



## INTRODUCCIÓN

En la Orientación de las Buenas Prácticas, el IPCC (2007) incluye a los suelos como uno de los compartimientos terrestres de carbono que deberían ser evaluados en los inventarios de gases de efecto invernadero, para lo cual recomiendan estimar y monitorear el contenido de carbono a una profundidad de 30 cm. No obstante, algunos estudios han demostrado que existe una variación significativa y un alto contenido de carbono en el suelo en profundidades de uno, dos y tres metros (Quesada *et al.* 2009). Por ejemplo, a escala global se reportan cantidades de carbono orgánico en los suelos de 1.502 Pg C<sup>8</sup> en el primer metro, y hasta de 2.344 Pg C a profundidades de 3 m (Jobbagy & Jackson 2000).

En un estudio realizado en tres bosques de la Amazonia brasileña, se reportó que en el primer metro de profundidad se encuentran contenidos de carbono entre 105 y 127 t C ha<sup>-1</sup>, mientras que a los tres metros, solo hay entre 19 y 37 t C ha<sup>-1</sup> (Malhi *et al.* 2009). En este estudio se evidencia, además, que el contenido de carbono en el suelo podría llegar a exceder al contenido de carbono almacenado en la biomasa aérea en algunos ecosistemas forestales, además de que se reporta una enorme variabilidad en la distribución vertical del carbono de los suelos tropicales. De acuerdo con Sombroek *et al.* (1993), los suelos de los bosques tropicales pueden incluso exceder, entre dos a diez veces, el contenido de carbono encontrado en la biomasa aérea de otros ecosistemas del mundo. No obstante, la heterogeneidad de suelos en el neotrópico es muy alta debido a los múltiples factores que determinan su origen, entre los que se destacan la variedad de materiales parentales, las condiciones climáticas, las formas de la tierra y los elementos geomórficos (Quesada *et al.* 2009); todo lo anterior se refleja a su vez en altas variaciones en las concentraciones de carbono, incluso, en áreas de tamaño pequeño (Sombroek *et al.* 1993).

Teniendo en cuenta estos antecedentes y la gran importancia del suelo como reservorio de carbono, con base en la información disponible en la literatura se elaboró la siguiente propuesta para la estimación nacional y subnacional de las reservas de carbono almacenadas en los suelos de los bosques naturales y otras

---

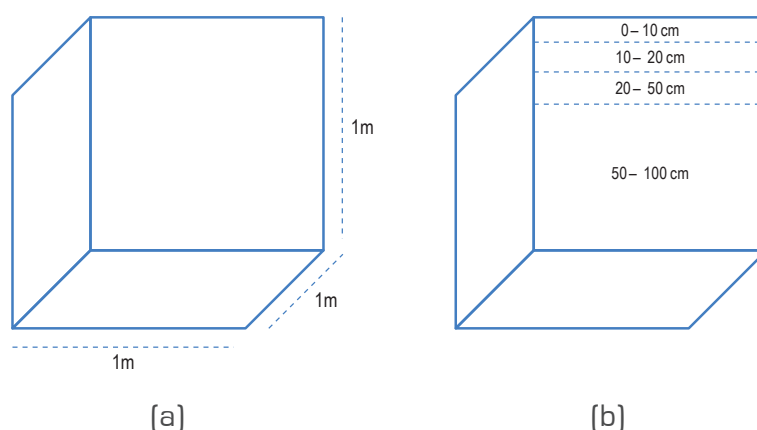
<sup>8</sup> Un Petagramo (Pg) es igual a 10<sup>15</sup> gramos (g).

coberturas [e.g., plantaciones forestales, cultivos y pastizales] de Colombia, con el fin de que cualquier interesado en medir y monitorear este compartimiento sepa cómo hacerlo.

## 1. PROPUESTA METODOLÓGICA

### 1.1 Establecimiento de calicatas

Se usará una calicata de  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$  [ $1 \text{ m}^3$ ] por unidad de paisaje y tipo de bosque presente en el área definida para el proyecto. El objetivo de esta calicata será realizar la descripción del perfil del suelo y obtener las muestras de suelo necesarias para la posterior determinación de la densidad aparente. Para ello, las muestras deberán ser tomadas a las siguientes profundidades: 0 - 10, 10 - 20, 20 - 50, 50 - 100 m (Figura 31).



**Figura 31.** a) Diseño de la calicata de muestreo del contenido de C en los suelos de los bosques de Colombia dentro del marco de proyectos REDD, y b) profundidades de muestreo del suelo.

#### 1.1.1 Muestreo en campo

- **Paso 1:** seleccionar un lugar por fuera de la parcela establecida para el muestreo de la biomasa aérea, para el establecimiento de la calicata. Este lugar debe permanecer en la misma unidad de bosque o de paisaje donde se estableció la parcela.
- **Paso 2:** establecer la calicata de dimensiones  $1 \times 1 \times 1 \text{ m}$ , es decir, que contenga un volumen de  $1 \text{ m}^3$ .
- **Paso 3:** de uno de los lados de la calicata se deberán extraer muestras de suelo con un barreno de golpe de cilindros volumétricos calibrados (Figura 32), en cada una de las profundidades propuestas (Figura 31a). En lugares poco profundos, donde sea imposible aumentar la profundidad debido a la presencia de rocas, se sugiere tomar las muestras hasta la profundidad alcanzada y registrarla como observaciones de campo (Figura 31a).

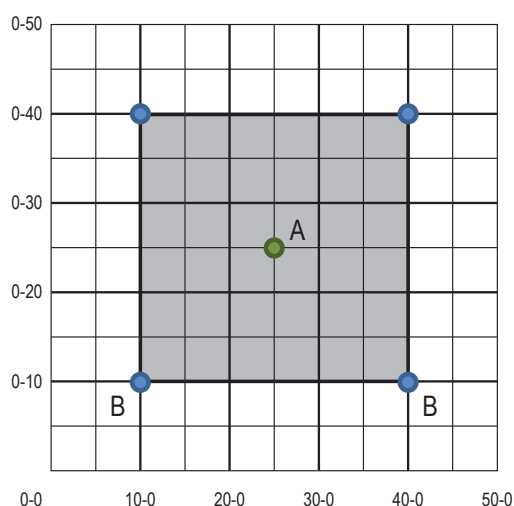
- Dado que en ocasiones las muestras obtenidas con cilindros compactan el suelo y distorsionan el volumen real ocupado por estos, se recomienda usar métodos alternativos como el de la estimación del volumen con base en fluidos. Para realizar esto, se debe primero abrir una faja vertical de suelo de unos 30 cm de profundidad a lo largo del perfil obtenido con la calicata; luego, a cada distancia a la que se debe tomar la muestra (10 cm, 20 cm, 50 cm, 100 cm), se abre con un palín un agujero, y se toma para peso en húmedo una muestra de suelo de aproximadamente 1 kg. Tercero, sobre el hoyo abierto para la toma de esta muestra se coloca un plástico sobre el cual se vierte agua hasta alcanzar el borde del hoyo (se puede usar un nivel en la parte superior para controlar y evitar la pérdida de agua). La cantidad de agua depositada, la cual debe ser medida previamente con un recipiente calibrado en cuanto a su volumen, representa el volumen ocupado por el suelo. Luego, se seca la muestra o una porción de ella para obtener el contenido de humedad. Los otros pasos se siguen exactamente igual a como con el método del cilindro.
- **Paso 4:** las muestras extraídas en cada profundidad, deben ser empacadas de manera individual en bolsas plásticas con cierre, las cuales deberán ser debidamente marcadas con el código que se le asigne al sitio o a la parcela asociada, y con la profundidad correspondiente.
- **Paso 5:** una vez tomadas las muestras deberán ser llevadas al laboratorio, en donde se les realizará el análisis para determinar el contenido de carbono. Mientras son transportadas al laboratorio, las muestras deben permanecer en un lugar fresco.



