono vegetal por parcela = 73.7 Mg/ha
- Número de parcelas por estrato = 3
- $\{[(65.1 \text{ Mg/ha} - 73.7 \text{ Mg/ha})^2 + (76.9 \text{ Mg/ha} - 73.7 \text{ Mg/ha})^2 + (79.3 \text{ Mg/ha} - 73.7 \text{ Mg/ha})^2] / (3-1)\}^{1/2} = 7.6 \text{ Mg/ha}$

REPETIR PARA TODOS LOS ESTRATOS

Carbono orgánico total en el área del proyecto

- Estrato 1 = 73.7 Mg/ha; área = 76 ha
- Estrato 2 = 85.9 Mg/ha; área = 186 ha
- Estrato 3 = 103.6 Mg/ha; área = 253 ha
- $(73.7 \text{ Mg/ha} * 76 \text{ ha}) + (85.9 \text{ Mg/ha} * 186 \text{ ha}) + (103.6 \text{ Mg/ha} * 253 \text{ ha}) = 47 \text{ 789 Mg C}$

Desviación estándar en las mediciones de existencias de carbono

- Estrato 1 = $73.7 \pm 7.6 \text{ Mg/ha C}$
- Estrato 2 = $85.9 \pm 10.4 \text{ Mg/ha C}$
- Estrato 3 = $103.6 \pm 18.3 \text{ Mg/ha C}$
- $(7.6^2 + 10.4^2 + 18.3^2)^{1/2} = 22.4$

EL SUMIDERO DE CARBONO VEGETAL PARA EL ÁREA DE MI PROYECTO ES:

$47 \text{ 789} \pm 22.4 \text{ MgC}$

Carbono total en el ecosistema

- Carbono total = Carbono del suelo + Carbono vegetal
 - Estimación conservadora = (Carbono del suelo – Desviación estándar) + (Carbono vegetal – Desviación estándar)
 - $(2\,924\,806 \text{ MgC} - 2004 \text{ MgC}) + (47\,789 - 22.4 \text{ MgC}) = 2\,970\,569 \text{ MgC}$
 - Estimación alta = (Carbono del suelo + Desviación estándar) + (Carbono vegetal + Desviación estándar)
 - $(2\,924\,806 \text{ MgC} + 2004 \text{ MgC}) + (47\,789 + 22.4 \text{ MgC}) = 2\,974\,621 \text{ MgC}$
 - La existencia de carbono total para el área de mi proyecto es $2\,972\,595 \pm 2026 \text{ MgC}$

Posibles emisiones de CO₂

- Posibles emisiones de CO₂ = Existencia de carbono total * 3.67 (factor de conversión)
- $2\,972\,595 \text{ MgC} * 3.67 = 10\,909\,420 \pm 7435 \text{ MgCO}_2$

LA EXISTENCIA DE CARBONO TOTAL Y LAS EMISIONES DE CO₂ PARA EL ÁREA DE MI PROYECTO SON:

2 972 595 ± 2026 MgC

10 909 420 ± 7435 Mg CO₂

APÉNDICE D

% LOI en manglares, marismas y pastos marinos

% LOI EN MANGLARES

Se halló una relación positiva, aunque no particularmente sólida ($r^2=0.59$) entre la materia orgánica determinada a través del % LOI y el contenido de carbono (% C_{org}) en suelos de manglares (Kauffman *et al.* 2011), lo que demuestra que aproximadamente un 40 % de la materia orgánica (% LOI) estaba formada por carbono orgánico (% C_{org}) (Fig. D1). Es posible que existan leves diferencias en la relación en otros lugares.

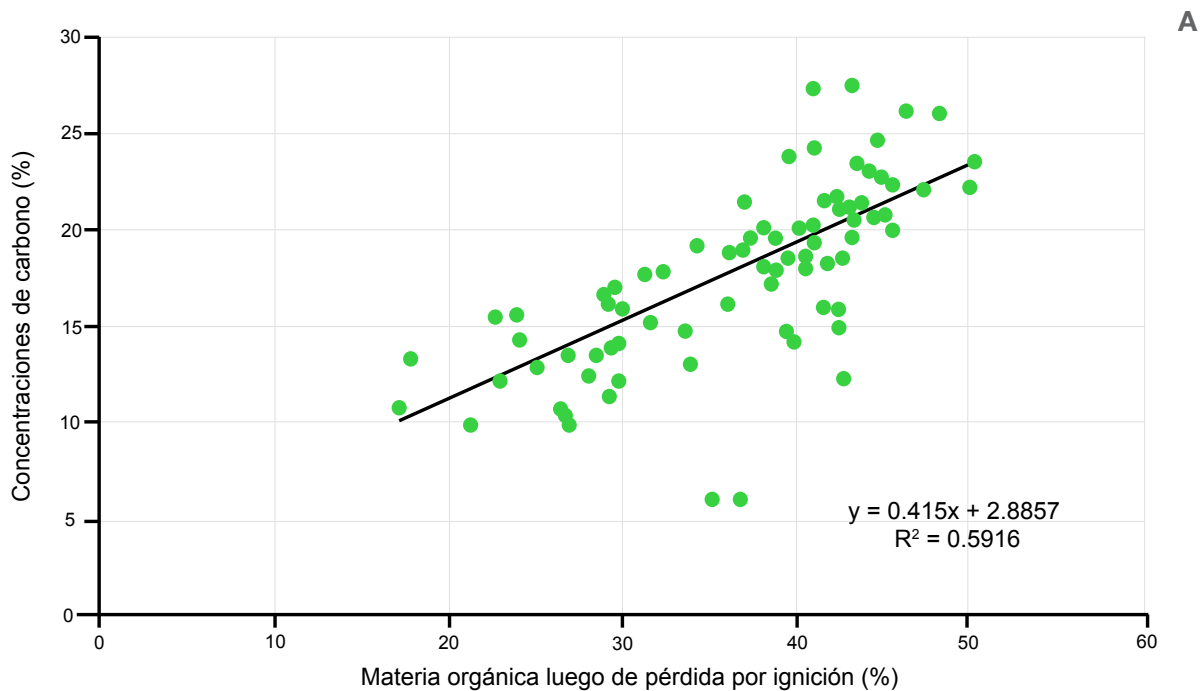


Figura D1 Relación entre materia orgánica calculada mediante pérdida por ignición y concentración de carbono (porcentaje) calculado por combustión seca con muestras de suelo de manglar provenientes de la República de Palau (Kauffman *et al.* 2011)

% LOI EN MARISMAS

En el caso de las marismas de Maine, Craft et al. (1991) determinaron que en suelos ricos tanto en minerales como en materia orgánica, tratados previamente para remover carbonatos y que contienen menos de 11 % de arcilla, el % LOI, determinado calentando las muestras durante ocho horas a 450 °C, podía predecir con éxito el contenido de carbono orgánico (% C_{org}) del suelo (Craft et al. 1991). No obstante, estudios más recientes realizados en marismas similares en Maine revelaron que existe cierta variabilidad entre % C_{org} y % LOI. La nueva evidencia muestra que aproximadamente el 46 % de la materia orgánica de los suelos de las marismas es carbono orgánico (**Fig. D2**). Debido a la variabilidad observada en distintos estudios, recomendamos, siempre que sea posible, obtener su propia curva para la región de interés.

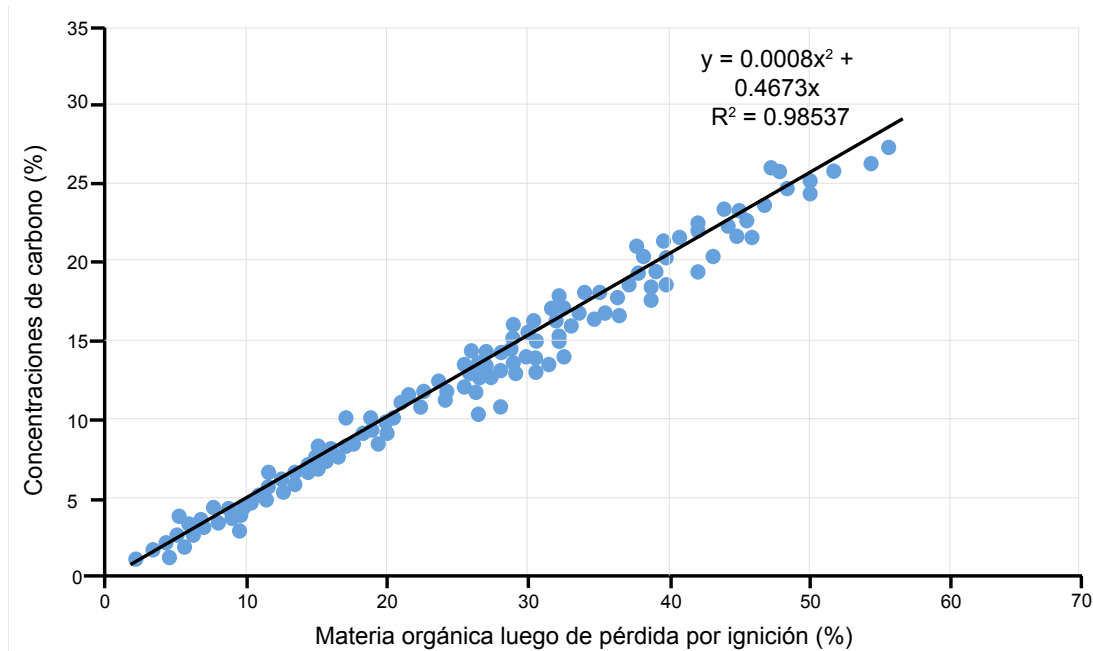


Figura D2 Relación entre materia orgánica (% LOI) y carbono orgánico (% C_{org}) en muestras de marismas provenientes de Maine (Johnson et al. en prep.)



