

© MIGUEL ÁNGEL MATEO

# Por qué medir las existencias de carbono

## ANTECEDENTES Y CONTEXTO

Los ecosistemas costeros son fundamentales para mantener el bienestar humano y la biodiversidad global. En especial, los manglares, las marismas y los pastos marinos ofrecen numerosos beneficios y servicios que contribuyen a la capacidad humana de mitigar y adaptarse a los impactos del cambio climático (**Fig. 1.1**). Muchos de estos servicios son fundamentales para la adaptación y la resiliencia ante el cambio climático en zonas costeras, lo que incluye la protección contra marejadas y el aumento del nivel del mar, la prevención de la erosión a lo largo de las costas, la regulación de la calidad del agua en zonas costeras, el reciclaje de nutrientes, la retención de sedimentos, la provisión de hábitat para diversas especies marinas en peligro y de importancia comercial, y la seguridad alimentaria para muchas comunidades costeras en todo el mundo (Kennedy 1984; Robertson & Alongi 1992; King & Lester 1995; Hogarth 1999; Beck *et al.* 2001; Kathiresan & Bingham 2001; Saenger 2002; Mumby 2006; Gedan *et al.* 2009; Barbier *et al.* 2011; Sousa *et al.* 2012; Cullen-Unsworth & Unsworth 2013). Además, estos ecosistemas contribuyen a mitigar el cambio climático secuestrando y almacenando cantidades importantes de carbono, denominado carbono azul, de la atmósfera y los océanos (Duarte *et al.* 2005; Bouillon *et al.* 2008; Lo iacono *et al.* 2008; Duarte *et al.* 2010; Kennedy *et al.* 2010; Donato *et al.* 2011; Mcleod *et al.* 2011; Fourqurean *et al.* 2012a; Pendleton *et al.* 2012; Chmura 2013; Lavery *et al.* 2013).



**Figura 1.1** Ecosistemas de carbono azul: manglares (arriba a la izquierda, © Sterling Zumbunn, CI), pastos marinos (abajo a la izquierda, © Miguel Ángel Mateo) y marismas (derecha, © Sarah Hoyt, CI)

A pesar de los beneficios y servicios que ofrecen, los ecosistemas costeros de carbono azul están entre los más amenazados del planeta, y se estima que se destruyen entre 340 000 y 980 000 hectáreas de estos cada año (Murray *et al.* 2011). A pesar de que su distribución histórica es difícil de determinar a causa de la dramática desaparición que ocurrió antes de que fuera posible generar mapas precisos, se estima que se han perdido hasta un 67 % de la distribución histórica global de los manglares, el 35 % de las marismas y el 29 % de los pastos marinos. Si estas tendencias continúan al ritmo actual, durante los próximos 100 años podrían desaparecer entre el 30 % y el 40 % de las marismas y los pastos marinos, y prácticamente todos los manglares sin protección (Pendleton *et al.* 2012).

Los ecosistemas costeros se reconocen cada vez más por su importante papel en el secuestro de carbono y por su potencial de convertirse en fuentes de emisiones de carbono cuando se degradan. Se han logrado avances para incluir estos sistemas en los mecanismos de financiamiento y las políticas nacionales e internacionales, pero la integración plena de las actividades de manejo costero como parte de la cartera de soluciones de países para mitigar el cambio climático no ha tenido lugar aún. Esta oportunidad de incorporar el carbono azul a las políticas y a la gestión podría dar lugar a una mayor conservación (restauración y protección) de los ecosistemas costeros en todo el mundo, lo que preservaría y acentuaría los múltiples beneficios que estos sistemas ofrecen a la humanidad.