**Figura 32.** a) Barreno de golpe, y b) cilindro volumétrico calibrado. Fotos: Diego Navarrete.

## 1.2 Muestreo de suelos al interior de las parcelas establecidas para biomasa aérea

En este caso se propone un método de muestreo de suelos, modificado de la propuesta de Turner (2010). En cada una de las parcelas establecidas para la estimación de biomasa aérea (e.g., 50 x 50 m), las muestras de suelo se tomarán dentro de una sub-parcela de 30 x 30 m y hasta 1 m de profundidad. En el centro de la sub-parcela de 30 x 30 m (Punto A, Figura 33) se tomarán muestras a las siguientes profundidades 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 50 cm y 50 – 100 cm. Posteriormente, en los puntos denominados B (Figura 33), se tomarán muestras hasta 20 cm de profundidad, es decir, 0 – 10 cm y de 10 – 20 cm. En todos los casos se utilizará un barreno de golpe (Figura 32). Todas las muestras obtenidas de 0 - 10 cm y de 10 - 20 cm (incluyendo las provenientes de la calicata), se deberán mezclar para llevar así una sola muestra por cada uno de los estratos. En laboratorio se analizarían por tanto, 4 muestras a diferentes profundidades de cada una de las parcelas establecidas.



**Figura 33.** Localización de los puntos de muestreo de suelo dentro de las parcelas establecidas para el muestreo de biomasa aérea, en este caso de 50 x 50 m. Fuente: modificado de Turner (2010).

### 1.2.1 Muestreo en campo

- **Paso 1:** marcar el barreno con cinta aislante a las profundidades requeridas (e.g., 0 – 10; 10 - 20 cm, 20 – 50, 50 - 100 cm) La base de la cinta debe corresponder a la profundidad requerida.
- **Paso 2:** preparar el punto de muestreo limpiando la superficie del suelo de hojas, incluyendo aquellas en descomposición.
- **Paso 3:** asegurarse que todas las muestras sean tomadas a las profundidades exactas para calcular la densidad aparente del suelo y el contenido de carbono. Además, se deberán registrar otras observaciones como el color del suelo, presencia de obstáculos como rocas y raíces, etc.

- **Paso 4:** al extraer el barreno, asegúrese que la muestra de suelo no se caiga de la base del barreno. Para esto, se puede utilizar un machete, con el fin de cortar el suelo en la base del barreno.
- **Paso 5:** todas las muestras deberán ser depositadas en bolsas plásticas tipo ziploc para ser transportadas al laboratorio. Cada bolsa debe ser debidamente marcada con el código de la muestra y el número de parcela, así como la profundidad a la que corresponde.

Otras recomendaciones relacionadas con la extracción de muestras:

- Si hay raíces que interrumpan la extracción de las muestras intentar cortar la misma con tijeras, machete o cuchillo. Si el obstáculo persiste, comenzar de nuevo en un sitio cercano.
- En suelos rocosos, tomar las muestras a la profundidad máxima de penetración del barreno. Es decir, hasta la profundidad a la cual las rocas se vuelvan una barrera para la penetración del barreno. En estos casos realizar las anotaciones del caso.
- La mayoría de los bosques tropicales de tierras bajas no tienen un horizonte orgánico superficial pronunciado. Sin embargo, los bosques montanos suelen tener horizontes orgánicos gruesos, que deben ser incluidos en la muestra pero en bolsas separadas.
- Si hay una señal de perturbación en el sitio definido para el muestreo (e.g. nido de las termitas u otro tipo de fauna), desplazarse a un área sin perturbar lo más cerca posible de éste.

### 1.3 Determinación de la densidad aparente en laboratorio

Para la determinación de la densidad aparente de las muestras de suelo, se sugiere seguir el protocolo propuesto por Burton & Pregitzer (2008), la cual se describe a continuación:

- En el laboratorio, las muestras pueden ser secadas al aire libre o con la ayuda de un horno a baja temperatura (e.g., 30 – 35°C).
- Para cada profundidad muestreada de la calicata de un lugar, se deben retirar las rocas (> 0,10 cm) usando un tamiz.
- El peso y el volumen de las submuestras de rocas debe ser determinado, para estimar la densidad de las partículas ( $D_p$ ).
- El material orgánico que no pase por el filtro de 10 mm se debe colocar con el resto de la muestra, excepto si es una raíz con diámetro > 0,10 cm.
- A las raíces con diámetro > 0,10 cm se les debe registrar su longitud y diámetro, para poder restar su volumen del volumen total de la muestra.

- La porción restante de cada muestra se debe tamizar usando un tamiz de 2 mm. Los materiales que no pasen a través de este filtro se debe separar en rocas y material orgánico. Los terrones de suelo se debe forzar a mano o utilizando un mortero con punta de caucho.
- La fracción de la muestra  $< 2$  mm que pase por el filtro deberá ser secada a  $70^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas, pesada, y triturada para poder ser analizada (ver análisis de elementos). Por otro lado, el material orgánico que no pase por el filtro ( $> 2$  mm) deberá ser procesado y analizado de la misma manera.
- La masa de las rocas con diámetro entre 2 – 10 mm debe ser registrado.

## 2. PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN PARA LA ESTIMACIÓN DE LAS RESERVAS DE CARBONO ALMACENADAS EN LA BIOMASA DE RAÍCES

### 2.1 Cálculos de la densidad y el volumen

Las ecuaciones para calcular el volumen y la densidad de las muestras, se deberán aplicar para cada profundidad muestreada de una misma calicata (Burton & Pregitzer 2008).

El volumen de rocas ( $V_R$ ,  $\text{cm}^3$ ) se calculará utilizando la Ecuación 32.

$$V_R = M_R / D_R \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde  $M_R$  (g) es la masa de las rocas, incluyendo aquellas con diámetro  $> 0,1$  cm y entre 0,02 – 0,1 cm; y  $D_R$  ( $\text{g cm}^{-3}$ ) es la densidad de las rocas. La densidad debe ser determinada para una submuestra, utilizando el método de desplazamiento de agua.

La densidad aparente ( $D_A$ ,  $\text{g cm}^{-3}$ ) se estimará utilizando la Ecuación 33. Este valor representa la densidad promedio de todos los materiales presentes en el incremento de profundidad.

$$D_A = M_T / V_T \quad \text{Ecuación 33}$$

Donde  $M_T$  (g) es la masa seca total de todos los materiales existentes en el incremento de profundidad (i.e., todas las rocas, material orgánico, suelo  $< 0,2$  cm, y raíces gruesas y finas); y  $V_T$  ( $\text{cm}^3$ ) es el volumen total del incremento de profundidad.