% LOI EN PASTOS MARINOS

En el caso de los pastos marinos, Fourqurean et al. reportaron que el % LOI, determinado calentando muestras durante al menos 3 horas a 550 °C, era un buen indicador del % C_{org} del suelo (Fourqurean *et al.* 2012b). Para mejorar la capacidad predictiva de las mediciones del % LOI, se desarrollaron dos ecuaciones lineales diferentes para muestras con % LOI mayor o menor que 0.2 % (**Fig. D3**).

Para suelos de pastos marinos con % LOI < 0.20 % C_{org} = -0.21 + 0.40 (% LOI).

Para suelos de pastos marinos con % LOI > 0.20 % C_{org} = -0.33 + 0.43 (% LOI).

Observe que cada una de estas ecuaciones tienen ordenadas al origen muy distintas de cero (por ejemplo, hay algo de pérdida por ignición incluso en suelos sin contenido de C_{org}). Es probable que esta pérdida represente la pérdida de agua de fases minerales o la oxidación de compuestos no orgánicos. Para todo el rango de datos, la pendiente de la relación entre LOI y carbono orgánico fue de 0.43 y la ordenada al origen fue de -0.33 ± 0.02. Esto indica que las muestras sin contenido de carbono orgánico tendrían un valor de LOI del 0.77 % de peso seco. Además, Fourqurean et al. (2012a) observaron que el valor de LOI es un indicador menos exacto del carbono orgánico en suelos con muy bajos contenidos de carbono orgánico.

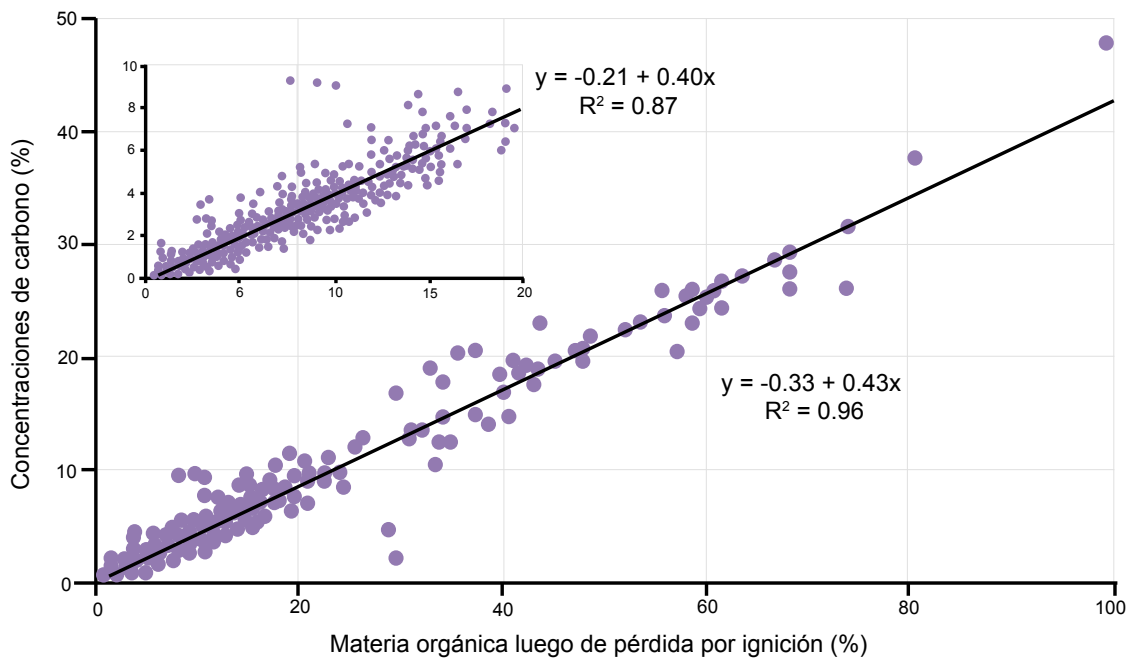


Figura D3 Relación entre materia orgánica (% LOI) y carbono orgánico (% C_{org}) en pastos marinos (Fourqurean *et al.* 2012b)

APÉNDICE E

Pasos generales para mapear manglares y marismas

A continuación presentamos una metodología simplificada para mapear la extensión, la altura y la biomasa de bosques de mangles (Simard *et al.* 2006; Simard *et al.* 2008; Fatoyinbo & Simard 2013). No obstante, el método propuesto puede verse limitado por las capacidades actuales de distinguir entre los ecosistemas de mareas y aquellos adyacentes de tierra adentro, tales como marismas de agua dulce y bosques tropicales.

PASO 1: IDENTIFICAR LA REGIÓN CON POSIBLE INFLUENCIA DEL INGRESO DE LAS MAREAS.

Se puede producir un mapa de la cobertura de la tierra con instrumentos ópticos, como los Landsat, o cualquier otro dato disponible para identificar la extensión y la geomorfología de los humedales. Primero, se deberá producir una máscara de elevación para identificar las regiones que se encuentran dentro del rango de las mareas. Basta con utilizar datos de elevación de la SRTM con un umbral de aproximadamente 40 metros (o la altura máxima esperada del dosel en los mangles) o de 2 a 5 metros en el caso de las marismas. No existen marismas por encima de este rango de mareas.

PASO 2: MAPEAR LA EXTENSIÓN DEL ECOSISTEMA

Con la ayuda de imágenes de Landsat dentro del rango potencial de las mareas (Paso 1), haga una clasificación de isodatos con cualquier software comercial o de código abierto, o simplemente dibuje a mano los contornos mediante interpretación visual.

PASO 3: MAPEAR LA ALTURA DEL DOSEL

Produzca una máscara del manglar o la marisma a partir del mapa de cobertura de la tierra y corte el mapa de elevación de la SRTM o del TanDEM-X. Por lo general, tanto la SRTM como el TanDEM-X tienen como punto de referencia el nivel del mar. Para verificar, identifique salares o áreas de suelo desnudo dentro del manglar o adyacentes al manglar o la llanura de mareas de modo que la elevación esté dentro del rango de mareas. De lo contrario, valide con datos de campo como se describe a continuación. La altura del dosel puede obtenerse a partir de datos de un radar interferométrico de apertura sintética (Interferometric Synthetic Aperture Radar, inSAR) o un lidar suponiendo que la elevación del terreno pueda obtenerse de otros conjuntos de datos o que la altura sea relativa al nivel medio del mar. En el caso de los manglares, el paso 3 ya incluye una forma de estimar la altura del dosel. En el caso de las marismas, se debería utilizar el TanDEM-X respecto del nivel medio del mar y la medición de la elevación de zonas vecinas por encima de los salares y el suelo desnudo. También pueden usarse dispositivos lidar aerotransportados para estimar con exactitud la elevación del terreno.

PASO 4: MAPEAR LA BIOMASA

Hay varias formas de estimar la biomasa mediante alometría relacionando la biomasa con: a) retrodispersión de radar; b) cobertura del dosel a partir de imágenes ópticas, o c) altura del dosel a partir de un lidar o un inSAR.

- a) La retrodispersión de radar (intensidad de la microonda reflejada) puede utilizarse para estimar la biomasa en humedales. Suponiendo que la retrodispersión aumenta con la biomasa, es posible identificar regiones de alta y baja biomasa. No obstante, la retrodispersión de radar tiende a saturarse con alta biomasa. El nivel de biomasa al cual ocurre la saturación depende de la longitud de onda. En la banda X, la saturación puede ocurrir a niveles muy bajos de biomasa de ~ 25t/ha, en la banda C, de ~ 50t/ha, y en la banda L, de ~ 100t/ha. Hay otros mecanismos relacionados con el nivel de inundación que afectan la retrodispersión. Con frecuencias de microondas, el agua actúa como un espejo y acentúa la reflexión mediante un mecanismo denominado dispersión de doble rebote. En otras palabras, el pulso de radar se refleja tanto en el agua como en el componente vertical de la vegetación. Es igual que arrojar una pelota contra la base de una pared para que rebote en el piso (agua) y luego en la pared (tronco). Este fenómeno cambia según el nivel de agua y puede complicar el análisis con series de tiempo. No obstante, para un único momento en el tiempo y cuando estén disponibles estimaciones actuales del campo de la biomasa, se puede obtener un mapa preliminar de la biomasa, aunque espacialmente explícito, con retrodispersión de radar. Recomendamos usar datos de radar obtenidos durante la bajamar para maximizar la interacción con la vegetación.

