



Taller de mediciones integradas de los flujos de carbono en la Amazonía



Iquitos, Perú
23 al 26 de agosto 2009



Jenaro Herrera, Perú
27 al 31 de agosto 2009

Eurídice Honorio

Agradecimientos

Como organizadora de este evento deseo agradecer a las instituciones involucradas como el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), la Universidad de Leeds y la Universidad de Oxford, quienes hicieron posible la realización del “Taller de mediciones integradas de los flujos de carbono en la Amazonia” en la ciudad de Iquitos del 23 al 26 de agosto de 2009 y en el Centro de Investigaciones Jenaro Herrera del 27 al 31 de agosto de 2009. El taller fue parte del programa de capacitación en la importancia del carbono en los bosques Amazónicos desarrollado durante el presente año por el Programa de Investigación en Manejo Integral del Bosque y Servicios Ambientales (PROBOSQUE) del IIAP. La fuente de financiamiento fue obtenida a través de los convenios generados entre el IIAP y la Universidad de Leeds en los proyectos ‘Red Amazónica de Inventarios Forestales – Monitoreo Intensivo de carbono en la Amazonía’ y ‘Fortalecimiento de capacidades para Pagos por Servicios ambientales (carbono y biodiversidad) en la Amazonia Peruana’.

Asimismo, este taller no hubiera sido posible sin las personas que brindaron su apoyo y colaboración como Dennis del Castillo Torres, director del programa PROBOSQUES-IIAP, y Pedro Icomedes, Ricardo Farroñay, Edwin Gatica, Susana Barbaran y Teresa Del Águila por su colaboración con la logística del taller. Agradecemos también la participación de todos los ponentes del proyecto RAINFOR que llegaron de fuera y dentro del país para compartir sus conocimientos y experiencias en el tema. Finalmente, deseamos también agradecer a los participantes por su increíble interés de compartir sus experiencias y por su motivación para realizar un aprendizaje mutuo y a quienes les deseamos los mejores éxitos en sus proyectos.

Auspiciadores:



Tabla de contenido

Introducción.....	3
Lista de participantes.....	4
Ponentes.....	6
Cronograma del taller	7
Contenido del taller	9
Tema 1: Introducción.....	9
1a. ¿Por qué debemos estudiar el ciclo de carbono en los bosques tropicales?	9
1b. El ciclo del carbono.....	9
1c. Parcelas permanentes.....	10
1d. Métodos para medir flujos y stocks de carbono	11
Tema 2: Visita a R.N. Allpahuayo-Mishana.....	12
Tema 3: Flujos y stocks de carbono encima del suelo (Visita Jenaro Herrera).....	12
3a Biomasa y crecimiento de tallos	12
3b Producción de hojas y densidad de dosel	13
3c Necromasa	14
Tema 4: Flujos y stocks de carbono debajo del suelo (Visita Jenaro Herrera).	14
4a Productividad y dinámica de raíces	14
4b Respiración del suelo.....	15

Introducción

En la actualidad existe gran interés por monitorear el impacto del cambio climático sobre los stocks y flujos de carbono de los bosques tropicales. Estos estudios son posibles a través del establecimiento de parcelas de monitoreo permanente y el uso de metodologías estándares. La cuantificación del stock y flujos de carbono debe ser suficientemente precisa y eficiente para minimizar los costos y tiempos de evaluación. Por lo tanto, a través del programa de Manejo Integral de Bosques y Servicios Ambientales (PROBOSQUE) del Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana se realizó este taller enfocado en las mediciones integrales de los flujos de carbono en la Amazonia con la participación de investigadores nacionales e internacionales especialistas en el tema.

Durante los primeros cuatro días de trabajo en la ciudad de Iquitos pusimos énfasis en la enseñanza de conceptos básicos relacionados al ciclo del carbono, las metodologías y los cálculos de los datos de estimación del stock y flujos de carbono. En la fase práctica visitamos la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana ubicada en el km 26.8 de la carretera Iquitos-Nauta con el fin de poder observar los experimentos de monitoreo intensivo del ciclo del carbono, el uso de los instrumentos y equipos de campo y el diseño de los experimentos. En la segunda fase realizada en Jenaro Herrera, el trabajo estuvo enfocado en el establecimiento de los experimentos de monitoreo intensivo en una parcela permanente de una hectárea ubicada en un bosque de terraza alta. Durante los cinco días de trabajo en campo, se logró realizar la instalación de los experimentos para el monitoreo de los stock y flujos de carbono sobre y debajo del suelo. Finalmente, los participantes realizaron resúmenes de los diferentes componentes del ciclo del carbono estudiados que se muestran al final de esta memoria.