El Volumen de fracciones fina ( $V_F$ ,  $\text{cm}^3$ ) se estimará empleando la Ecuación 34; este valor incluye el volumen que ocupan los materiales que pasan por el tamiz de 2 mm y el volumen de todo el material orgánico que no sean raíces gruesas.

$$V_F = V_T - V_R - V_{CR} \quad \text{Ecuación 34}$$

Donde  $V_T$  (cm<sup>3</sup>) es el volumen total del incremento de profundidad;  $V_R$  (cm<sup>3</sup>) es el volumen de la fracción de rocas; y  $V_{CR}$  (cm<sup>3</sup>) es el volumen de raíces gruesas (i.e., diámetro > 0,1 cm), determinado a partir de mediciones de su longitud (l) y diámetro (d), en donde  $V_{CR} = \pi d^2 \cdot l$ .

La densidad de fracciones finas ( $D_F$ , g cm<sup>-3</sup>) que representa la densidad promedio de materiales que pasan por el tamiz de 2 mm y de todo el material orgánico, excepto las raíces gruesas, se calculará con la Ecuación 35.

$$D_F = M_F / V_F \quad \text{Ecuación 35}$$

Donde  $M_F$  (g) es la masa seca total de los materiales que pasan por el tamiz de 2 mm y materiales orgánicos que no pasan por los tamices de 2 y 10 mm, que no sean raíces gruesas; y  $V_F$  (cm<sup>3</sup>) es el volumen de fracciones finas.

## 2.2 Análisis de carbono

Para la determinación del carbono orgánico total de una muestra de suelo se pueden aplicar varios métodos, dentro de los cuales, el método de combustión seca presenta los resultados más precisos y exactos, aunque representa mayor complejidad y costos (Dos Santos *et al.* 2008). Los métodos de combustión húmeda, tales como el método de Walkley – Black, aunque subestimen el contenido de carbono en un 20 – 30%, representan la alternativa más usada por muchos laboratorios, debido a su rapidez y simpleza. Para los proyectos REDD se recomienda contactar al Laboratorio de Suelos del IDEAM para recibir asesoría sobre el análisis de carbono.

## 2.3 Cálculos de la reservas de carbono

El cálculo de la reserva de carbono se debe realizar para cada profundidad muestreada en la calicata. El carbono total del suelo de un lugar (SC) a un metro de profundidad se obtiene de la suma de los contenidos de carbono en cada profundidad muestreada, Ecuación 36 (Burton & Pregitzer 2008).

$$SC = T_i \times (10.000 \text{ cm}^2 / \text{m}^2) \times [(C_{FS} \cdot M_{FS}) + (C_{OM} \cdot M_{OM})] / V_T \quad \text{Ecuación 36}$$

Donde  $T_i$  (cm) es el grosor del incremento de profundidad;  $C_{FS}$  (g kg<sup>-1</sup>) es la concentración de carbono de materiales que pasan el tamiz de 2 mm;  $C_{OM}$  (g kg<sup>-1</sup>) es la concentración de carbono de materiales orgánicos de diámetro > 0,02 cm, que no sean raíces gruesas con diámetro > 0,10 cm;  $M_{FS}$  (kg) es la masa de los materiales que pasan el tamiz de 2 mm;  $M_{OM}$  (kg) es la masa de los materiales orgánicos con diámetro > 0,02 cm, que no sean raíces gruesas con diámetro > 0,10 cm; y  $V_T$  (cm<sup>3</sup>) es el volumen del incremento de la profundidad.



## LITERATURA CITADA

- ACHARD, F., DEFRIES, R., EVA, H., HANSEN, M., MAYAUX, P. & STIBIG, J.H. 2007. Pan-Tropical monitoring of deforestation. *Environmental Research Letters* 2: 1-11.
- ÁLVAREZ, E., DUQUE, A.J., SALDARRIAGA, J.G., CABRERA, K., DE LAS SALAS, G., DEL VALLE, J.I., MORENO, F., ORREGO, S. & RODRÍGUEZ, L. En prep.a. Tree allometric biomass equations along a complex environmental gradient in tropical forests of Colombia: a test to pantropical models.
- ALVAREZ-D, E.A., COGOLLO, A., MELO, O., ROJAS, E., SÁNCHEZ, D., VELÁSQUEZ, O., SARRIA, E., JIMÉNEZ-R, E., BENITEZ, D., VELÁSQUEZ, C., SERNA, M., LONDOÑO-V, A.C., STEVENSON, P., DUQUE, A., GALEANO, G., PEÑUELA, M.C.; VALLEJO, M., GARCÍA, F., RAMOS, Y., PALACIOS, J. En prep.b. Biomasa de los bosques de Colombia en diferentes zonas de vida Sometido a Colombia Forestal.
- ÁLVAREZ, E. 1993. Composición florística, diversidad, estructura y biomasa de un bosque inundable de la Amazonia Colombiana. Tesis de posgrado (M.Sc., en Biología). Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Medellín, Colombia. 549 p.
- ARAGÃO, L., MALHI, Y., METCALFE, D.B., SILVA-ESPEJO, J.E., JIMÉNEZ, E., NAVARRETE, D., ALMEIDA, S., COSTA, A.C.L., SALINAS, N., PHILLIPS, O.L., ANDERSON, L.O., ALVAREZ, E., BAKER, T.R., GONCALVES, P.H., HUAMÁN-OVALLE, J., MAMANI-SOLÓRZANO, M., MEIR, P., MONTEAGUDO, A., PATIÑO, S., PEÑUELA, M.C., PRIETO, A., QUESADA, C.A., ROZAS-DÁVILA, A., RUDAS, A., SILVA JR, J.A. & VÁSQUEZ, R. 2009. Above- and below-ground net primary productivity across ten Amazonian forests on contrasting soils *Biogeosciences*, 6, 2759-2778.
- ARAÚJO, M.T., HIGUCHI, N. & CARVALHO, J-JR. 1999. Comparison of formulae for biomass content determination in a tropical rain forest site in the state of Pará, Brazil. *Forest Ecology and Management* 117: 43-52.
- ARCE, N., ORTIZ, E., VILLALOBOS, M. & CORDERO, S. 2008. Existencias de carbono en charrales y sistemas agroforestales de cacao y banano de fincas indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agroforestería en las Américas* 46: 30-33.