## LA NECESIDAD DE ESTE MANUAL

Están aumentando vertiginosamente los conocimientos científicos sobre los efectos directos e indirectos del cambio climático y el desarrollo antrópico en los ecosistemas costeros. Cada vez se presta más atención a los manglares, las marismas y los pastos marinos por su capacidad de secuestrar carbono, así como por los demás servicios importantes que ofrecen estos ecosistemas. Con la planificación y la gestión adecuadas, el carbono azul tendría la posibilidad de ser un mecanismo de financiamiento para la conservación y restauración de ecosistemas costeros. Para lograr este objetivo, los gestores deben poder evaluar las existencias de carbono (la cantidad total de carbono almacenado dentro de un área en particular) y monitorear los cambios en las existencias de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a través del tiempo. Hasta hace poco, los gestores de ecosistemas costeros y demás actores interesados en cuantificar el carbono azul no contaban con las herramientas prácticas ni con las orientaciones necesarias para realizar los análisis de carbono apropiados. Esto es particularmente cierto en países en desarrollo en los que puede haber grandes lagunas de datos y una falta de recursos técnicos y financieros para llevar a cabo análisis complejos. En los últimos años, han surgido nuevas directrices y metodologías que abordan en su totalidad la necesidad de contar con procedimientos de medición y monitoreo internacionalmente aceptados para la contabilidad del carbono (Apéndice A: Documentos guía adicionales). Esta guía brindará a gestores, científicos e investigadores de campo recomendaciones y técnicas estandarizadas para la medición y el análisis de carbono en sistemas de carbono azul, y apoyará directamente la evaluación y la contabilidad de carbono azul en el ámbito global.

## OBJETIVO DEL MANUAL

El objetivo de este manual es brindar métodos estandarizados para medir en el campo y analizar las existencias y el flujo de carbono azul en ecosistemas costeros. El manual está diseñado para brindar a los usuarios información general relevante sobre los conceptos clave y guiarlos en un proceso paso a paso, señalando aquellas etapas en las que podría requerirse de asesoramiento experto o datos técnicos adicionales. El objetivo es utilizar estas evaluaciones a fin de respaldar mayores esfuerzos para la conservación y restauración de ecosistemas costeros mediante diversos enfoques de gestión y políticas, marcos regulatorios y la participación en mercados voluntarios de carbono.

## ¿A QUIÉNES ESTÁ DIRIGIDO ESTE MANUAL?

El manual fue diseñado para ser utilizado por una amplia gama de actores, incluidos gestores de recursos naturales, científicos, grupos comunitarios y agencias gubernamentales locales y nacionales que tengan el interés de evaluar las existencias de carbono azul. Puede aplicarse a una diversidad de situaciones, en especial en contextos de países en desarrollo, y puede adaptarse a las necesidades de áreas específicas según la disponibilidad de recursos. Este manual está dirigido a personas que conozcan localmente el sistema que se está evaluando, pero que no necesariamente tengan conocimientos técnicos detallados de cómo realizar mediciones de carbono azul.

# 1

## ESTRUCTURA DEL MANUAL

El manual presenta la lógica y el diseño de un proyecto para medir carbono azul en el campo y los enfoques para el análisis y el reporte de datos. Se realizaron esfuerzos para garantizar que fuera coherente con los estándares internacionales, las directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) y otras fuentes bibliográficas relevantes.

La estructura del manual es la siguiente:

- Capítulo 1: Presenta el rol que juega el carbono azul en la mitigación del cambio climático y describe el propósito y los objetivos del manual.
- Capítulo 2: Describe los pasos principales para desarrollar un plan sólido de medición en campo.
- Capítulo 3: Proporciona protocolos y orientación para medir las existencias de carbono orgánico en los suelos de los tres ecosistemas.
- Capítulo 4: Proporciona protocolos y orientación para medir las existencias de carbono orgánico en la biomasa tanto aérea como subterránea, con protocolos específicos diseñados para cada ecosistema.
- Capítulo 5: Destaca los métodos para determinar cambios en las existencias de carbono a través del tiempo y monitorear las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Capítulo 6: Presenta un panorama de opciones de sensores remotos y sus aplicaciones.
- Capítulo 7: Da orientación sobre cómo manejar grandes conjuntos de datos y cómo compartirlos.
- Apéndices: Hay varios apéndices que contienen información complementaria presentada a través de ejemplos, listas de ecuaciones y más.