Lista de participantes

No	Nombres	Institución	Lugar	Correo electrónico	Iquitos	Jenaro Herrera
1	Andrés Fernández Sandoval	INIA-Loreto	Iquitos	andresfernandez11@hotmail.com	X	
2	Anilú Tecco Rodriguez	UNAP-RAINFOR	Iquitos	nia_ter@hotmail.com	X	
3	Carlos Gabriel Hidalgo Pizango	UNAP - RAINFOR	Iquitos	cgab_hidalgo@hotmail.com	X	
4	Cesar Ennart García Villacorta	Apoyo al Procrel	Iquitos	ennart@gmail.com	X	
5	Consuelo Picón Baos	INIA-Loreto	Iquitos	piconbaos@yahoo.es	X	
6	Dennis del Castillo Torres	IIAP-PROBOSQUE	Iquitos	dennis@iiap.org.pe	X	
7	Diandra Romy Torres Monge	Apoyo al Procrel	Iquitos	torresdiandra@gmail.com	X	
8	Federico Fernando Yepes Alza	IIAP-PROBOSQUE	Iquitos	fyepes@iiap.org.pe	X	X
9	Franco Rojas Grández	Apoyo al Procrel	Iquitos	quillobordon@hotmail.com	X	X
10	Gilberto Enrique Navarro Aguilar	RAINFOR	Iquitos	e.navarroaguilar@gmail.com	X	
11	Glenda Gabriela Cárdenas Ramírez	UCP	Iquitos	glegabcr@hotmail.com	X	
12	Jhon del Águila Pasquel	UNAP-RAINFOR	Iquitos	jhonpasquel@gmail.com	X	X
13	Jose Alexander Chung Gutiérrez	UNAP	Iquitos	jacker_2679@hotmail.com	X	X
14	José Luis Matias Luciani	UNAS-TM	Tingo María	joseluismatias@gmail.com	X	
15	Juan Carlos García Dávila	UNAP	Iquitos	gardajc@hotmail.com	X	X
16	Julio Miguel Grández Ríos	UNAP-RAINFOR	Iquitos	jmgr_19@hotmail.com	X	

No	Nombres	Institución	Lugar	Correo electrónico	Iquitos	Jenaro Herrera
17	Lady Jazmín Mathews Saldaña	UNAP	Iquitos	ladymathews1@gmail.com	X	X
18	Leandro Gadiel Ihuaquai Tuisima	UNAP	Iquitos	Leandro_gadiel@hotmail.com	X	
19	Lorenzo Vallejos Mazzini	UNODC	Lima	lorenzo.vallejos@unodc.org	X	
20	Luis Alberto Cruzado Blanco	UNAS-TM y AMPA	Nueva Cajamarca	lucho_cb@yahoo.es	X	X
21	Luis Alberto Ruiz Fajardo	UNAP-RAINFOR	Iquitos	astracto@hotmail.com	X	
22	Marianela Cobos Ruiz	UNAP	Iquitos	Marianela_cobosr@yahoo.es	X	
23	Mirjana Porlles Arteaga	UNALM	Lima	mirjana_pa@yahoo.com	X	X
24	Nicolás José Mesía Rojas	UNALM	Lima	n_mesia@hotmail.com	X	X
25	Roger Soplin Ríos	UNAP	Iquitos	rogersoplin@gmail.com	X	
26	Rosmery Adela Robles León	UNMSM	Lima	adela_rouse@hotmail.com	X	X
27	Ruksan Bose	IIAP-PROBOSQUE	India	ruksanb@gmail.com	X	
28	Silvia Marililey Leiva Martínez	GORE Ucayali	Aguatía	sileima@hotmail.com	X	X
29	Sonia Huang del Águila	UNMSM	Lima	soniaahuang@gmail.com	X	X
30	Vicente Serapio Pocomucha Poma	UNAS-TM	Tingo María	ppvcent@yahoo.es	X	X

Ponentes



Dan Metcalfe, Ph.D.
University of Oxford
daniel.metcalfe@ouce.ox.ac.uk



Javier E. Silva Espejo
Proyecto RAINFOR-IMAC
jesilvae@gmail.com



Walter Huaraca Huasco
Proyecto RAINFOR-IMAC
stwamayr@gmail.com



Liliana Durand Baca
Proyecto RAINFOR-IMAC
biolili@yahoo.com



Timothy Baker, Ph.D.
University of Leeds
t.r.baker@leeds.ac.uk



Eurídice Honorio Coronado, M.Sc.
Inst. Investigaciones de la Amazonía Peruana
eurihc@yahoo.com