- AVENDAÑO, J., ARÉVALO, L.M. & OLARTE, C. 2009. Proyecto piloto nacional de adaptación al cambio climático – INAP componente “b” alta montaña cc-inap-104-09. Cuarto Informe. Bogotá, D.C. IDEAM.
- ASNER, G. P., POWELL, G.V.N., MASCARO, J., KNAPP, D.E., CLARK, J. K., JACOBSON, J., KENNEDY-BOWDOIN, T., BALAJI, A., PAEZ-ACOSTA, G., VICTORIA, E., SECADA, L., VALQUI, M. & HUGHES, R.F. 2010. High-resolution forest carbon stocks and emissions in the Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107:1673816742.
- BAKER, T.R., HONORIO, E., CORONADO, N., PHILLIPS, O.L., MARTIN, J., VAN DER HEIJDEN, G.M.F., GARCÍA, M. & SILVA ESPEJO, J. 2007. Low stocks of coarse woody debris in a southwest Amazonian forest. *Oecologia* 152: 495 – 504.
- BACKER, T.R. & CHAO, K.J. 2009. Manual para mediciones de detritus de madera gruesa en parcelas. Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR). En: [http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/pages/manuals\\_eng.html](http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/pages/manuals_eng.html).
- BAKER, J., RICHARDS, G., GRAINGER, A., BROWN, S., DEFRIES, R., GONZALEZ, P., HELD, A., KELLNDORFER, J., NDUNDA, P., OJIMA, D., SKROVSETH, P.E., SOUZA, C. & STOLLE, F. 2009. Achieving Forest Carbon Information with Higher Certainty: 2 A Five-Step Strategy. Unpublished. 22 p.
- BIOCARBON FUND. 2008. Methodology for Estimating Reductions of GHG Emissions from Mosaic Deforestation. RED-NM-001 / Version 01. 111 p.
- BROWN, S. & GASTON, G. 1995. Use of forest inventories and geographic information systems to estimate biomass density of tropical forests: application to tropical Africa. *Environmental Monitoring and Assessment* 38:157 – 168.
- BROWN, B., HALL, M., ANDRASKO, K., RUÍZ, F., MARZOLI, W., GUERRERO, G., MASERA, O., DUSHKU, A., DEJONG, B. & CORNELL, J. 2007. Baselines for land-use change in the tropics: application to avoided deforestation projects. *Mitig Adapt Strat Glob Change* 12:1001 – 1026.
- BURTON, A.J. & PREGITZER, K.S. 2008. Measuring forest floor, mineral soil, and root carbon stock. Chapter 10, *Field Measurement for Forest Carbon Monitoring. A Landscape-Scale Approach*. Coeli M. Hoover Editor. Springer, Durham, NH, USA.
- BUITRAGO, M.F., CUARTAS, L.F., MORENO, F.H. & LEMA, A. 2003. Ecuaciones de biomasa para bosques de zonas altas del Valle de San Nicolás, Colombia. En: Simposio forestal DCF 2003, 13-20 p. M.C. Díez & J.D. León (Eds). Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- CAIRNS, M.A., BROWN, S., HELMER, E.H. & BAUMGARDNER, G.A. 1997. Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecologia* 111: 1 – 11.
- CÁRDENAS, D., PHILLIPS, J.F., DUQUE, A.J. & DUIVENVOORDEN, J.F. En prep. Distribución de la biomasa aérea en la Amazonía Colombiana.
- CÁRDENAS, L., AVELLA, A., SAÉNZ, F. MELO, A. 2009. Zonificación de los bosques de roble, elaborado en el marco del proyecto "Corredor de Conservación una

estrategia para la conservación y Manejo Forestal en Colombia. informe Fundación Natura.

- CASAL, J. & MATEU, E. 2003. Tipos de muestreo. *Rev. Epidem. Med. Prev.* [2003], 1: 3-73.
- CENTER FOR TROPICAL FOREST SCIENCE - CTFS. 2010. Barro Colorado Island 50-ha plot data. Website: [www.ctfs.si.edu](http://www.ctfs.si.edu).
- CHAMBERS, J.Q., HIGUCHI, N., SCHIMEL, J.P., FERREIRA, L.V. & MELACK, J.M. 2000. Decomposition and carbon cycling of dead trees in tropical forests of the central Amazon. *Oecologia* 122: 380 – 388.
- CHAMBERS, J.Q., DOS SANTOS, J., RIBEIRO, R.J. & HIGUCHI, N. 2001. Tree damage, allometric relationships and above-ground net primary production in Central Amazon Forest. *Forest Ecology and Management* 152: 73-84.
- CHAO, K.-J., PHILLIPS, O.L., BAKER, T.R., PEACOCK, J., LÓPEZ-GONZALEZ, G., VASQUES MARTINEZ, R., MONTEAGUDO, A. & TORRES-LEZAMA, A. 2009. After trees die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeosciences* 6: 1615 – 1626.
- CHAVE, J., CONDIT, R., LAO, S., CASPERSEN, J.P., FOSTER, R.B. & Hubbell, S. 2003. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 91: 240-252.
- CHAVE J., ANDALO, C., BROWN, S., CAIRNS, A., CHAMBERS, J.Q., EAMUS, FOLSTER, H., FROMARD, F., HIGUCHI, N., KIRA, T., LESCURE, J.P., NELSON, B.W., OGAWA, H., PUIG, H., RIERA, B. & YAMAKURA, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests *Oecologia* 145: 87–9.
- CHAVE, J., H.C. MULLER-LANDAU, T.R. BAKER, T.A. EASDALE, H. ter STEEGE & C.O. WEBB. 2006. Regional and phylogenetic variation of wood density across 2456 neotropical tree species. *Ecological Applications* 16(6): 2356-2367.
- CHAVE, J., OLIVIER, J., BONGERS, F., CHÂTELET, P., FORGET, P.M., VAN DER MEER, P., NORDEN, N., RIERA, B. & CHARLES-DOMINIQUE, P. 2008. Above-ground biomass and productivity in a rain forest of eastern South America. *Journal of Tropical Ecology* 24: 355 – 366.
- CLARK, D.A., BROWN, S., KICKLIGHTER, D.W., CHAMBERS, J.Q., THOMLINSON, J.R. & NI, J. 2001a. Measuring Net Primary Production in forests: Concepts and field methods. *Ecological Applications* 11(2): 356 – 370.
- CLARK, D.A., BROWN, S., KICKLIGHTER, D.W., CHAMBERS, J.Q., THOMLINSON, J.R., NI, J. & HOLLAND, E.A. 2001b. Net primary production in tropical forest: an evaluation and synthesis of existing data. *Ecological Applications* 11: 371-384.
- CLARK, D.B., CLARK, D.D., BROWN, S., OBERBAUER, S.F. & VELDKAMP, E. 2002. Stock and flows of coarse woody debris across a tropical rain forest nutrient and topography gradient. *Forest Ecology Management* 164: 237 – 248.
- CLARK D.A. 2007. Detecting tropical forests responses to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward. *Biotropica* 39 (1): 4-19.

- COLE, T.G. & EWEL, J.J. 2006. Allometric equations for four valuable tropical tree species. *Forest Ecology and Management* 229 (2006) 351–360.
- CONDIT, R. 1998. Tropical forest census plot. Springer –Verlag, Berlin, and R.G. Landes Company, Georgetown, Texas.
- DALLMEIER, F., KABEL, M. & RICE, R. 1992. Methods for long-term biodiversity inventory plots in protected tropical forest, p.11–46. In F. Dallmeier (Ed.). Long-term monitoring of biological diversity in tropical forest areas: methods for establishment and inventory of permanent plots. MAB Digest 11. UNESCO, Paris, Francia.
- DEL VALLE, J.I. 1979. Curva preliminar del cativo (Prioria copaifera) en bosque virgen empleando el método de los tiempos de paso en bosques inundables del Chocó, Pacífico colombiano. *Revista de la Facultad Nacional de Agronomía* 32(2): 19–42.
- DIXON, R.K., BROWN, S., HOUGHTON, R.A., SOLOMON, A.M., TREXLER, M.C. & WISNIEWSKI, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263:185–190.
- DREXHAGE, M. & COLIN, F. 2001. Estimating root system biomass from breast-height diameters. *Forestry* 74(5): 491 – 497.
- DOS SANTOS, D., COSTA, B-H., GIACOMINI, S., CONCEIÇÃO, P.C. & CAMPANHOLA, E. 2008. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 32: 435–440.
- DUIVENVOORDEN, J.F. 1994. Vascular plant species counts in the rain forest of the Middle Caquetá area, Colombian Amazonia. *Biodiversity and Conservation* 3: 685–715.
- DUIVENVOORDEN, J.F. 1995. Tree species composition and rain forest-environment relationships in the middle Caquetá area, Colombia, NW Amazonia. *Vegetatio* 120: 91–113.
- DUQUE, A. & CALLEJAS, R. (Eds.). 2010. Diversidad, Dinámica y productividad de los bosques de Antioquia.
- ELIAS, M. & POTVIN, C. 2003. Assessing inter- and intra-specific variation in trunk carbon concentration for 32 neotropical tree species. *Canadian Journal of Forest Research* 33: 1039 – 1045.
- EMMER, I. 2007. Manual de contabilidad de carbono y diseño de proyectos. Proyecto Encofor. Quito, Ecuador. 22 p.
- FEARNSIDE, P.M., LASHOF, D.A. & MOURA-COSTA, P. 1999. Accounting for time in Mitigating Global Warming through land-use change and forestry. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5 (3): 239–270.
- FEARNSIDE, P.M. & LAURANCE, W.F. 2004. Tropical deforestation and greenhouse-gas emissions. *Ecological Applications*: Vol. 14, No. 4, pp. 982–986.
- GALEANO, R.E. 1995. Ecuaciones de biomasa de los árboles de los bosques del guandál. Informe Técnico. Convenio Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín, PNUD, Corponariño, Medellín.