- b) La cubierta vegetal es la fracción del terreno cubierta por plantas. Se puede obtener a partir de sensores remotos ópticos debido a que la huella espectral de la vegetación y del suelo difieren.
- c) Para obtener estimaciones de biomasa a partir de la altura obtenida mediante sensores remotos, se debe conocer la alometría entre la altura y la biomasa a partir de mediciones de campo.



APÉNDICE F

Hoja de datos para el registro del estado general del ecosistema

CAMPO	Persona/Institución (e información de contacto)			
	Fecha			
	Hora e información sobre las mareas			
		Mínimo	Óptimo	Ideal
	Área	En hectáreas	Porcentaje de cobertura por área	Mapas detallados de distribución
	Estado general	Afectado/en buen estado/en estado prístino	Tipo de impacto	Nivel, ubicación y descripción de los impactos
	Sustrato	Lodoso, arenoso, calcáreo, etc.		Tamaño de grano por franja
	Condición de los nutrientes en el agua y el sedimento	Oligotrófico/eutrófico/ con eutrofización cultural	Promedio [N] Promedio [P]	Promedio [N] y promedio [P] con métodos, tiempo de medición
	Batimetría	Posición en la zona intermareal, baja → alta	Posición relativa a LAT o nivel medio del mar (un punto fijo), método (unidad)	Batimetría local, modelo de elevación digital con mapa del ecosistema sobre la batimetría
	Temperatura	Temperatura promedio del aire registrada en una estación meteorológica cercana al sitio de medición		Temperatura del agua y del aire en el sitio
Salinidad	Estuarial/marina	Medición única de salinidad en el sitio	Mediciones múltiples de salinidad en el sitio a través del tiempo	
NOTAS/COMENTARIOS				

APÉNDICE G

Hoja de datos para el registro de muestras de suelo



CAMPO	Persona/Institución (e información de contacto)	
	Fecha	
	Hora e información sobre las mareas	
	Identificación del núcleo	
	Ubicación general (área, país)	
	Posición del GPS	
	Profundidad de la columna de agua (si corresponde)	
	Material del nucleador	
	Diámetro interno del núcleo	
	Longitud total del nucleador (cm)	
	Sistema de barrena	
	Extremo del nucleador (cabeza cortante/ hipodérmico)	
	¿El núcleo se obtiene en forma vertical? (S/N)	
	Longitud total del nucleador fuera del sedimento después de insertar el núcleo (cm)	
	Longitud total del núcleo del suelo (cm)	
	Cortado en franjas de X cm (¿todo el núcleo o la mitad?)	
	Número total de muestras	
	NOTAS/COMENTARIOS	
	<p><i>Por ejemplo, ¿problemas para obtener los núcleos? ¿Se sellaron correctamente? Sitio de estudio: ¿Densidad/ cubierta vegetal? ¿Imágenes adicionales del sitio de muestreo? Presencia de conchas marinas, grava, lodo, restos de plantas, etc.</i></p>	
<p>Descripción visual del núcleo (imagen digital de alta resolución)</p>		

COMPLETAR UNA HOJA PARA CADA MUESTRA

LABORATORIO	Persona/Institución	
	Fecha	
	Identificación del núcleo	
	Identificación de la muestra	
	Profundidad de la franja (cm)	
	Grosor de la franja (cm)	
	Densidad aparente (g/cm ³)	
	¿Hay carbonato? (S/N)	
	Método utilizado para determinar el contenido de carbono inorgánico	
	Contenido de carbono inorgánico (%)	
	Contenido de carbono orgánico (con corrección de la porción inorgánica, g)	
	NOTAS/COMENTARIOS	
<p><i>Por ejemplo, ¿hubo desviaciones de los protocolos operativos estandarizados? ¿Hubo fallas en el funcionamiento de alguna máquina?</i></p>		

COMPLETAR UNA HOJA PARA CADA NÚCLEO

LABORATORIO	Persona/Institución	
	Fecha	
	Identificación del núcleo	
	Identificaciones de las muestras correspondientes	
	Carbono total en el núcleo (MgC)	

ANÁLISIS DE CARBONO FINAL

Persona/Institución	
Fecha	
Ubicación	
Número de núcleos obtenidos	
Promedio del contenido de carbono de los núcleos (MgC)	
Área total de los estratos (ha)	
Carbono total del suelo (por los X metros superiores del suelo) en los estratos (MgC/ha, en los X metros superiores del suelo)	



APÉNDICE H

Hoja de datos para el registro de la vegetación

CAMPO	Persona/Institución (e información de contacto)	
	Fecha	
	Hora e información sobre las mareas	
	Ubicación general (área, país)	
	Posición del GPS	
	Ecosistema (manglar, marisma, pastos marinos)	
	Profundidad de la columna de agua (si corresponde)	
	Vegetación	
	Única o mixta	
	Especie dominante	
	Lista ordenada de todas las especies	
	Número de árboles muestreados	
	Número de arbustos muestreados	
	Descripción de otros componentes muestreados	
	Lianas	
	Pastos	
	Neumatóforos	
	Detritos	
	Madera muerta	
	Otros	
Número total de muestras		
NOTAS/COMENTARIOS		
<p><i>Por ejemplo, ¿problemas para obtener los núcleos? ¿Se sellaron correctamente? Sitio de estudio: ¿Densidad/ cubierta vegetal? ¿Imágenes adicionales del sitio de muestreo? Presencia de conchas marinas, grava, lodo, restos de plantas, etc.</i></p>		
<p>Descripción visual del núcleo (imagen digital de alta resolución)</p>		



COMPLETAR UNA HOJA PARA CADA MUESTRA

LABORATORIO	Persona/Institución	
	Fecha	
	Identificación de la muestra	
	Tipo de muestra (madera, arbusto, hojarasca, etc.):	
	Ecuación alométrica utilizada	
	Densidad aparente (g/cm ³)	
	Parámetros de las muestras (si corresponde)	
	Altura (m)	
	Diámetro a la altura del pecho (cm)	
	Grosor (cm)	
	Volumen (cm ³)	
	Estado de descomposición	
	Biomasa (kg)	
	Contenido de carbono orgánico (g)	
NOTAS/COMENTARIOS		
<i>Por ejemplo, ¿hubo desviaciones de los protocolos operativos estandarizados? ¿Hubo fallas en el funcionamiento de alguna máquina?</i>		

COMPLETAR UNA HOJA PARA CADA PARCELA

	Persona/Institución	
	Fecha	
	Identificación de la parcela	
	Identificaciones de las muestras correspondientes	
	Carbono total en la parcela	

ANÁLISIS DE CARBONO FINAL

Persona/Institución	
Fecha	
Ubicación	
Componentes incluidos	
Promedio del carbono vegetal en la parcela (MgC)	
Área total de los estratos (ha)	
Carbono total del suelo en los estratos (MgC/ha)	