## QUÉ ES EL CARBONO AZUL

El carbono azul es el carbono acumulado en el suelo, la biomasa aérea viviente (hojas, ramas y tallos), la biomasa subterránea viviente (raíces) y la biomasa no viviente (por ejemplo, hojarasca y madera seca) de manglares, marismas y pastos marinos (McLeod *et al.* 2011). De manera similar al carbono acumulado en los ecosistemas terrestres, el carbono azul queda secuestrado en la biomasa vegetal viviente por períodos relativamente cortos (desde años hasta décadas). A diferencia de los ecosistemas terrestres, el carbono secuestrado en los suelos costeros puede ser considerable y puede quedar atrapado por períodos muy largos (desde siglos hasta miles de años), dando lugar a existencias de carbono de gran tamaño (Duarte *et al.* 2005; Lo lacono *et al.* 2008). La diferencia en la acumulación de carbono en suelos en sistemas terrestres en comparación con los sistemas costeros es que el almacenamiento potencial de carbono en suelos altos está limitado por la alta disponibilidad de oxígeno, lo que permite la oxidación aeróbica microbiana del carbono y la liberación de vuelta a la atmósfera (Schlesinger & Lichter 2001). No obstante, en los sistemas de carbono azul, el suelo está saturado con agua que lo mantiene en un estado anaeróbico (bajo nivel de oxígeno o sin oxígeno) y aumenta constantemente en forma vertical a gran velocidad, lo que da lugar a una acumulación continua de carbono a través del tiempo (Chmura *et al.* 2003). Entre los principales ejemplos de existencias de carbono en sedimentos costeros, cabe mencionar las praderas de pastos marinos de *Posidonia oceanica* en la bahía de Portlligat, España, y los manglares de Belice que han acumulado suelos ricos en carbono de más de 10 metros de profundidad y tienen más de 6000 años de antigüedad (McKee *et al.* 2007; Lo lacono *et al.* 2008; Serrano *et al.* 2014). De manera similar, los sedimentos de las marismas del norte de Nueva Inglaterra tienen un grosor de entre 3 y 5 metros, una antigüedad de 3000 a 4000 años, y están formados por hasta un 40 % de carbono orgánico (Johnson *et al.* 2007).



**Figura 1.2** Muestra de suelo de una marisma, Beaufort, NC (© Jennifer Howard, CI)

El carbono que se encuentra en los ecosistemas de carbono azul puede clasificarse como autóctono o alóctono, y en función del proyecto, es posible que deba analizarse por separado (Middelburg *et al.* 1997; Kennedy *et al.* 2010).

- **Carbono autóctono:** Este tipo de carbono se produce y se deposita en el mismo lugar. Las plantas absorben dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) de la atmósfera o el océano a través de la fotosíntesis (producción primaria) y lo transforman para ser utilizado por los tejidos de la planta (tales como hojas, tallos y raíces/rizomas) y así aumentar la biomasa vegetal. Una gran parte de la biomasa vegetal se distribuye en las raíces donde se descompone muy lentamente en condiciones anaeróbicas, almacenando así el carbono en los sedimentos (**Fig. 1.2**) (Middelburg *et al.* 1997; Kennedy *et al.* 2010).
- **Carbono alóctono:** Este tipo de carbono se produce en un lugar y se deposita en otro. Los ecosistemas de carbono azul se presentan en entornos hidrodinámicamente muy activos, a la merced constante de olas, mareas y corrientes costeras que transportan sedimentos y el carbono orgánico asociado de los ecosistemas adyacentes (lejos de la orilla o terrestres). La vegetación que se encuentra en estos sistemas cuenta con complejas estructuras radiculares y doseles eficientes para la captura de sedimentos a medida que estos se desplazan a través del sistema, lo que suma, como resultado, a la reserva local de carbono (**Fig. 1.2**).