Cronograma del taller

Parte I – Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Iquitos

DIA 1 – Domingo 23 de Agosto

- 8:00 Inauguración del evento (Dennis del Castillo, Ph.D.)
- 8:15 Introducción al Taller. Objetivos (Eurídice Honorio)

Introducción

- 8:30 ¿Por qué debemos estudiar el ciclo de carbono en los bosques tropicales?
- 9:00 Ciclo del Carbono. Conceptos generales (Tim Baker, Ph.D).
- 10:30 Receso
- 11:00 Instalación de parcelas permanentes de muestreo (Tim Baker & Javier Silva Espejo).
- 13:00 Almuerzo

Análisis de datos

- 15:00 Preparación de equipos para el desarrollo del curso (Instalación de softwares).
- 15:30 Métodos para medir flujos y reservorios de Carbono I (Daniel Metcalfe, Ph.D)
- 16:30 Receso
- 17:00 Métodos para medir flujos y reservorios de Carbono II (Daniel Metcalfe, PhD)

DIA 2 – Lunes 24 de Agosto

Toma de datos en campo

- 8:00 Salida de campo a la Reserva Nacional Allpahuayo-Mishana (km 26.8 carretera Iquitos-Nauta).

DIA 3 – Martes 25 de Agosto

Flujos y reservorios de Carbono encima del suelo (Javier Silva Espejo)

- 8:00 Biomasa y crecimiento de tallos.
- 10:00 Receso
- 10:15 Biomasa crecimiento de tallos (continúa...)
- 13:00 Almuerzo.
- 15:00 Producción de hojarasca.
- 17:00 Densidad del dosel.

DIA 4 – Miércoles 26 de Agosto

Flujos y reservorios de Carbono debajo del suelo (Walter Huaraco Huasco)

- 8:00 Productividad de raíces.
- 10:00 Dinámica de raíces.
- 13:00 Almuerzo.

Respiración (Liliana Durand Baca)

- 15:00 Respiración del suelo.
- 17:00 Partición de componentes de respiración del suelo.
- 19:00 Despedida.

DIA 4 – Miércoles 26 de Agosto

14:00 Salida a Jenaro Herrera (viaje de 12 horas)

DIA 5 – Jueves 27 de Agosto

6:00 Llegada a Jenaro Herrera.

8:00 Desayuno

9:00 Preparación de materiales de campo

12:00 Almuerzo

14:00 Preparación de materiales de campo

19:00 Cena

DIA 6 – Viernes 28 de Agosto

7:00 Desayuno

8:00 Salida al campo

9:00 Instalación de ensayos para el monitoreo de la producción de hojarasca, de la respiración del suelo, de la productividad y dinámica de raíces y de la densidad del dosel.

12:00 Almuerzo en el campo

13:00 Instalación de ensayos para el monitoreo de la producción de hojarasca, de la respiración del suelo, de la productividad y dinámica de raíces y de la densidad del dosel.

19:00 Cena

20:00 Preparación de materiales de campo

DIA 7 – Sábado 29 de Agosto

7:00 Desayuno

8:00 Salida al campo

9:00 Instalación de ensayos para el monitoreo de la biomasa y crecimiento de tallos.

12:00 Almuerzo en el campo

13:00 Instalación de ensayos para el monitoreo de la biomasa y crecimiento de tallos.

19:00 Cena

20:00 Preparación de materiales de campo

DIA 8 – Domingo 30 de Agosto

7:00 Desayuno

8:00 Salida al campo

9:00 Instalación de ensayos para el monitoreo de la biomasa y crecimiento de tallos
Medición de la necromasa y hojarasca.

12:00 Almuerzo

13:00 Instalación de ensayos para el monitoreo de la biomasa y crecimiento de tallos
Medición de la necromasa y hojarasca.

19:00 Cena

DIA 9 – Lunes 31 de Agosto

7:00 Desayuno

8:00 Visita a la Cocha Supay

13:00 Almuerzo

14:00 Retorno a Iquitos (viaje de 12 horas)

Contenido del taller

Tema 1: Introducción

1a. ¿Por qué debemos estudiar el ciclo de carbono en los bosques tropicales?