© MIGUEL FORTES, UP

Referencias

REFERENCIAS

- Adame, M.F., Wright, S.F., Grinham, A., Lobb, K., Reymond, C.E. & Lovelock, C.E. (2012). Terrestrial-marine connectivity: Patterns of terrestrial soil carbon deposition in coastal sediments determined by analysis of glomalin related soil protein. *Limnology and Oceanography*, 57, 1492.
- Alongi, D.M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental conservation*, 29, 331–349.
- Alongi, D.M. (2008). Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76, 1–13.
- An, S., Li, H., Guan, B., Zhou, C., Wang, Z., Deng, Z. *et al.* (2007). China's natural wetlands: past problems, current status, and future challenges. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 36, 335–342.
- Arp, W.J., Drake, B.G., Pockman, W.T., Curtis, P.S. & Whigham, D.F. (1993). Interactions between C₃ and C₄ salt marsh plant species during four years of exposure to elevated atmospheric CO₂. In: *CO₂ and biosphere*. Springer, pp. 133–143.
- Aschbacher, J., Pongsrihadulchai, A., Karnchanasutham, S., Rodprom, C., Paudyal, D. & Le Toan, T. (1995). Assessment of ERS-1 SAR data for rice crop mapping and monitoring. In: *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 1995. IGARSS'95. 'Quantitative Remote Sensing for Science and Applications', International*. IEEE, pp. 2183–2185.
- Aubinet, M., Vesala, T. & Papale, D. (2012). *Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis*. Springer Atmospheric Sciences.
- Baker, T. & Chao, K. (2009). Manual for coarse woody debris measurement in RAINFOR plots.
- Barbier, E.B., Hacker, S.D., Kennedy, C., Koch, E.W., Stier, A.C. & Silliman, B.R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81, 169–193.
- Barg, U., Bartley, D., Tacon, A. & Welcomme, R. (1997). Aquaculture and its environment: A case for collaboration. *Developing and sustaining world fisheries resources. The state of science and management*, 462–470.
- Barillé-Boyer, A.-L., Barillé, L., Massé, H., Razet, D. & Héral, M. (2003). Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58, 147–153.
- Barr, J.G., Engel, V., Fuentes, J.D., Zieman, J.C., O'Halloran, T.L., Smith, T.J. *et al.* (2010). Controls on mangrove forest-atmosphere carbon dioxide exchanges in western Everglades National Park. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences (2005–2012)*, 115.
- Beck, M.W., Heck, K.L., Able, K.W., Childers, D.L., Eggleston, D.B., Gillanders, B.M. *et al.* (2001). The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates A better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *Bioscience*, 51, 633–641.
- Bouillon, S., Borges, A.V., Castañeda-Moya, E., Diele, K., Dittmar, T., Duke, N.C. *et al.* (2008). Mangrove production and carbon sinks: a revision of global budget estimates. *Global Biogeochemical Cycles*, 22.
- Bouillon, S., Dahdouh-Guebas, F., Rao, A., Koedam, N. & Dehairs, F. (2003). Sources of organic carbon in mangrove sediments: variability and possible ecological implications. *Hydrobiologia*, 495, 33–39.
- Brown, J.K. & Roussopoulos, P.J. (1974). Eliminating biases in the planar intersect method for estimating volumes of small forest fuels. *Forest Science*, 20, 350–356.
- Burba, G. (2013). *Eddy Covariance Method for Scientific, Industrial, Agricultural, and Regulatory Applications: A Field Book on Measuring Ecosystem Gas Exchange and Areal Emission Rates*. LI-COR Biosciences, Lincoln, NE, USA.
- Cahoon, D.R., Lynch, J.C., Perez, B.C., Segura, B., Holland, R.D., Stelly, C. *et al.* (2002). High-precision measurements of wetland sediment elevation: II. The rod surface elevation table. *Journal of Sedimentary Research*, 72, 734–739.
- Callaway, J.C., Borde, A., Diefenderfer, H.L., Parker, V.T., Rybczyk, J.M., Thom, R.M. *et al.* (2012). *Pacific Coast tidal wetlands*. University of California Press Berkeley, CA, USA.
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M., Chambers, J., Eamus, D. *et al.* (2005). Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87–99.
- Chipman, L., Huettel, M., Berg, P., Meyer, V., Klimant, I., Glud, R. *et al.* (2012). Oxygen optodes as fast sensors for eddy correlation measurements in aquatic systems. *Limnology and Oceanography: Methods*, 10, 304–316.
- Chmura, G.L. (2013). What do we need to assess the sustainability of the tidal salt marsh carbon sink? *Ocean & Coastal Management*, 83, 25–31.
- Chmura, G.L., Anisfeld, S.C., Cahoon, D.R. & Lynch, J.C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global biogeochemical cycles*, 17, Article 11.
- Choi, Y. & Wang, Y. (2004). Dynamics of carbon sequestration in a coastal wetland using radiocarbon measurements. *Global Biogeochemical Cycles*, 18, Article GB4016.
- Choi, Y., Wang, Y., Hsieh, Y.P. & Robinson, L. (2001). Vegetation succession and carbon sequestration in a coastal wetland in northwest Florida: Evidence from carbon isotopes. *Global Biogeochemical Cycles*, 15, 311–319.
- Cintrón, G., Lugo, A.E., Pool, D.J. & Morris, G. (1978). Mangroves of arid environments in Puerto Rico and adjacent islands. *Biotropica*, 10, 110–121.
- Clough, B. & Scott, K. (1989). Allometric relationships for estimating above-ground biomass in six mangrove species. *Forest Ecology and Management*, 27, 117–127.



- Connor, R.F., Chmura, G.L. & Beecher, C.B. (2001). Carbon accumulation in Bay of Fundy salt marshes: Implications for restoration of reclaimed marshes. *Global Biogeochemical Cycles*, 15, 943–954.
- Coronado-Molina, C., Day, J., Reyes, E. & Perez, B. (2004). Standing crop and aboveground biomass partitioning of a dwarf mangrove forest in Taylor River Slough, Florida. *Wetlands Ecology and Management*, 12, 157–164.
- Craft, C. (2013). Emergent Macrophyte Biomass Production. In: *Methods in Biogeochemistry of Wetlands* (eds. DeLaune, RD, Reddy, KR, Richardson, CJ & Megonigal, JP). Soil Science Society of America, pp. 137–153.
- Craft, C., Seneca, E. & Broome, S. (1991). Loss on ignition and Kjeldahl digestion for estimating organic carbon and total nitrogen in estuarine marsh soils: calibration with dry combustion. *Estuaries*, 14, 175–179.
- Cullen-Unsworth, L. & Unsworth, R. (2013). Seagrass meadows, ecosystem services, and sustainability. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 55, 14–28.
- Cummings, D., Boone Kauffman, J., Perry, D.A. & Flint Hughes, R. (2002). Aboveground biomass and structure of rainforests in the southwestern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 163, 293–307.
- Daiber, F.C. (1982). *Animals of the tidal marsh*. Van Nostrand Reinhold Co. Inc, New York, NY, pp. 422.
- Dame, R., Dankers, N., Prins, T., Jongmsma, H. & Smaal, A. (1991). The influence of mussel beds on nutrients in the Western Wadden Sea and Eastern Scheldt estuaries. *Estuaries*, 14, 130–138.
- Danielsen, F., Sørensen, M.K., Olwig, M.F., Selvam, V., Parish, F., Burgess, N.D. *et al.* (2005). The Asian tsunami: a protective role for coastal vegetation. *Science*, 310, 643.
- Darby, F.A. & Turner, R.E. (2008a). Below-and aboveground *Spartina alterniflora* production in a Louisiana salt marsh. *Estuaries and Coasts*, 31, 223–231.
- Darby, F.A. & Turner, R.E. (2008b). Effects of eutrophication on salt marsh root and rhizome biomass accumulation. *Marine Ecology Progress Series*, 363, 63–70.
- Das, S. & Vincent, J.R. (2009). Mangroves protected villages and reduced death toll during Indian super cyclone. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 7357–7360.
- DeFries, R., Achard, F., Brown, S., Herold, M., Murdiyarso, D. & Schlamadinger, B. (2007). Earth observations for estimating greenhouse gas emissions from deforestation in developing countries. *Environmental science & policy*, 10, 385–394.
- DeLaune, R. & White, J. (2012). Will coastal wetlands continue to sequester carbon in response to an increase in global sea level?: a case study of the rapidly subsiding Mississippi river deltaic plain. *Climatic Change*, 110, 297–314.
- Di Gregorio A. (2005). Land Cover Classification System. Classification concepts and user manual. Software version 2. FAO, Environment and Natural Resources Series number 8. Rome, Italy. 190 pp & CD-ROM.
- Di Gregorio, A. & Jansen, L.J.M. (2000). Land Cover Classification System (LCCS). Classification concepts and user manual for software version 1.0. FAO Rome, p. 179.
- Donato, D., Kauffman, J., Mackenzie, R., Ainsworth, A. & Pfleeger, A. (2012). Whole-island carbon stocks in the tropical Pacific: Implications for mangrove conservation and upland restoration. *Journal of environmental management*, 97, 89–96.
- Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. & Kanninen, M. (2011). Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience*, 4, 293–297.
- Duarte, C.M. (1990). Seagrass nutrient content. *Marine ecology progress series. Oldendorf*, 6, 201–207.
- Duarte, C.M., Marbà, N., Gacia, E., Fourqurean, J.W., Beggins, J., Barrón, C. *et al.* (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.
- Duarte, C.M., Middelburg, J.J. & Caraco, N. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2, 1–8.
- Duke, N.C., Meynecke, J.-O., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U. *et al.* (2007). A world without mangroves? *Science*, 317, 41–42.
- Elsley-Quirk, T., Seliskar, D.M., Sommerfield, C.K. & Gallagher, J.L. (2011). Salt marsh carbon pool distribution in a mid-atlantic lagoon, USA: sea level rise implications. *Wetlands*, 31, 87–99.
- Esquivel, M.J., Harvey, C.A., Finegan, B., Casanoves, F. & Skarpe, C. (2008). Effects of pasture management on the natural regeneration of neotropical trees. *Journal of Applied Ecology*, 45, 371–380.
- Fang, J., Liu, G. & Xu, S. (1996). *Carbon pools in terrestrial ecosystems in China, in emissions and their relevant processes of greenhouse gases in China*. China Environment Science Press, Beijing.
- FAO (2007). The world's mangroves, 1980–2005. In: *FAO Forestry Paper* (ed. Nations, FaAOotU). Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, pp. 153.
- Fatoyinbo, T.E. & Simard, M. (2013). Height and biomass of mangroves in Africa from ICESat/GLAS and SRTM. *International Journal of Remote Sensing*, 34, 668–681.
- Fatoyinbo, T.E., Simard, M., Washington-Allen, R.A. & Shugart, H.H. (2008). Landscape-scale extent, height, biomass, and carbon estimation of Mozambique's mangrove forests with Landsat ETM+ and Shuttle Radar Topography Mission elevation data. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences (2005–2012)*, 113, Article G02S06.
- Fourqurean, J., Willisie, A., Rose, C. & Rutten, L. (2001). Spatial and temporal pattern in seagrass community composition and productivity in south Florida. *Marine Biology*, 138, 341–354.

- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A. et al. (2012a). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5, 505–509.
- Fourqurean, J.W., Kendrick, G.A., Collins, L.S., Chambers, R.M. & Vanderklift, M.A. (2012b). Carbon, nitrogen and phosphorus storage in subtropical seagrass meadows: examples from Florida Bay and Shark Bay. *Marine and Freshwater Research*, 63, 967–983.
- Gedan, K.B., Altieri, A.H. & Bertness, M.D. (2011). Uncertain future of New England salt marshes. *Marine Ecology Progress Series*, 434, 229–237.
- Gedan, K.B., Silliman, B. & Bertness, M. (2009). Centuries of human-driven change in salt marsh ecosystems. *Marine Science*, 1, 117–141.
- Gibbs, H.K., Brown, S., Niles, J.O. & Foley, J.A. (2007). Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Research Letters*, 2, 045023.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T. et al. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20, 154–159.
- Giri, C.P. (2012). *Remote sensing of land use and land cover: principles and applications*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Giroux, J.F. & Bédard, J. (1987). The effects of grazing by greater snow geese on the vegetation of tidal marshes in the St Lawrence estuary. *Journal of Applied Ecology*, 773–788.
- Giroux, J.F. & Bédard, J. (1988). Above-and below-ground macrophyte production in *Scirpus* tidal marshes of the St. Lawrence estuary, Quebec. *Canadian journal of botany*, 66, 955–962.
- GOFC-GOLD (2009). A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals caused by deforestation, gains and losses of carbon stocks in forest remaining forests, and forestation. In: *GOFC-GOLD Report Version COP15-1*. GOFC-GOLD Project Office, Natural Resources Canada Canada
- Gosselink, J. & Maltby, E. (1990). Wetland gains and losses. *Wetlands: a threatened landscape*. Blackwell Science, Oxford, UK, 269–322.
- Green, E.P., Mumby, P.J., Edwards, A.J. & Clark, C.D. (2000). *Remote sensing handbook for tropical coastal management*. Paris: UNESCO
- Green, E.P. & Short, F.T. (2003). *World atlas of seagrasses*. University of California Press Berkeley, CA, USA, UNEP-WCMC
- Gross, M. (2014). Protect the coasts so they can protect us. *Current Biology*, 24, R51–R53.
- Gross, M.F., Hardisky, M.A., Wolf, P.L. & Klemas, V. (1991). Relationship between aboveground and belowground biomass of *Spartina alterniflora* (smooth cordgrass). *Estuaries*, 14, 180–191.
- Hall, F. (2001a). Ground-based photographic monitoring. In: *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-503*. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station Portland, OR, p. 340.
- Hall, F. (2001b). Photo point monitoring handbook. In: *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-526*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station Portland, OR, p. 134.
- Harmon, M.E. & Sexton, J. (1996). *Guidelines for measurements of woody detritus in forest ecosystems*. US LTER Network Office Seattle (WA).
- Heck Jr, K.L., Carruthers, T.J., Duarte, C.M., Hughes, A.R., Kendrick, G., Orth, R.J. et al. (2008). Trophic transfers from seagrass meadows subsidize diverse marine and terrestrial consumers. *Ecosystems*, 11, 1198–1210.
- Heiri, O., Lotter, A.F. & Lemcke, G. (2001). Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of paleolimnology*, 25, 101–110.
- Held, A., Ticehurst, C., Lymburner, L. & Williams, N. (2003). High resolution mapping of tropical mangrove ecosystems using hyperspectral and radar remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, 24, 2739–2759.
- Hendriks, I., Sintes, T., Bouma, T. & Duarte, C. (2008). Experimental assessment and modeling evaluation of the effects of seagrass (*Posidonia oceanica*) on flow and particle trapping. *Mar Ecol Prog Ser*, 356, 163–173.
- Heumann, B.W. (2011). Satellite remote sensing of mangrove forests: Recent advances and future opportunities. *Progress in Physical Geography*, 35, 87–108.
- Hidayat, S. & Simpson, W.T. (1994). *Use of green moisture content and basic specific gravity to group tropical woods for kiln drying*. US Dept. of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory.
- Hirota, J. & Szyper, J.P. (1975). Separation of total particulate carbon into inorganic and organic components. *Limnol. Oceanography*, 20, 896–900.
- Hoekstra, J.M., Molnar, J.L., Revenga, C., Spalding, M.D. & Jennings, M. (2010). *The atlas of global conservation: changes, challenges and opportunities to make a difference*. University of California Press, Berkeley, CA, USA.
- Hogarth, P. (1999). *The Biology of Mangroves*. Oxford University Press, Oxford, UK, pp. 228
- Hoojoer, A., Silviu, M., Wosten, H. & Page, S. (2006). Assessment of CO₂ emissions from drained peatlands in SE Asia. A technical Report. Wetlands International Netherlands.
- IPCC (2007). Contribution of Working Group II. In: *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (eds. M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, Linden, P.Jvd & Hanson, CE). Cambridge University Press Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC (2013). Coastal Wetlands. In: *2013 Supplement to the 2006 IPCC guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (eds. Alongi, D., Karim, A, Kennedy, H, Chen, G, Chmura, G, Crooks, S et al.).
- Jaramillo, V.J., Kauffman, J.B., Rentería-Rodríguez, L., Cummings, D.L. & Ellingson, L.J. (2003). Biomass, carbon, and nitrogen pools in Mexican tropical dry forest landscapes. *Ecosystems*, 6, 609–629.



- Johnson, B., Pickoff, M., Russ, C., Dostie, P. & Duvall, M. (in prep). Assessing carbon stocks in tidal salt marshes. *Estuaries and Coasts*.
- Johnson, B.J., Moore, K.A., Lehmann, C., Bohlen, C. & Brown, T.A. (2007). Middle to late Holocene fluctuations of C₃ and C₄ vegetation in a Northern New England Salt Marsh, Sprague Marsh, Phippsburg Maine. *Organic Geochemistry*, 38, 394–403.
- Kangas, P.C. & Lugo, A.E. (1990). The distribution of mangroves and saltmarsh in Florida. *Tropical Ecology*, 31, 32–39.
- Kathiresan, K. & Bingham, B.L. (2001). Biology of mangroves and mangrove ecosystems. *Advances in marine biology*, 40, 81–251.
- Kathiresan, K. & Rajendran, N. (2005). Coastal mangrove forests mitigated tsunami. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 65, 601–606.
- Kauffman, J., Sanford, R., Cummings, D., Salcedo, I. & Sampaio, E. (1993). Biomass and nutrient dynamics associated with slash fires in neotropical dry forests. *Ecology*, 74, 140–151.
- Kauffman, J.B. & Cole, T.G. (2010). Micronesian mangrove forest structure and tree responses to a severe typhoon. *Wetlands*, 30, 1077–1084.
- Kauffman, J.B., Cummings, D. & Ward, D. (1998). Fire in the Brazilian Amazon 2. Biomass, nutrient pools and losses in cattle pastures. *Oecologia*, 113, 415–427.
- Kauffman, J.B., Cummings, D., Ward, D. & Babbitt, R. (1995). Fire in the Brazilian Amazon: 1. Biomass, nutrient pools, and losses in slashed primary forests. *Oecologia*, 104, 397–408.
- Kauffman, J.B. & Donato, D. (2011). Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forests. *Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research (CIFOR)*.
- Kauffman, J.B., Heider, C., Cole, T.G., Dwire, K.A. & Donato, D.C. (2011). Ecosystem carbon stocks of Micronesian mangrove forests. *Wetlands*, 31, 343–352.
- Kauffman, J.B., Heider, C., Norfolk, J. & Payton, F. (2014). Carbon stocks of intact mangroves and carbon emissions arising from their conversion in the Dominican Republic. *Ecological Applications*, 24, 518–527.
- Kennedy, H., Beggins, J., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Holmer, M., Marbà, N. et al. (2010). Seagrass sediments as a global carbon sink: Isotopic constraints. *Global Biogeochemical Cycles*, 24.
- Kennedy, V.S. (1984). *The estuary as a filter*. Academic Press, New York, NY, USA
- King, S.E. & Lester, J.N. (1995). The value of salt marsh as a sea defence. *Marine Pollution Bulletin*, 30, 180–189.
- Klemas, V. (2010). Remote sensing techniques for studying coastal ecosystems: An overview. *Journal of Coastal Research*, 27, 2–17.
- Klemas, V. (2013). Using remote sensing to select and monitor wetland restoration sites: An overview. *Journal of Coastal Research*, 29, 958–970.
- Komiyama, A., Ong, J.E. & Pongpam, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany*, 89, 128–137.
- Komiyama, A., Pongpam, S. & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21, 471–477.
- Kuenzer, C., Bluemel, A., Gebhardt, S., Quoc, T.V. & Dech, S. (2011). Remote sensing of mangrove ecosystems: A review. *Remote Sensing*, 3, 878–928.
- Kyoto Protocol (1998). *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change* (ed. Nations, U).
- Laffoley, D. & Grimsditch, G.D. (2009). *The management of natural coastal carbon sinks*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Lavery, P., Mateo, M., Serrano, O. & Rozaimi, M. (2013). Variability in the Carbon Storage of Seagrass Habitats and Its Implications for Global Estimates of Blue Carbon Ecosystem Service. *PLoS One*, 8, e73748.
- Leong, L. & Tanner, P. (1999). Comparison of methods for determination of organic carbon in marine sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 38, 875–879.
- Lo Iacono, C., Mateo, M.A., Gràcia, E., Guasch, L., Carbonell, R., Serrano, L. et al. (2008). Very high-resolution seismo-acoustic imaging of seagrass meadows (Mediterranean Sea): Implications for carbon sink estimates. *Geophysical Research Letters*, 35.
- Long, S.P. & Mason, C.F. (1983). *Saltmarsh ecology*. Blackie Glasgow, UK.
- Loomis, M.J. & Craft, C.B. (2010). Carbon sequestration and nutrient (nitrogen, phosphorus) accumulation in river-dominated tidal marshes, Georgia, USA. *Soil Science Society of America Journal*, 74, 1028–1036.
- Lovelock, C.E., Adame, M.F., Bennion, V., Hayes, M., O'Mara, J., Reef, R. et al. (2014). Contemporary Rates of Carbon Sequestration Through Vertical Accretion of Sediments in Mangrove Forests and Saltmarshes of South East Queensland, Australia. *Estuaries and Coasts*, 37, 763–771.
- Lovelock, C.E., Feller, I.C., McKee, K.L. & Thompson, R. (2005). Variation in mangrove forest structure and sediment characteristics in Bocas del Toro, Panama. *Caribbean Journal of Science*, 41, 456–464.
- Lovelock, C.E., Ruess, R.W. & Feller, I.C. (2011). CO₂ efflux from cleared mangrove peat. *PLoS one*, 6, e21279.
- Lucas, R., Rowlands, A., Brown, A., Keyworth, S. & Bunting, P. (2007a). Rule-based classification of multi-temporal satellite imagery for habitat and agricultural land cover mapping. *ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing*, 62, 165–185.
- Lucas, R.M., Mitchell, A.L., Rosenqvist, A., Proisy, C., Melius, A. & Ticehurst, C. (2007b). The potential of L-band SAR for quantifying mangrove characteristics and change: case studies from the tropics. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 17, 245–264.
- Massel, S., Furukawa, K. & Brinkman, R. (1999). Surface wave propagation in mangrove forests. *Fluid Dynamics Research*, 24, 219–249.