La proporción de carbono que se origina dentro del ecosistema en comparación con el que se capta de fuentes externas varía entre los sistemas de carbono azul. En las praderas de pastos marinos, se estima que el 50 % del carbono acumulado en el suelo puede ser de origen externo (alóctono) (Kennedy *et al.* 2010), mientras que la mayor parte del carbono secuestrado en sistemas de manglares y marismas es producido directamente por las plantas dentro del sistema (autóctono) (Middleton & McKee 2001). No obstante, en algunas circunstancias existen importantes aportes de origen alóctono en manglares y marismas, derivados de ecosistemas adyacentes terrestres o marinos (Middelburg *et al.* 1997; Bouillon *et al.* 2003; Adame *et al.* 2012).

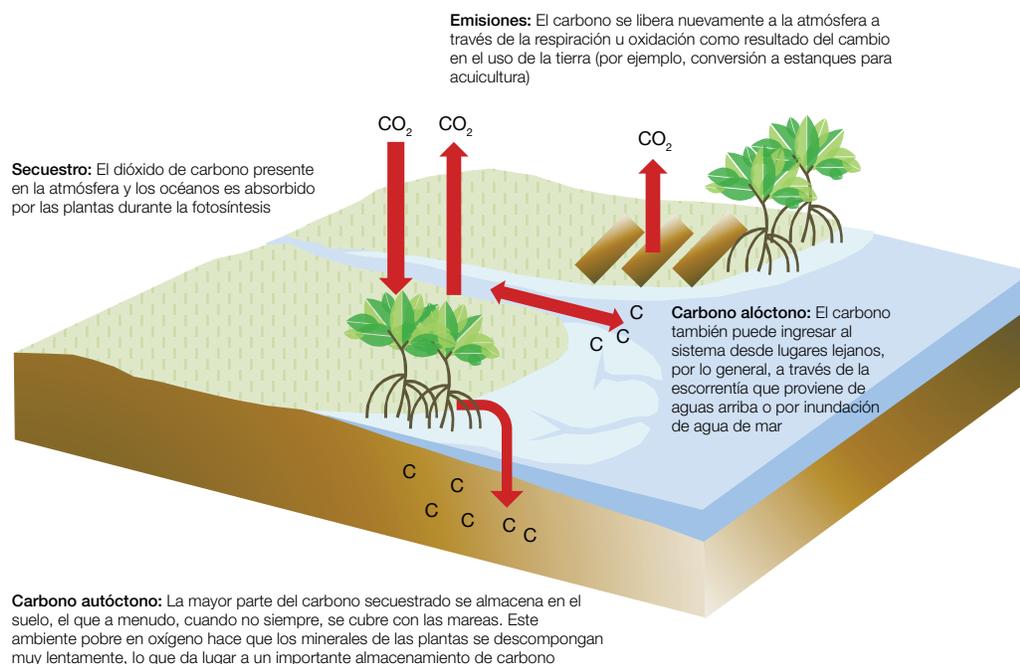
# 1

## POR QUÉ ES IMPORTANTE CONSIDERAR EL CARBONO AZUL EN LA GESTIÓN

En el ámbito global, se han desarrollado e implementado numerosas políticas, estrategias de gestión costera y herramientas diseñadas para la conservación y la restauración de ecosistemas costeros. Las políticas y mecanismos de financiamiento en desarrollo para mitigar el cambio climático podrían ofrecer una vía adicional para una gestión costera efectiva. El carbono azul ofrece ahora la posibilidad de movilizar fondos e ingresos adicionales al combinar las mejores prácticas de gestión costera con los objetivos y las necesidades de la mitigación del cambio climático.