- GIL TORRES, W.O. 1998a. Dinámica de crecimiento de los manglares del Caribe continental de Colombia: 1996 – 1998. Proy. PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MinAmbiente/Acofore/OIMT. Santafé de Bogotá D.C. [Colombia]. Inf. Técnico 22: 1 – 102.
- GIL TORRES, W.O. 1998b. Fenología y Regeneración Natural de los Manglares del Caribe Colombiano: 1996 – 1998. Proy. PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares de Colombia, MinAmbiente/Acofore/OIMT. Santafé de Bogotá D.C. [Colombia]. Inf. Técnico 22: 1 – 102.
- GIL-TORRES W.O. & ULLOA-DELGADO, G.A. 2001. Caracterización, Diagnóstico y Zonificación de los manglares del Departamento de Córdoba. CVS.
- GIL-TORRES W.O., CARDOSO-CASTRO, H., OTERO-HERAZO, A. & JAIMES-TORRES, L. 2002 caracterización y diagnostico ambiental del delta del canal del dique. Monografía de Grado Especialización en Administración Ambiental de Zonas Costeras. Universidad Jorge Tadeo Lozano – Seccional Caribe. Cartagena, Colombia.
- GIBBS, H.K., BROWN, S., NILES, J.O. & FOLEY, J.A. 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. *Environmental Restoration Letters* 2: 1-13.
- GOFC-GOLD. 2009. Reducing greenhouse gas emissions from deforestation and 46 degradation in developing countries: a sourcebook of methods and procedures 47 for monitoring, measuring and reporting, GOFC-GOLD Report version COP14-2, 48 [GOFC-GOLD Project Office, Natural Resources Canada, Alberta, Canada].
- GONZÁLEZ, H. 1995. Análisis del crecimiento diamétrico de *Prioria copaifera* en condiciones naturales por medio de un modelo matemático determinístico. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 10: 101-120.
- GOODWIN, B.J. & FAHRIG, L. 1998. Spatial scaling and animal population dynamics. En: *Ecological Scale. Theory and Applications*. D.L. Peterson & V.T. Parker, Editores. Columbia University Press. New York.
- HARMON, M.E., FRANKLIN, J.F., SWANSON, F.J., SOLLINS, P., GREGORY, S.V., LATTIN, J.D., ANDERSON, N.H., CLINE, S.P., AUMEN, N.G., SEDELL, J.R., LIENKAEMPER, G.W., CROMACK Jr, K. & CUMMINS, K.W. 1986. Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in ecological research* 15: 133 – 302.
- HARMON, M.E., WHIGH, D.F., SEXTON, J. & OLMEST, I. 1995. Decomposition and mass of woody detritus in the dry tropical forest of the Northeastern Yucatan Peninsula, Mexico. *Biotropica* 27(3): 305 – 316.
- HARMON, M.E. & SEXTON, J. 1996. Guidelines for measurements of Woody detritus in Forest ecosystems. US LTER Network Office, University of Washington, Seattle [US LTER Publication; no. 20].
- HERRERA, M.A., DEL VALE, J.I. & ORREGO, S.A. 2003. Biomasa de la vegetación herbácea y leñosa pequeña y necromasa en bosques primarios intervenidos y secundarios. En: *Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales*

- tropicales de Colombia. Contribución para la Mitigación del cambio climático. S.A. Orrego, J.I. del Valle & F.H. Moreno Editores. Colombia.
- HIGUCHI, N., SANTOS, J. & JARDIM, F.C.S. 1990. Tamanho de Parcela Amostrada para Inventários Florestais. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 12, n. 1, p. 93-103, Consultado en 03 marzo de 2009. Tomado de: <http://acta.inpa.gov.br/redirect.php?volume=12&edicao=1&arquivo=v12n1a13.pdf&pasta=PDF&loc=sum>.
- HOBBS, R. 1998. Managing ecological systems and processes. En: *Ecological Scale. Theory and Applications*. D.L. Peterson & V.T. Parker, Editores. Columbia University Press. New York.
- HOUGHTON, R.A., LAWRENCE, K.L., HACKLER, J.L. & BROWN, S. 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biology* 7:731–746.
- HOUGHTON, R.A. 2005. Aboveground forest biomass and the global carbon balance. *Global Change Biology* 11:945-958.
- HUGHELL, D.A. 1997. La Optimización de Inventarios Forestales. Proyecto BOLFOR. Calle Prolongación Beni 149 Santa Cruz, Bolivia. USAID Contrato: 511-0621-C-00-3027. Tropical Research & Development. 58 p.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT - IAvH. 2010a. Aplicación Andígena - Parcela Permanente La Planada. Bogotá, D.C., Colombia.
- INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT - IAvH. 2010b. Datos inventarios plantas - Grupo Gema. Bogotá, D.C., Colombia.
- IDEAM. 2010a [sin publicar]. Propuesta de Leyenda. Proyecto Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación en Colombia. IDEAM, Fundación Natura y Betty and Moore Foundation. Bogotá, D.C.
- IDEAM. 2010b [sin publicar]. Bases estadísticas para el protocolo Biomasa Aérea. Proyecto Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación en Colombia. IDEAM, Fundación Natura y Betty and Moore Foundation. Bogotá, D.C.
- IDEAM. 2010c [sin publicar]. Selección de modelos para la estimación precisa de la biomasa y del contenido de carbono de los bosques de Colombia. Proyecto Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación en Colombia. IDEAM, Fundación Natura y Betty and Moore Foundation. Bogotá, D.C. Contrato de prestación de servicios entre N° FN- 006-010. Informe Final.
- IDEAM. 2010d [sin publicar]. Propuesta Sistema de Monitoreo. Proyecto Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación en Colombia. IDEAM, Fundación Natura y Betty and Moore Foundation. Bogotá, D.C.
- IDEAM – DANE. 2008. Inventario forestal nacional de Colombia. 10 p. Resumen ejecutivo. Bogotá, D.C., Colombia.