- Mazda, Y., Magi, M., Kogo, M. & Hong, P.N. (1997). Mangroves as a coastal protection from waves in the Tong King delta, Vietnam. *Mangroves and Salt marshes*, 1, 127–135.
- Mclvor, A., Möller, I., Spencer, T. & Spalding, M. (2012a). Reduction of wind and swell waves by mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report*, 1, 27.
- Mclvor, A., Spencer, T., Möller, I. & Spalding, M. (2012b). Storm surge reduction by mangroves. *Natural Coastal Protection Series: Report*, 2, 36.
- McKee, K.L., Cahoon, D.R. & Feller, I.C. (2007). Caribbean mangroves adjust to rising sea level through biotic controls on change in soil elevation. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 545–556.
- Mcleod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C.M. *et al.* (2011). A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 552–560.
- Megonigal, J.P. & Schlesinger, W. (2002). Methane-limited methanotrophy in tidal freshwater swamps. *Global Biogeochemical Cycles*, 16, 35–31–35–10.
- Middelburg, J., Nieuwenhuize, J., Lubberts, R. & Van de Plassche, O. (1997). Organic carbon isotope systematics of coastal marshes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 45, 681–687.
- Middleton, B. & McKee, K. (2001). Degradation of mangrove tissues and implications for peat formation in Belizean island forests. *Journal of Ecology*, 89, 818–828.
- MITLibraries. Reasons to Manage and Publish Your Data. (<http://libraries.mit.edu/guides/subjects/data-management/why.html>) 14th March 2014.
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological economics*, 35, 25–33.
- Mitsch, W.J. & Gosselink, J.G. (2007). *Wetlands*. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ, USA.
- Mortlock, R.A. & Froelich, P.N. (1989). A simple method for the rapid determination of biogenic opal in pelagic marine sediments. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 36, 1415–1426.
- Morton, R.A. & White, W.A. (1997). Characteristics of and corrections for core shortening in unconsolidated sediments. *Journal of Coastal Research*, 13, 761–769.
- Mougin, E., Proisy, C., Marty, G., Fromard, F., Puig, H., Betoulle, J. *et al.* (1999). Multifrequency and multipolarization radar backscattering from mangrove forests. *Geoscience and Remote Sensing, IEEE Transactions on*, 37, 94–102.
- Mumby, P.J. (2006). Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological conservation*, 128, 215–222.
- Murray, B.C., Pendleton, L. & Sifleet, S. (2011). State of the Science on Coastal Blue Carbon: A Summary for Policy Makers. In: *Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions Report NIR 11-06*, pp. 1–43.
- Murray, N.J., Phinn, S.R., Clemens, R.S., Roelfsema, C.M. & Fuller, R.A. (2012). Continental scale mapping of tidal flats across East Asia using the Landsat archive. *Remote Sensing*, 4, 3417–3426.
- Nascimento Jr, W.R., Souza-Filho, P.W.M., Proisy, C., Lucas, R.M. & Rosenqvist, A. (2013). Mapping changes in the largest continuous Amazonian mangrove belt using object-based classification of multisensor satellite imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 117, 83–93.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., Sparks, D., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R. *et al.* (1996). Total carbon, organic carbon, and organic matter. *Methods of soil analysis. Part 3-chemical methods.*, 961–1010.
- Niering, W.A. & Warren, R.S. (1980). Vegetation patterns and processes in New England salt marshes. *BioScience*, 30, 301–307.
- Nixon, S.W. (1980). *Between coastal marshes and coastal waters—a review of twenty years of speculation and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and water chemistry*. Plenum Press, New York, NY, USA pp. 437–525.
- Orth, R.J., Carruthers, T.J., Dennison, W.C., Duarte, C.M., Fourqurean, J.W., Heck, K.L. *et al.* (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *Bioscience*, 56, 987–996.
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A. *et al.* (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, 333, 988–993.
- Parrondo, R.T., Gosselink, J.G. & Hopkinson, C.S. (1978). Effects of salinity and drainage on the growth of three salt marsh grasses. *Botanical Gazette*, 139, 102–107.
- Partridge, T. & Wilson, J. (1987). Salt tolerance of salt marsh plants of Otago, New Zealand. *New Zealand journal of botany*, 25, 559–566.
- Pearson, T., Walker, S. & Brown, S. (2005). Sourcebook for land use, land-use change and forestry projects. In: *Report from BioCF and Winrock International World Bank* Washington DC.
- Pearson, T.R., Brown, S.L. & Birdsey, R.A. (2007). Measurement guidelines for the sequestration of forest carbon. USDA Forest Service, Newtown, PA, USA.
- Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S. *et al.* (2012). Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS One*, 7, e43542.
- Pennings, S.C. & Moore, D.J. (2001). Zonation of shrubs in western Atlantic salt marshes. *Oecologia*, 126, 587–594.
- Pilskaln, C. & Paduan, J. (1992). Laboratory techniques for the handling and geochemical analysis of water column particulate and surface sediment samples. *Monterey Bay Aquarium Research Institute Technical Report*, 92–99.