Los manglares, las marismas y los pastos marinos se encuentran bajo mucha presión a causa del desarrollo costero y el cambio en el uso de la tierra (Alongi 2002; Gedan *et al.* 2009; Saintilan *et al.* 2009; Waycott *et al.* 2009). Cuando se elimina la vegetación y la tierra se drena o se draga con fines de desarrollo económico (por ejemplo, la remoción de bosques de manglares para la cría de camarones, el drenaje de marismas para la agricultura y el dragado en lechos de pastos marinos, todas estas actividades habituales en las zonas costeras del mundo), los sedimentos quedan expuestos a la atmósfera o a la columna de agua, lo que causa que el carbono almacenado en el sedimento se combine con el oxígeno del aire para formar  $\text{CO}_2$  y otros GEI que se liberan hacia la atmósfera y el océano (Yu & Chmura 2009; Loomis & Craft 2010; Donato *et al.* 2011; Kauffman *et al.* 2011; Lovelock *et al.* 2011; Ray *et al.* 2011; Callaway *et al.* 2012; Fourqurean *et al.* 2012a) (**Fig. 1.3**). Estas actividades no solo dan lugar a emisiones de  $\text{CO}_2$  sino que también resultan en pérdidas de biodiversidad y de los servicios fundamentales que brinda el ecosistema.

Los ecosistemas de carbono azul protegen las costas atenuando las olas y evitando la erosión (King & Lester 1995; Gedan *et al.* 2011). Estos servicios ya son reconocidos como una función vital de los manglares (Mazda *et al.* 1997; Massel *et al.* 1999; Mclvor *et al.* 2012a; Mclvor *et al.* 2012b), pero adquirieron más protagonismo después del tsunami en el océano Índico de diciembre de 2004 (Danielsen *et al.* 2005; Kathiresan & Rajendran 2005; Alongi 2008), el tifón Haiyan que azotó a las Filipinas en noviembre de 2013 (Gross 2014) y otros ciclones y huracanes que causaron destrucción recientemente (Tibbetts 2006; Williams *et al.* 2007; Das & Vincent 2009). Estos sistemas también regulan



**Figura 1.3** Mecanismos mediante los cuales el carbono se desplaza hacia humedales sometidos al flujo de mareas y desde ellos

la calidad del agua, son hábitats críticos para muchas especies de peces y moluscos, proporcionan madera y otros productos a las comunidades locales y albergan un abanico diverso de especies raras y en peligro (Valiela & Teal 1979; Beck *et al.* 2001; Duke *et al.* 2007; FAO 2007; Barbier *et al.* 2011; Cullen-Unsworth & Unsworth 2013). Son una fuente de nutrientes para los ecosistemas adyacentes, ofrecen un espacio vital protegido para especies de importancia económica y son valorados por su valor estético y para el ecoturismo (Barbier *et al.* 2011).

Si bien este manual se centra en la evaluación de las existencias de carbono como herramienta para la conservación de ecosistemas costeros con vegetación, es importante recordar que las acciones para conservar las existencias de carbono también aseguran la preservación de estos y otros servicios fundamentales del ecosistema.

## BRECHAS EN EL CONOCIMIENTO

A pesar de la riqueza de las investigaciones realizadas, aún existen brechas en el conocimiento. El trabajo constante en las áreas que se detallan a continuación contribuirá a refinar aún más las estimaciones y evaluaciones actuales.