- IBRAHIM, M., CHACÓN, M., CUARTAS, C., NARANJO, J., PONCE, G., VEGA, P., CASASOLA, F. & ROJAS, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa arbórea en sistemas de uso de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas* 45: 27-36.
- INSTITUTO DE CONSERVAÇÃO E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO AMAZONAS - IDESAM, CARBON DECISIONS - CD & FUNDAÇÃO AMAZONAS SUSTENTÁVEL. 2008. Methodology for Estimating Reductions of Greenhouse Gases Emissions from Frontier Deforestation (Mod). RED-NM-002 / Version 01. 127 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2002. Cambio Climático y biodiversidad. ISBN: 92-9169-104-7. 93 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme, Institute for Global Environmental Strategies (IGES). 610 p.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Published by: IGES, Japón.
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). 2007. Climate change: the physical science basis. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. y Tanabe K. (eds). Published by: IGES, Japón.
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES MARINAS Y COSTERAS – INVEMAR. 2001. Caracterización de La Unidad Ambiental Estuarina y Costera Golfo de Morrosquillo, Río Sinú.
- JOBÁGY, E.G., & JACKSON, R.B. 2000. The vertical distribution of soil carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10(2): 423-436.
- JURADO, A.M. & PÉREZ, E. 2007. Cuantificación de carbono almacenado en la biomasa aérea en caucho *Hevea brasiliensis* Muell. Arg., en el municipio de Mocoa, departamento de Putumayo. Universidad de Nariño Facultad de Ciencias Agrícolas Programa de Ingeniería Agroforestal San Juan de Pasto.
- KELLER, M., PALACE, M. & HURTT, G. 2001. Biomass estimation in the Tapajos National forest, Brazil: examination of sampling and allometric uncertainties. *Forest Ecology and Management* 154, 371-382.
- KELLER, M., PALACE, M., ASNER, G.P., PEREIRA Jr, R. & SILVA, J.N.M. 2004. Coarse woody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. *Global Change Biology* 10: 784 – 795.
- LAGUADO, W.G. 2004. Viabilidad ambiental y financiera de los sistemas silvopastorales del bajo Cauca Antioqueño como parte del mecanismo del desarrollo limpio. Tesis de Pregrado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

- LARJAVAARA, M. & MULLER-LANDAU, H. 2008. Woody debris research protocol: Protocol for repeated observations of target trees. CTFS Global Forest Carbon Research Initiative. Draft June 2008.
- LARJAVAARA, M. & MULLER-LANDAU, H. 2009. Woody debris research protocol: Long transects. CTFS Global Forest Carbon Research Initiative. Version November 2009.
- LARJAVAARA, M. & MULLER-LANDAU, H. 2010a. Woody debris research protocol: CWD dynamics. CTFS Global Forest Carbon Research Initiative. Version January 2010.
- LARJAVAARA, M. & MULLER-LANDAU, H.C. 2010b. Comparison of decay classification, knife test, and two penetrometers for estimating wood density of coarse woody debris. *Canadian Journal of Forest Research* 40: 2313-2321.
- LEMA, A. 2002. Elementos teórico-prácticos sobre inventarios forestales: estadística y planeación. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
- LEÓN, J.D. & GIRALDO, G. 2000. Crecimiento diamétrico en robledades del norte y centro de Antioquia. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 15: 121-138.
- LERTZMAN, K. & FALL, J. 1998. From forest stands to landscape: spatial scale and the role of disturbances. En: *Ecological Scale. Theory and Applications*. D.L. Peterson & V.T. Parker, Editores. Columbia University Press. New York.
- LONDOÑO, A.C. & ÁLVAREZ, E. 1997. Composición florística de dos bosques (tierra firme y várzea) en la región de Araracuara, Amazonia colombiana. *Caldasia* 19(3):431-463.
- LONDOÑO, L.F. & GONZÁLEZ, H. 1993. Identificación de variables relacionadas con el crecimiento diamétrico del cativo (*Prioria copaifera*). *Crónica Forestal y del Medio Ambiente* 8: 25-34.
- LONDOÑO, A.C. 2005. Dinámica arbórea en la Amazonia colombiana: El caso de dos bosques (tierra firme y várzea) en la región de Araracuara. Tesis Ph.D. Universidad de Amsterdam, Instituto IBED.
- LÓPEZ, W. & DUQUE, A. 2010. Patrones de diversidad alfa en tres fragmentos de bosques montanos en la región norte de los Andes, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 58: 483-498.
- MACDICKEN, K.G. 1997. A guide to monitoring carbon storage in forestry and agroforestry projects. Winrock International Institute for Agricultural Development, Forest Carbon Monitoring Program, Virginia, EEUU.
- MALHI, Y., WOOD, D., BAKER, T. R., WRIGHT, J., PHILLIPS, O. L., COCHRANE, T., MEIR, P., CHAVE, J., ALMEIDA, S., ARROYO, L., HIGUCHI, N., KILLEEN, T. J., LAURANCE, S. G., LAURANCE, W. F., LEWIS, S. L., MONTEAGUDO, A., NEILL, D. A., NÚÑEZ VARGAS, P., PITMAN, N. C. A., QUESADA, C. A., SALOMON, R., SILVA, J. N. M., TORRES LEZAMA, A., TERBORGH, J., VA´SQUEZ MARTINEZ, R. & VINCETI, B. 2006. The regional variation of aboveground live biomass in old-growth Amazonian forests. *Global Change Biology* 12:1107–1138.

- MALHI, Y., ARAGÃO, L.E.O.C., METCALFE, D.B., PAIVA, R., QUESADA, C.A., ALMEIDA, A., ANDERSON, L., BRANDO, P., CHAMBERS, J.Q., DA COSTA, A.C.L., HUTYRA, L.R., OLIVEIRA, P., PATIÑO, S., PYLE, E.H., ROBERTSON, A.L. & TEXEIRA, L.M. 2009. Comprehensive assessment of carbon productivity, allocation and storage in three Amazonian forests. *Global Change Biology* 1 – 20..
- MALHI, Y., BAKER, T.R., PHILLIPS, O.L., ALMEIDA, S., ALVAREZ, E., ARROYO, L., CHAVE, J., CZIMCZIK, C., DI FIORE, A., HIGUCHI, N., KILLEEN, T.J., LAURANCE, S.G., LAURANCE, W.F., LEWIS, S.L., MERCADO MONTOYA, L.M., MONTEAGUDO, A., NEILL, D.A., NÚÑEZ-VARGAS, P., PATIÑO, S., PITMAN, N.C.A., QUESADA, C.A., SALOMAO, R., MASEDO-SILVA, J.N., TORRES-LEZAMA, A., VASQUEZ-MARTÍNEZ, R., TERBORGH, J., VINCETI, B. & LLOYD, J. 2004. The above-ground coarse wood productivity of 104 Neotropical forest plots. *Global Change Biology* 10: 563 – 591
- MANDALLAZ, D. 2008. Sampling techniques for forest inventories. Chapman & Hall/CRC. Boca Ratón, FL, USA.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. 2008. Colombia: un país de oportunidades para la inversión forestal. República de Colombia. Bogotá, D.C. 20 p.
- NASCIMENTO, H.E.M. & LAURANCE, W.F. 2002. Total aboveground biomass in central Amazonian rainforests: a landscape-scale study. *Forest Ecology Management* 168: 311 – 321.
- NEEFF, T., EICHLER, L., IMME, D. & FEHSE, J. 2007. Actualización sobre los mercados para compensaciones forestales para la mitigación del cambio climático. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Costa Rica.
- NELSON, B.W., MESQUITA, R., PEREIRA, J.L.G., AQUINO DE SOUSA, S.G., TEXEIRA BATISTA, G. & BOVINO COUTO, L. 1999. Allometric regressions for improved estimate of secondary forest biomass in the central Amazon. *Forest Ecology and Management* 117: 149-167.
- NIEVES, H.E. & BUITRAGO, C.E. 2005. Evaluación de los niveles de remoción de CO<sub>2</sub> efectuada por plantaciones de Caucho *Hevea brasiliensis* Müll. Arg., en Colombia. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Bogotá, D.C. 151 p.
- NOORDWIJK, M., RAHAYU, S.K., HAIRIAH, Y., WULAN, C., FARIDA, A. & CERSBIT, B. 2002. Carbon stocks assesment for a forest to coffee conversion landscape in Sumber-Jaya (Lampung, Indonesia): from allometric equations to land use change análisis. *Science in China* 45: 12.
- O'NEIL, R.V. & KING, W. 1998. Homage to St. Michael; or why are there so many books on scale? En: *Ecological Scale. Theory and Applications*. D.L. Peterson & V.T. Parker, Editores. Columbia University Press. New York.
- OLANDER, L.P. GIBBS, H.K., STEININGER, M., SWENSON, J.J. & MURRAY, B.C. 4 2008. Reference scenarios for deforestation and forest degradation in support of REDD: a review of data and methods<sup>3</sup>. *Environ. Res. Lett.* 3: 1-11.
- ORREGO, S.A. & DEL VALLE, J.I. 2003. Existencias y tasas de incremento neto de la biomasa y del carbono en bosques primarios intervenidos y secundarios: p. 215-