- Poffenbarger, H.J., Needelman, B.A. & Megonigal, J.P. (2011). Salinity influence on methane emissions from tidal marshes. *Wetlands*, 31, 831–842.
- Pu, R., Bell, S., Meyer, C., Baggett, L. & Zhao, Y. (2012). Mapping and assessing seagrass along the western coast of Florida using Landsat TM and EO-1 ALI/Hyperion imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 115, 234–245.
- Purvaja, R. & Ramesh, R. (2001). Natural and anthropogenic methane emission from coastal wetlands of South India. *Environmental Management*, 27, 547–557.
- Rahman, A.F., Dragoni, D., Didan, K., Barreto-Munoz, A. & Hutabarat, J.A. (2013). Detecting large scale conversion of mangroves to aquaculture with change point and mixed-pixel analyses of high-fidelity MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, 130, 96–107.
- Ray, R., Ganguly, D., Chowdhury, C., Dey, M., Das, S., Dutta, M. et al. (2011). Carbon sequestration and annual increase of carbon stock in a mangrove forest. *Atmospheric Environment*, 45, 5016–5024.
- Rees, G. & Rees, W. (2012). *Physical principles of remote sensing*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Robertson, A.I. & Alongi, D.M. (1992). *Tropical mangrove ecosystems*. American Geophysical Union. Washington DC, USA. pp. 329
- Robertson, A.I. & Daniel, P.A. (1989). Decomposition and the annual flux of detritus from fallen timber in tropical mangrove forests. *Limnology and Oceanography*, 34, 640–646.
- Roelfsema, C., Phinn, S., Udy, N. & Maxwell, P. (2009). An integrated field and remote sensing approach for mapping seagrass cover, Moreton Bay, Australia. *Journal of Spatial Science*, 54, 45–62.
- Ross, M.S., Ruiz, P.L., Telesnicki, G.J. & Meeder, J.F. (2001). Estimating above-ground biomass and production in mangrove communities of Biscayne National Park, Florida (USA). *Wetlands Ecology and Management*, 9, 27–37.
- Saenger, P. (2002). The Value of Mangroves. In: *Mangrove Ecology, Silviculture and Conservation*. Springer, pp. 207–228.
- Saenger, P. & Snedaker, S.C. (1993). Pantropical trends in mangrove above-ground biomass and annual litterfall. *Oecologia*, 96, 293–299.
- Saintilan, N., Rogers, K. & Howe, A. (2009). *Geomorphology and habitat dynamics*. CSIRO Publishing, Collingwood, Vic. pp. 58–60.
- Saintilan, N., Rogers, K., Mazumder, D. & Woodroffe, C. (2013). Allochthonous and autochthonous contributions to carbon accumulation and carbon store in southeastern Australian coastal wetlands. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 128, 84–92.
- Saintilan, N. & Williams, R.J. (1999). Mangrove transgression into salt marsh environments in south-east Australia. *Global Ecology and Biogeography*, 8, 117–124.
- Saunders, C.J., Megonigal, J.P. & Reynolds, J.F. (2006). Comparison of belowground biomass in C₃- and C₄-dominated mixed communities in a Chesapeake Bay brackish marsh. *Plant and Soil*, 280, 305–322.
- Schlesinger, W.H. & Lichter, J. (2001). Limited carbon storage in soil and litter of experimental forest plots under increased atmospheric CO₂. *Nature*, 411, 466–469.
- Schnitzer, S.A., DeWalt, S.J. & Chave, J. (2006). Censusing and Measuring Lianas: A Quantitative Comparison of the Common Methods. *Biotropica*, 38, 581–591.
- Serrano, O., Mateo, M., Renom, P. & Julià, R. (2012). Characterization of soils beneath a *Posidonia oceanica* meadow. *Geoderma*, 185–186, 26–36.
- Serrano, O., Lavery, P.S., Rozaimi, M. & Mateo, M.Á. (2014). Influence of water depth on the carbon sequestration capacity of seagrasses. *Global Biogeochemical Cycles*. DOI: 10.1002/2014GB004872
- Short, F.T. & Coles, R.G. (2001). *Global seagrass research methods*. Elsevier Science, Amsterdam, pp. 473.
- Sidik, F. & Lovelock, C.E. (2013). CO₂ efflux from shrimp ponds in Indonesia. *PLoS one*, 8, e66329.
- Sikamäki, J., Sanchirico, J. & Jardine, S. (2012). Global economic potential for reducing carbon dioxide emissions from mangrove loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109, 14369–14374.
- Simard, M., Hensley, S., Laval, M., Dubayah, R., Pinto, N. & Hofton, M. (2012). An empirical assessment of temporal decorrelation using the uninhabited aerial vehicle synthetic aperture radar over forested landscapes. *Remote Sensing*, 4, 975–986.
- Simard, M., Pinto, N., Fisher, J.B. & Baccini, A. (2011). Mapping forest canopy height globally with spaceborne lidar. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* (2005–2012), 116.
- Simard, M., Rivera-Monroy, V.H., Mancera-Pineda, J.E., Castañeda-Moya, E. & Twilley, R.R. (2008). A systematic method for 3D mapping of mangrove forests based on Shuttle Radar Topography Mission elevation data, ICESat/GLAS waveforms and field data: Application to Ciénaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Remote Sensing of Environment*, 112, 2131–2144.
- Simard, M., Zhang, K., Rivera-Monroy, V.H., Ross, M.S., Ruiz, P.L., Castañeda-Moya, E. et al. (2006). Mapping height and biomass of mangrove forests in Everglades National Park with SRTM elevation data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72, 299–311.
- Smith III, T.J. & Whelan, K.R. (2006). Development of allometric relations for three mangrove species in South Florida for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. *Wetlands Ecology and Management*, 14, 409–419.
- Smith, K.K., Good, R.E. & Good, N.F. (1979). Production dynamics for above and belowground components of a New Jersey *Spartina alterniflora* tidal marsh. *Estuarine and coastal marine science*, 9, 189–201.
- Smith, S. (1981). Marine macrophytes as a global carbon sink. *Science*, 211, 838–840.
- Snedaker, S.C. & Lahmann, E.J. (1988). Mangrove understory absence: a consequence of evolution. *J. Trop. Ecol*, 4, 311–314.
- Sollins, P., Glassman, C., Paul, E., Swanston, C., Lajtha, K., Heil, J. et al. (1999). Soil carbon and nitrogen: pools and fractions. In: *Standard soil methods for long-term ecological research* (ed. Robertson, G). Oxford University Press New York, NY, pp. 89–105.

- Solochin (2009). Free Inventory and Measurements in Forest Ecosystem Carbon RawaGambut: A case study in Merang Peat Swamp Forest, South Sumatra. MerangREDD Pilot Project-GTZ.
- Sousa, A.I., Lillebø, A.I., Risgaard-Petersen, N., Pardal, M.A. & Caçador, I. (2012). Denitrification: an ecosystem service provided by salt marshes. *Mar Ecol Prog Ser*, 448, 79–92.
- Souza-Filho, P.W.M., Paradella, W.R., Rodrigues, S.W., Costa, F.R., Mura, J.C. & Gonçalves, F.D. (2011). Discrimination of coastal wetland environments in the Amazon region based on multi-polarized L-band airborne Synthetic Aperture Radar imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 95, 88–98.
- Spalding, M., Blasco, F. & Field, C. (1997). World mangrove atlas. The International Society for Mangrove Ecosystems Okinawa, Japan., pp. 178
- Spalding, M., Kainuma, M. & Collins, L. (2010). *World atlas of mangroves*. Earthscan. London, UK
- Tibbetts, J. (2006). Louisiana's wetlands: A lesson in nature appreciation. *Environmental Health Perspectives*, 114, A40.
- USDA (1999). Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. (ed. Service, NRC) Washington DC
- USDA (2008). Field Instructions for the annual inventory of California, Oregon, and Washington. (ed. United States Department of Agriculture Forest Service, FlaAP).
- Valiela, I. & Teal, J.M. (1979). The nitrogen budget of a salt marsh ecosystem. *Nature*, 280, 652–656.
- Valiela, I., Teal, J.M. & Persson, N.Y. (1976). Production and dynamics of experimentally enriched salt marsh vegetation: belowground biomass. *Limnology and Oceanography*, 21, 245–252.
- Van der Nat, F.-J. & Middelburg, J.J. (2000). Methane emission from tidal freshwater marshes. *Biogeochemistry*, 49, 103–121.
- Viles, H. & Spencer, T. (1995). Coastal problems: geomorphology, ecology and society at the coast. Edward Arnold, London, UK, pp. 350.
- Waddell, K.L. (2002). Sampling coarse woody debris for multiple attributes in extensive resource inventories. *Ecological indicators*, 1, 139–153.
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S. *et al.* (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 12377–12381.
- Weliky, K., Suess, E., Ungerer, C., Muller, P. & Fischer, K. (1983). Problems with accurate carbon measurements in marine sediments and particulate matter in seawater. A new approach. *Limnology and Oceanography*, 28, 1252–1259.
- Wetzel, R.G. & Penhale, P.A. (1979). Transport of carbon and excretion of dissolved organic carbon by leaves and roots/rhizomes in seagrasses and their epiphytes. *Aquatic Botany*, 6, 149–158.
- Williams, M.J., Coles, R. & Primavera, J.H. (2007). A lesson from cyclone Larry: An untold story of the success of good coastal planning. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 364–367.
- World Agroforestry Center (2001). World Agroforestry Database. (<http://datadryad.org/resource/doi:10.5061/dryad.234/1?show=full>) 12th March 2014.
- Yu, O. & Chmura, G. (2009). Soil carbon may be maintained under grazing in a St Lawrence Estuary tidal marsh. *Environmental Conservation*, 36, 312–320.

REFERENCIAS ADICIONALES PUBLICADAS

DESPUÉS DE LA PUBLICACIÓN DE 2014 ⁽¹⁾

Adame, M.F., Hermoso, V.; Perhans, K., Lovelock, C.E., Herrera-Silveira, A. (2014). *Selecting Cost- Effective Areas for Restoration of Ecosystem Services*. Conservation Biology, 29(2):493-502.