- **Alcance geográfico:** Si bien los manglares están relativamente bien cartografiados, hay grandes áreas de praderas de pastos marinos que en su mayor parte no han sido mapeadas (por ejemplo, en el sudeste asiático, el este y el oeste de Sudamérica y la costa occidental de África). De manera similar, la superficie global de marismas y las tasas de pérdida de marismas y praderas de pastos marinos no están documentadas actualmente.
- **Secuestro y almacenamiento:** Hay escasos datos disponibles en la literatura científica sobre las tasas de secuestro y almacenamiento de carbono en los ecosistemas de carbono azul de África, Sudamérica y el sudeste asiático.
- **Emisiones y remociones:** Para la inclusión en bases de datos relevantes (por ejemplo, la base de datos de factores de emisión del IPCC), se requiere de mapeos adicionales de ecosistemas de carbono azul transformados, degradados y revegetados, así como de la cuantificación de emisiones de suelos orgánicos expuestos y de praderas de pastos marinos afectadas o degradadas, y la cuantificación de remociones en ecosistemas costeros restaurados.
- **Factores humanos:** Las tasas de emisión asociadas a actividades antrópicas específicas a través del tiempo para diversos impulsores de degradación o pérdida de ecosistemas (por ejemplo, drenaje, quemas, cosechas, o eliminación de vegetación con distintos niveles de intensidad) son limitadas en este momento, en especial para los pastos marinos. También faltan actualmente las tasas de remoción en ecosistemas costeros restaurados.
- **Erosión costera:** Se cree que una importante cantidad de carbono costero producto de la erosión se disuelve en el océano, donde ingresa en el sistema formado por el océano y la atmósfera. El resto del carbono producto de la erosión se deposita en sedimentos lejos de la orilla y es secuestrado. El destino del carbono producto de la erosión de ecosistemas de carbono azul es un tema de investigación científica en curso.

## INVENTARIOS DE CARBONO AZUL

Para abordar explícitamente el rol de los ecosistemas de carbono azul en la mitigación del cambio climático y el bienestar humano mediante políticas, reglamentos, financiamiento u otros mecanismos, deben cuantificarse tanto las existencias de carbono en estos ecosistemas como las emisiones de carbono actuales o posibles derivadas de los cambios a esos ecosistemas. Este proceso se conoce como la creación de un inventario de carbono. Los inventarios de carbono pueden realizarse en el sitio

o a escala regional, nacional y global. Entre las actividades específicas que requieren un inventario de carbono azul se incluyen cuantificar el total de emisiones de GEI que se originan a partir de cambios en el uso de la tierra y calcular las emisiones de carbono que se evitaron y el resultante potencial de un determinado proyecto o actividad de conservación costera para mitigar el cambio climático.

La creación de un inventario de carbono para un área en particular requiere comprender: 1) la distribución anterior y actual de los ecosistemas costeros con vegetación vinculados a los usos antrópicos del área; 2) la existencia de carbono actual dentro del área del proyecto y la tasa de acumulación de carbono, y 3) las posibles emisiones de carbono resultantes de los cambios posibles o anticipados en el paisaje. Las emisiones de carbono se expresan por lo general en megagramos (Mg) o toneladas métricas<sup>1</sup> de carbono (C) por hectárea (ha), para un determinado cambio en el uso de la tierra y un determinado marco de tiempo. Los resultados también se pueden presentar como toneladas de CO<sub>2</sub> por ha. Para convertir Mg C/ha a Mg CO<sub>2</sub>/ha, multiplique Mg C/ha por 3.67 (proporción molar de CO<sub>2</sub> y C). Los equivalentes (Eq) de CO<sub>2</sub> por hectárea son una unidad de medida utilizada para expresar las emisiones de GEI que no sean de CO<sub>2</sub> (por ejemplo, metano) que producen un calentamiento global equivalente al CO<sub>2</sub>.

Las directrices del IPCC indican que se requieren “datos de actividad” y “factores de emisión” para calcular las emisiones o las remociones de carbono para un área determinada. A continuación se describen estas dos clases distintas de datos:

- **Datos de actividad:** El término se refiere a los datos geográficos que muestran los tipos de cobertura y uso de la tierra en un área en particular, como un bosque prístino de manglares, marismas, tierras agrícolas, pastizales o estanques para acuicultura. Estos datos también incluyen las tasas esperadas de cambio en los usos de la tierra a través del tiempo, por ejemplo, la tasa de conversión de áreas de manglares en estanques para la cría de camarones. A menudo se utilizan sensores remotos para clasificar los tipos de uso de la tierra y para monitorear los cambios entre los distintos usos de la tierra en el tiempo. No obstante, a menudo se requieren más evaluaciones de campo y mapeos, especialmente en ambientes costeros donde obtener imágenes remotas con precisión puede ser un desafío (Capítulo 6: Sensores remotos y mapeos).
- **Factores de emisión:** Factores de emisión: Este término se refiere a los cambios (pérdida o ganancia de carbono) en el área investigada que se originaron a partir de cambios en la cobertura y el uso de la tierra (por ejemplo, pérdida de carbono por conversión del manglar para la acuicultura y de las marismas en tierras agrícolas, o ganancia de carbono mediante la revegetación o la restauración de ecosistemas costeros). Los valores positivos en los factores de emisión indican una liberación de carbono de la biomasa y del suelo a la atmósfera, y los valores negativos indican la remoción de carbono de la atmósfera y su captación por parte de la biomasa y el suelo (secuestro). La cuantificación precisa de los factores de emisión requiere de mediciones en el terreno de las existencias de carbono del ecosistema y de su cambio a través del tiempo (Capítulo 3: Muestreo en el campo de los sumideros de carbono en el suelo de ecosistemas costeros; Capítulo 4: Muestreo en el campo de los sumideros de carbono vegetal en ecosistemas costeros) o la medición directa de cuánto carbono se emite o secuestra a través del tiempo (Capítulo 5).

## NIVELES DE DETALLE EN LOS INVENTARIOS DE CARBONO

Existe una clara necesidad de alinear los métodos con los estándares internacionales como los descritos en el Suplemento de 2013 del IPCC de las Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero: Humedales (IPCC 2013) y otras fuentes relevantes. Según

<sup>1</sup> Una tonelada métrica equivale a 1 megagramo (Mg) o 1 000 000 de gramos.

el IPCC, los inventarios de carbono pueden realizarse con distintos niveles de detalle o certeza, lo que a menudo se determina según el propósito del inventario y los recursos disponibles. El IPCC ha identificado tres niveles de detalle en los inventarios de carbono que reflejan el grado de exactitud o precisión del inventario (o evaluación) de una existencia de carbono (**Tabla 1.1**).

Los métodos descritos en este manual son adecuados para alcanzar el más alto nivel de evaluación de existencias de carbono en los ecosistemas: el nivel 3. El IPCC recomienda que los países aspiren a alcanzar el nivel 3 en la medición de existencias, fuentes y sumideros de carbono de importancia. No obstante, las evaluaciones de nivel 3 son más costosas de implementar, requieren niveles más altos de recursos técnicos y capacidad, y realizarlas no es siempre posible.

**Tabla 1.1** Niveles aplicables a la evaluación de factores de emisión de carbono (GOC-GOLD 2009).

NIVEL	REQUERIMIENTOS	COMENTARIOS
1	Factores predeterminados por el IPCC	Las evaluaciones de nivel 1 son las menos precisas y exactas, y se basan en suposiciones simplificadas y en los valores predeterminados del IPCC publicados para los datos de actividad y los factores de emisiones. Las evaluaciones de nivel 1 pueden tener un gran margen de error de +/- 50 % para sumideros aéreos y de +/- 90 % para la variable de sumidero de carbono en el suelo.
2	Datos específicos del país para factores clave	Las evaluaciones de nivel 2 incluyen algunos datos específicos del sitio o del país y, por lo tanto, tienen mayor exactitud y resolución. Por ejemplo, es posible que un país conozca el promedio de las existencias de carbono para distintos tipos de ecosistema dentro del país.
3	Inventario detallado de las existencias de carbono clave, mediciones reiteradas de las existencias clave a través del tiempo o modelos	Las evaluaciones de nivel 3 requieren datos extremadamente específicos de las existencias de carbono para cada ecosistema en cuestión o área con un determinado uso de la tierra y mediciones reiteradas de las existencias de carbono clave a través del tiempo para arrojar estimaciones del cambio o del flujo de carbono hacia o desde el área. Las estimaciones del flujo de carbono pueden obtenerse mediante mediciones directas en el campo o a través de modelos.