242. En, S.A, Orrego; J.I, del Valle & F.H, Moreno (Eds.). Medición de captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático, Medellín.
- ORREGO, S.A., DEL VALLE, J.I. & MORENO, F.H. (Eds.). 2003. Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales de Colombia: Contribuciones para la mitigación del cambio climático. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Centro Andino para la Economía en el Medio Ambiente, Bogotá. 314 p.
- PALACE, M., KELLER, M., ASNER, G.P., SILVA, J.N.M. & PASSOS, C. 2007. Necromass in undisturbed and logged forests in the Brazilian Amazon. *Forest Ecology Management* 238: 309 – 318.
- PARKER, C., MITCHELL, A., TRIVEDI, M. & MARDAS, N. 2009. The Little REDD+ Book An updated guide to governmental and non-governmental proposals for reducing emissions from deforestation and degradation. Global Canopy Foundation, Oxford, UK.
- PEARSON, T., WALKER, S. & BROWN, S. 2005. Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry Projects. BioCarbon Fund & Winrock International. 64 p.
- PHILLIPS, O.L. & GENTRY, A.H. 1994. Increasing turnover through time in tropical forest. *Science* 263: 954-958.
- PHILLIPS, J.F. & VON HILDEBRAND, P. 2002. Distribución espacial y características de los bosques en la cuenca de Puerto Abeja, Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. En: UAESPNN & Fundación Puerto Rastrojo (Eds.). Plan de manejo para el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. Bogotá, Colombia.
- PHILLIPS J.F., DUQUE A.J., CABRERA K.R., YEPES A.P., NAVARRETE D.A., GARCÍA, M.C., ÁLVAREZ, E., CABRERA, E., CÁRDENAS, D., GALINDO G., ORDÓÑEZ M.F., RODRÍGUEZ, M.L., VARGAS, D.M. 2011. Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales -IDEAM-. Bogotá D.C., Colombia. 16 p.
- PUTZ, F.E. 1983. Liana biomass and leaf area of a "Terra Firme" forest in the Rio Negro Basin, Venezuela. *Biotropica* 15(3): 185-189.
- QUESADA, C. A., LLOYD, J., SCHWARZ, M., PATIÑO, S., BAKER, T.R., CZIMCZIK, C.I., FYLLAS, N.M., MARTINELLI, L.M., NARDOTO, G.B., SCHMERLER, J., SANTOS, A.J.B., HODNETT, G.M., HERRERA, R., LUIZÃO, F.J., ARNETH, A., LLOYD, G., DEZZEO, N., HILKE, I., KUHLMANN, I., RAESSLER, M., MORAES FILHO, J., PAIVA, F., ARAUJO FILHO, R.N., CHAVES, J.E., CRUZ JUNIOR, O.R., PIMENTEL, T.P. & PAIVA, R. 2009 Chemical and physical properties of Amazon forest soils in relation to their genesis. *Biogeosciences Discuss.*, 6, 3923–3992.
- RESTREPO, D.E., BENJUMEA, J.F., ORREGO, S.A., DEL VALLE, J.I. & MORENO, F.H. 2003. Ecuaciones de biomasa para palmas del dosel bajo y sotobosque. P: 121-144. En: del Valle, J.I., Orrego, S.A., Moreno, F.H. & Black, T. Medición de la captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia. Bogotá, Colombia.
- RICE, A.H., HAMMOND, E., PYLE, E., SALESKA, S.R., HUTYRA, L., PALACE, M., KELLER, M., De CAMARGO, P.B., PORTILHO, K., MARQUES, D.F. & WOFSY, S.C. 2004.

- Carbon balance and vegetation dynamics in an old-growth Amazonian forest. *Ecological Applications* 14(4): S55 – S71.
- RICKER, M. & DALY, D. 1998. Botánica económica en bosques tropicales: principios y métodos para su estudio y aprovechamiento. Editorial Diana, México, D.F., México.
- RÜGNITZ, M. T., CHACÓN, M. L. & PORRO R. 2009. Guía para la Determinación de Carbono en Pequeñas Propiedades Rurales. Manual Técnico No. 11. Lima, Perú. Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF)/Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.
- RUIZ, A. 2001. Fijación y almacenamiento de carbono en sistemas silvopastoriles y competitividad económica en Matiguás, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 106 p.
- SAATCHI, S. S., HOUGHTON, R. A., DOS SANTOS ALVALA, R. C., SOARES, J. V. & YU, Y. 2007. Distribution of aboveground live biomass in the Amazon basin. *Global Change Biology* 13:816–837.
- SALDARRIAGA, JG. 1994. Recuperación de la selva de tierra firme en el Alto Rio Negro Amazonia Colombiana – Venezolana: Recuperación de la Selva de “Tierra Firme” en el alto río Negro Amazonía colombiana-venezolana. TROPENBOS Colombia, Colombia. 201 p.
- SALDARRIAGA, J.G., DUQUE, A.J., ÁLVAREZ, E. 2011. Modelos para la estimación de la biomasa y el carbono en diferentes tipos de bosque del choco biogeográfico, Colombia: manglar, guandal y bosques de colina localizados en los Consejos Comunitarios de Bajo Mira y Concosta a partir de los datos colectados en el campo. Proyecto “Capacidad Institucional Técnica y Científica para Apoyar Proyectos de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación en Colombia”, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), Fundación Natura, Fundación Gordon y Betty Moore – USAID.
- SALINAS, Z. & HERNÁNDEZ, P. 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Serie técnica Manual técnico no. 83. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica. 171 p.
- SÁNCHEZ – PÁEZ, H., ULLOA-DELGADO, G.A., ÁLVAREZ-LEÓN, R., GIL–TORRES, W.O., SÁNCHEZ-ALFEREZ, A.S., GUEVARA-MANCERA, O.A., PATIÑO-CALLEJAS, L. & PÁEZ-PARRA, F.E. 2000. Hacia la Recuperación de los Manglares del Caribe de Colombia. En: Sánchez – Páez H., Ulloa – Delgado, G. A. & Álvarez – León, R. (Editores). Proyecto PD/171/91 REV 2 (F) Fase II, Etapa II. Conservación y manejo para el uso múltiple y el desarrollo de los manglares en Colombia. MinAmbiente/Acofore/OIMT. Santafé de Bogotá D.C. [Colombia]. pp 294.
- SÁNCHEZ–PÁEZ H., ULLOA–DELGADO, G.A., TAVERA–ESCOBAR, H.A. & GIL–TORRES, W.O. 2003. Plan de Manejo Integral de los Manglares de la Zona de Uso Sostenible del Sector Estuarino de la Bahía de Cispatá, Departamento de Córdoba, Convenio No. 063 CVS – CONIF. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú

- y del San Jorge – CVS, Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal – CONIF. Proyecto Restauración y Manejo Sostenible de los Manglares por Comunidades Locales del Caribe de Colombia, MAVDT – CONIF – OIMT. Montería, Córdoba, Colombia. 292 p + Anexos, + Mapas.
- SEGURA, M., KANNINEN, M. & SUÁREZ, D. 2006. Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee bushes grown together. *Agroforest Syst* 68: 143-150.
- SILVANO, LTDA. 2011. Portafolio de servicios. 5 p. Consultado en enero de 2011 en: <http://www.silvanoforestal.com/>.
- SIERRA, C., DEL VALLE, J.I. & ORREGO, S.A. 2003. Biomasa de raíces en bosques secundarios y primarios del área de influencia de la central hidroeléctrica Porce II. Tesis [Ingeniero Forestal]–Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. 71 p.
- SILVA, J.N.M., LOPES, J. & DO, C.A. 1984. Inventário florestal contínuo em florestas tropicais: a metodologia utilizada pela EMBRAPA-CPATU na Amazonia brasileira. Belém, EMBRAPA. Documentos, 33. 36p.
- SOLANO, D. VEGA, J.C., MÁRQUEZ, G., ULLOA, H., SÁENZ, F., MURCIA, M., BOLAÑO, M., RUIZ, S., NARVÁEZ, S., GIL, W.O. & ZUBIRÍA, W. 2007a. Línea Base biótica y calidad de aguas del área de influencia de la Fase II del proyecto GACE INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Final para Chevron Petroleum Company. Santa Marta.
- SOLANO, O.D., TORRES, C., BAEZ, C., VEGA, D., CORTES, F., ESTELA, F., SAENZ, H.F. & GIL, W.O. 2007b. Plan de Seguimiento y Monitoreo de la Zona Deltaico Estuarina del Rio Sinu [Noviembre 2000 a Diciembre de 2007]. INVEMAR, Coordinación de Servicios Científicos. Informe Final, Fase X, Séptimo año, para la empresa Urra S.A. E.S.P., Santa Marta. 446p
- SOMBROEK, W., NACHTERGAELE, F.O. & HEBEL, A. 1993. Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils. *Ambio*, 22, 417–426.
- SNOWDON, P., RAISON, J., KEITH, H., RITSON, P., GRIERSON, P., ADAMS, M., MONTAGU, K., BI, H., BURROWS, W. & EAMUS, D. 2002. National carbon accounting system: Protocol for Sampling Tree and Stand Biomass. The lead Commonwealth agency on greenhouse matters. 76 pp.
- SCHROTH, G., D'ANGELO, S.A., TEIXEIRA, W.G., HAAG, D., & LIEBEREI, R. 2002. Conversion of secondary forest to agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter, and soil carbon stock after 7 years. *Forest Ecology and Management*, 163: pp. 131-150.
- STERN, S.J. 1998. Field studies of large mobile organisms: scale, movement, and habitat utilization. En: *Ecological Scale. Theory and Applications*. D.L. Peterson & V.T. Parker, Editores. Columbia University Press. New York.
- SUMMERS, P.M. 1998. Estoque, decomposição, e nutrientes da liteira grossa em floresta de terra-firme, na Amazônia central. INPA, Manaus, Brasil.
- SUTHERLAND, W.J. [Ed] 2006. *Ecological census techniques a handbook*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.

- ULLOA-DELGADO, G.A., SÁNCHEZ-PÁEZ, H., GIL-TORRES, W.O., PINO-RENGIFO, J.C., RODRÍGUEZ-CRUZ, H. & ALVAREZ-LEÓN, R. 1998. Conservación y uso sostenible de los manglares del Caribe colombiano. En: Ulloa-Delgado, G. A., H. Sánchez-Páez & R. Alvarez- León (eds.). Proyecto PD 171/91 Rev. 2 Fase II (Etapa I) Conservación y Manejo para el Uso Múltiple y el Desarrollo de los Manglares en Colombia, MMA / ACOFORE / OIMT, Santa Fe de Bogotá D. C. (Colombia), 224 p.
- ULLOA-DELGADO G. & GIL-TORRES, W.O. 2001. Caracterización, Diagnóstico y Zonificación de los Manglares de Sucre. Corporación Autónoma Regional de Sucre, Carsucre 2001.
- ULLOA-DELGADO G., GIL TORRES W.O., SÁNCHEZ-PÁEZ, H. & OSORIO-DUALIBY, D. 2001. Ajustes a la Zonificación para el Manejo de los Manglares de Bolívar. Corporación Autónoma Regional de Bolívar, Cardique.
- VALLEJO, M.I., LONDOÑO, A.C., LÓPEZ, R., GALEANO, G., ÁLVAREZ, E. & DEVIA, W. 2005. Serie: Métodos para estudios ecológicos a largo plazo: Establecimiento de parcelas permanentes en bosques de Colombia. Volumen I. 309 pp.
- VALLEJO, A. & RODRÍGUEZ-NORIEGA, P. 2008. Cuantificación de carbono en proyectos REDD. Curso internacional Diseño de actividades REDD para la mitigación del cambio climático. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 51 p.
- VOLUNTARY CARBON STANDAR - VCS. 2008. Voluntary Carbon Standard Guidance for Agriculture, Forestry and Other Land Use Projects. 44 p.
- WEST, P.W. 2009. Tree and forest measurement. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, Germany.
- WILCKE, W., HESS, T., BENDEL, C., HOMEIER, J., VALAREZO, C. & ZECH, W. 2005. Coarse woody debris in a mountain forest in Ecuador: mass, C and nutrient stock, and turnover. *Forest Ecology and Management* 205: 139 – 147.
- YEPES, A.P., CÁRDENAS, D., DUQUE, A.J. CABRERA, K., NAVARRETE, D., PHILLIPS, J.F. & SUA, S. En prep. Incertidumbres asociadas al tamaño de la parcela utilizado para la estimación de la biomasa aérea en bosques de tierra firme del parque Amacayacu.
- ZAPATA, M.; COLORADO, G.J. & DEL VALLE, J.I. 2003. Ecuaciones de biomasa aérea para bosques primarios intervenidos y secundarios: p. 87-120. En, S.A, Orrego; J.I, del Valle & F.H, Moreno (Eds.). *Medición de captura de carbono en ecosistemas forestales tropicales de Colombia: contribuciones para la mitigación del cambio climático*, Medellín.
- ZANNE, A.E., LÓPEZ-GONZÁLEZ ,G., COOMES, D.A., ILIC, J., JANSEN, S., LEWIS, S.L., MILLER, R.B., SWENSON, N.G., WIEMANN, M.C. & CHAVE, J. 2009. Global wood density database. Dryad. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.





**ANEXOS**