Atwood, T.B., Connolly, R.M., Ritchie, E.G., Lovelock, C.E., Heithaus, M.R., Hays, G.C., Fourqurean, J.W., Macreadie, P.I. (2015). *Predators help protect carbon stocks in blue carbon ecosystems*. Nature Climate Change, 5:1038-1045. DOI: 10.1038/NCLIMATE2763

Atwood, T.B., Connolly, R.M., Almahasheer, H., Carnell, P.E., Duarte, C.M., Ewers Lewis, C.J., Irigoien, X., Kelleway, J.J., Lavery, P.S., Macreadie, P.I., Serrano, O., Sanders, C.J., Santos, I., Steven, A.D.L., Lovelock, C.E. (2017). *Global patterns in mangrove soil carbon stocks and losses*. Nature Climate Change, 7:523–528. DOI: 10.1038/NCLIMATE3326

Bhomia, R.K., Kauffman, J.B., McFadden, T.N. (2016). *Ecosystem carbon stocks of mangrove forests along the Pacific and Caribbean coasts of Honduras*. Wetlands Ecology and Management, 24(2):187-201. DOI 10.1007/s11273-016-9483-1

Castillo, J.A.A., Apan, A.A., Maraseni, T.N., Salmo III, S.G. (2017). *Soil C quantities of mangrove forests, their competing land uses, and their spatial distribution in the coast of Honda Bay, Philippines*. Geoderma 293:82–90.

Fortes M.D., Salmo S.G. III. (2017). *Mangroves in the Philippines: Responding to Change*. Lambert Academic Publishing. Germany. 312 p.

Fortes, M.D. (2017). *Seagrass Ecosystem Conservation in Southeast Asia Needs to Link Science to Policy and Practice*, Ocean and Coastal Management (Accepted 22 January 2017)

Hayes, M.A., Jesse, A., Hawke, B., Baldock, J., Tabet, B., Lockington, D., Lovelock, C.E. (2017). *Dynamics of sediment carbon stocks across intertidal wetland habitats of Moreton Bay, Australia*. Glob Change Biol. 23(10):4222-4234. DOI: 10.1111/gcb.13722

Johnson, B.J., Lovelock, C.E., Herr, D. (2016). *Climate regulation: Salt marshes and blue carbon*. In: C. Max Finlayson, Mark Everard, Kenneth Irvine, Robert J. McInnes, Beth A. Middleton, Anne A. van Dam, Nick C. Davidson (eds.) *The Wetland Book. I: Structure and Function, Management, and Methods*. Springer. pp. 1-12.

Kauffman J.B., Bhomia R.K. (2017). *Ecosystem carbon stocks of mangroves across broad environmental gradients in West-Central Africa: Global and regional comparisons*. PLoS ONE 12(11): e0187749. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187749>

Kauffman, J.B., Arifanti, V.B., Hernández Trejo, H., Jesús García, M. del C., Norfolk, J., Cifuentes, M., Hadriyanto, D., Murdiyarso, D. (2017). *The jumbo carbon footprint of a shrimp: Carbon losses from mangrove deforestation*. Frontiers of Ecology and the Environment, 15(4):183-188. doi:10.1002/fee.1482

Kauffman, J.B., Hernández Trejo, H., Jesus García, M. del C., Heider, C., Contreras, W.M. (2015). *Carbon stocks of mangroves and losses arising from their conversion to cattle pastures in the Pantanos de Centla, Mexico*. Wetlands Ecology and Management, 24(2):203-216. DOI 10.1007/s11273-015-9453-z

Kauffman J.B., Donato D.C., Adame, M.F. (2013). *Protocolo para la medición, monitoreo y reporte de la estructura, biomasa y reservas de carbono de los manglares*. Documento de Trabajo 117. Bogor, Indonesia: CIFOR. 37 p.

Kroeger, K.D., Crooks, S., Moseman-Valtierra, S., Tang, J. (2017). *Restoring tides to reduce methane emissions in impounded wetlands: A new and potent Blue Carbon climate change intervention*. Scientific Reports, 7: article number 11914. doi:10.1038/s41598-017-12138-4

Lovelock, C.E., Simpson, L.T., Duckett, L.J., Feller, I.C. (2015). *Carbon Budgets for Caribbean Mangrove Forests of Varying Structure and with Phosphorus Enrichment*. Forests 6:3528-3546. doi:10.3390/f6103528

Lovelock, C.E., Atwood, T., Baldock, J., Duarte, C.M., Hickey, S., Lavery, P.S., Masque, P., Macreadie, P.I., Ricart, A.M., Serrano, O., Steven, A. (2017). *Assessing the risk of carbon dioxide emissions from blue carbon ecosystems*. Front Ecol Environ, 15(5): 257–265, doi:10.1002/fee.1491

Macreadie, P.I., Ollivier, Q.R., Kelleway, J.J., Serrano, O., Carnell, P.E., Ewers Lewis, C.J., Atwood, T.B., Sanderman, J., Baldock, J., Connolly, R.M., Duarte, C.M., Lavery, P.S., Steven, A. Lovelock, C.E. (2017). *Carbon sequestration by Australian tidal marshes*. Scientific Reports, 7:44071. doi:10.1038/srep44071

McFadden, T.N., Kauffman, J.B., Bhomia, R.K. (2016). *Effects of nesting waterbirds on nutrient levels in mangroves, Gulf of Fonseca, Honduras*. Wetlands Ecology and Management, 24(2):217- 229. DOI 10.1007/s11273-016-9480-4

Reef, R., Atwood, T.B., Samper-Villarreal, J., Adame, M.F., Sampayo, E.M., Lovelock, C.E. (2017). *Using eDNA to determine the source of organic carbon in seagrass meadows*. Limnology and Oceanography, 62:1254-1265. doi: 10.1002/lno.10499

Runting, R.K., Lovelock, C.E., Beyer, H.L., Rhodes, J.R. (2016). *Costs and Opportunities for Preserving Coastal Wetlands under Sea Level Rise*. Conservation Letters, 10(1):49-57.

Salmo III S.G., Juanico, D.E. (2015). *An individual-based model of long-term forest growth and carbon sequestration in planted mangroves under salinity and inundation stresses*. International Journal of Philippine Science and Technology, 8(2): 31-35.

Samper-Villareal, J., Lovelock, C.E., Saunders, M., Roelfsema, C., Mumby, P.J. (2016). *Organic carbon in seagrass sediments is influenced by seagrass canopy complexity, turbidity, wave height, and water depth*. Limnology and Oceanography, 61(3):938-952. doi: 10.1002/lno.10262

Samper-Villareal, J., Mumby, P.J., Saunders, M.I., Barry, L.A., Zawadzki, A., Heijnis, H., Morelli, G., Lovelock, C.E. (2018). *Vertical accretion and carbon burial rates in subtropical seagrass meadows increased following anthropogenic pressure from European colonization*. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 202:40-53. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.12.006>

1 Howard, J., Hoyt, S., Isensee, K., Telszewski, M., Pidgeon, E. (eds.) (2014). Coastal Blue Carbon: Methods for assessing carbon stocks and emissions factors in mangroves, tidal salt marshes, and seagrasses. Conservation International, Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, International Union for Conservation of Nature. Arlington, Virginia, USA.

Si tiene comentarios, preguntas o correcciones, envíenos un correo electrónico a:
thebluecarboninitiative@conservation.org

Para más información, visite:

<http://thebluecarboninitiative.org/>

Puede encontrar una versión del manual para descargar de forma gratuita en:

<http://thebluecarboninitiative.org/manual/>

AGRADECIMIENTOS

Este documento fue producido gracias al generoso apoyo financiero de la Walton Family Foundation, de la Waterloo Foundation y del Instituto Coreano de Ciencia y Tecnología Oceánicas.

Agradecemos a los miembros del Grupo de Trabajo Científico para la Iniciativa Internacional de Carbono Azul por su amplio trabajo reflexivo y su gran dedicación a la elaboración y revisión de este manual. Agradecemos al emblemático Grupo Biogeoquímico sobre el Carbono Marino y Costero de la Organización de Investigación Científica e Industrial de la Mancomunidad de Naciones (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO) por el respaldo brindado a Catherine Lovelock, Daniel Alongi, Carlos Duarte, Peter Ralph y Óscar Serrano. Agradecemos al Ministerio de Océanos y Pesca de Corea, al Área de Conservación de Bates Mountain y a la Bates College por su apoyo financiero. Agradecemos a Margaret Pickoff, Cameron Russ, Katherine Duvall, Philip Dostie, Benjamin Goundie y Laura Sewall por sus aportes a la elaboración del texto. Los autores agradecen especialmente a Catherine Vacovsky por las tareas de revisión y corrección y a Miya Su Rowe de Rowe Design House por el diseño.



the
**BLUE
CARBON**
initiative

COORDINADORES



ORGANIZACIONES DE FINANCIAMIENTO