## EXISTENCIAS GLOBALES DE CARBONO AZUL

Cuando no sea posible obtener estimaciones de los niveles 2 o 3, pueden obtenerse estimaciones de nivel 1. Las estimaciones globales promediadas que figuran en la **Tabla 1.2** pueden utilizarse para realizar una estimación de nivel 1 de las existencias de carbono en un área en particular cuando no haya datos específicos del sitio. Se basan en estimaciones de las existencias de carbono de manglares, marismas y praderas de pastos marinos promediadas en el ámbito global según la literatura actual. No obstante, estas estimaciones tienen un alto nivel de incertidumbre.

**Tabla 1.2** Valores promedio y por rango de las existencias de carbono orgánico en suelos y equivalentes de CO<sub>2</sub> (hasta 1 m de profundidad) para ecosistemas de manglares, marismas y pastos marinos. Ejemplos de cómo se distribuye el carbono entre los distintos ecosistemas y la variación dentro de cada ecosistema (IPCC 2013).

ECOSISTEMA	EXISTENCIA DE CARBONO Mg/ha	RANGO Mg/ha	MgCO <sub>2</sub> equiv/ha
Manglar	386	55 – 1376	1415
Marisma	255	16 – 623	935
Pasto marino	108	10 – 829	396

Se puede realizar una evaluación de nivel 1 de la reserva de carbono dentro del área de un proyecto multiplicando el área de un ecosistema por el promedio de la existencia de carbono de ese tipo de ecosistema.

## POR EJEMPLO

---

Preguntas para hacer:

- ¿Cuánto carbono está almacenado en la biomasa y en el metro superior del suelo en 564 hectáreas de bosques de manglares en el sitio de su proyecto?
- ¿Cómo se relaciona eso con las emisiones de CO<sub>2</sub> si todo el carbono orgánico en el primer metro del sedimento se oxida a dióxido de carbono?

Carbono total (MgC/ha) \* Área (ha) = Nivel 1 de la reserva 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

*Respuesta a la primera pregunta*

- $386 \text{ MgC/ha} * 564 \text{ ha} = 217\,704 \text{ Mg de carbono azul en el área de estudio}$

Emissiones totales posibles de CO<sub>2</sub> por hectárea (Mg CO<sub>2</sub>/ha) = Factor de conversión del CO<sub>2</sub> que se puede producir a partir del carbono presente en el sistema \* carbono en el sistema

- Factor de conversión = 3.67, la proporción de los pesos moleculares del CO<sub>2</sub> (44) y del carbono (12)
- Carbono en el sistema = El promedio de la reserva de carbono en un ecosistema en particular

*Respuesta a la segunda pregunta*

- $217\,704 \text{ Mg de carbono azul} * 3.67 = 798\,974 \text{ Mg CO}_2 \text{ en el área de estudio}$

## CONCLUSIÓN

Este manual brinda instrucciones específicas para la recolección en el campo y el análisis en laboratorio de sumideros de carbono en sistemas de manglares, marismas y pastos marinos, y algunas recomendaciones adicionales para la medición de emisiones de GEI, tales como el CO<sub>2</sub> y el metano, que podrían ser apropiadas para algunos proyectos. En función del nivel de detalle y precisión de las mediciones aplicadas, este manual debería poder dar estimaciones que satisfagan los estándares del IPCC para los niveles 2 y 3. Debe tenerse en cuenta que los aspectos técnicos de la cuantificación y remoción del carbono en ecosistemas costeros descritos en esta guía son solo uno de muchos elementos de la contabilidad completa del carbono. Otros aspectos importantes, incluyendo factores sociales, políticos y económicos (por ejemplo, la permanencia, las fugas y la gobernanza) no se abordan aquí. Encontrará definiciones e información sobre estos temas en las directrices del IPCC (IPCC 2007) y en fuentes relevantes asociadas (GOFC-GOLD 2009).