Los bosques tropicales juegan un rol importante en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera, y como resultado de eso, en la tasa de cambio climático, debido a dos razones: 1) la deforestación de los bosques causa grandes emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera, y en contraparte 2) la recuperación de bosques en zonas degradadas y la productividad de los bosques intactos funcionan como un sumidero de carbono que ayuda a reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera. El flujo de carbono debido a la deforestación tropical es casi 20% de las emisiones totales generadas por las acciones humanas. Resultados de parcelas permanentes, incluyendo nuevos resultados de una red de parcelas en África, muestran que los bosques tropicales intactos han funcionado como un sumidero de carbono en las últimas décadas, presentando cambios en la biomasa positivos de una magnitud igual a $+0.6 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

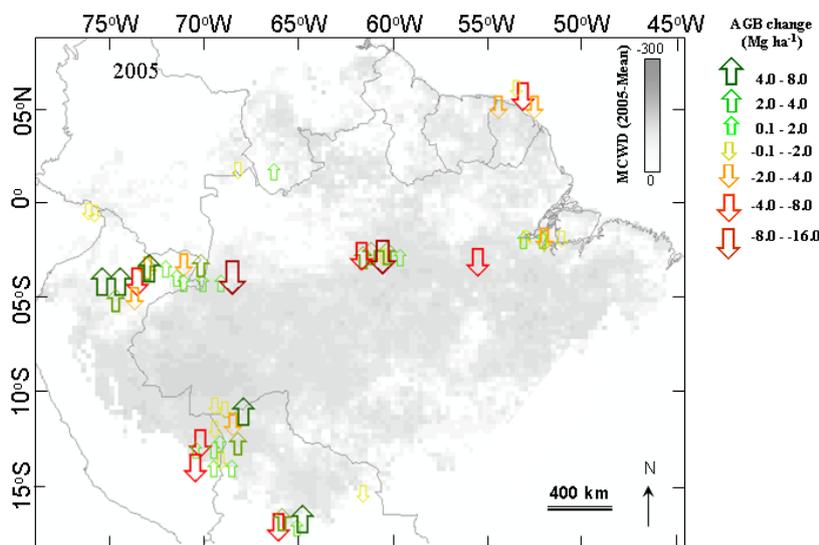


Figura 1. Cambios en la biomasa viva en parcelas permanentes de la Amazonía, durante la sequía del 2005 (Phillips et al. 2009).

Mientras parece que los bosques intactos han ayudado a reducir la tasa de cambio climático en los últimos años, la mayoría de modelos del clima están prediciendo una reducción en la cantidad de lluvia en la Amazonía a causa del cambio climático, particularmente en el este de Brasil. Este cambio podría reducir el potencial de los bosques Amazónicos para funcionar como un sumidero de carbono. Por ejemplo, la sequía del 2005, aumentó la tasa de mortalidad de los árboles en los bosques Amazónicos, reduciendo el stock de biomasa viva. Un aumento en la

frecuencia de sequías, podría reducir la cantidad de carbono almacenado en los bosques Amazónicos. En realidad el efecto de los cambios climáticos debido a los bosques Amazónicos, ocurriría en conjunto con otros impactos directos humanos, como la deforestación. En el sureste de la Amazonía, por ejemplo, las predicciones de deforestación y de la probabilidad de una disminución en la lluvia son ambas altas. La interacción de estos efectos determinaría el futuro de los bosques Amazónicos. Por lo tanto, entender estos procesos mediante la investigación es de importancia internacional.

1b. El ciclo del carbono

Cuando deseamos estudiar el ciclo del carbono debemos tener en claro la diferencia entre stock y flujo del carbono, donde el stock es todo aquello que se encuentra almacenado en los componentes del bosque y los flujos son todos aquellos procesos que afectan el stock. Por ejemplo, cuando

cuantificamos el stock de un bosque, muestreamos: a) la biomasa viva almacenada en las hojas, las ramas, el fuste y las raíces; b) la necromasa almacenada en la hojarasca y la madera muerta; y c) el carbono en el suelo de la materia orgánica. Cuando cuantificamos los flujos del bosque consideramos la variable tiempo y muestreamos: a) la productividad que es un resultado de restarle a la fotosíntesis, la respiración, expresada en el crecimiento del fuste, producción de ramas, producción de hojas, y producción de raíces; b) la mortalidad que es la muerte y caída de troncos y ramas, la caída de hojas y la muerte de raíces; y c) la descomposición de la madera y de la hojarasca causada por los organismos degradadores. Siempre debemos tener en cuenta que la biomasa se expresa en Mg ha^{-1} y el flujo en $\text{Mg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, y que el 50% de la biomasa seca es carbono.

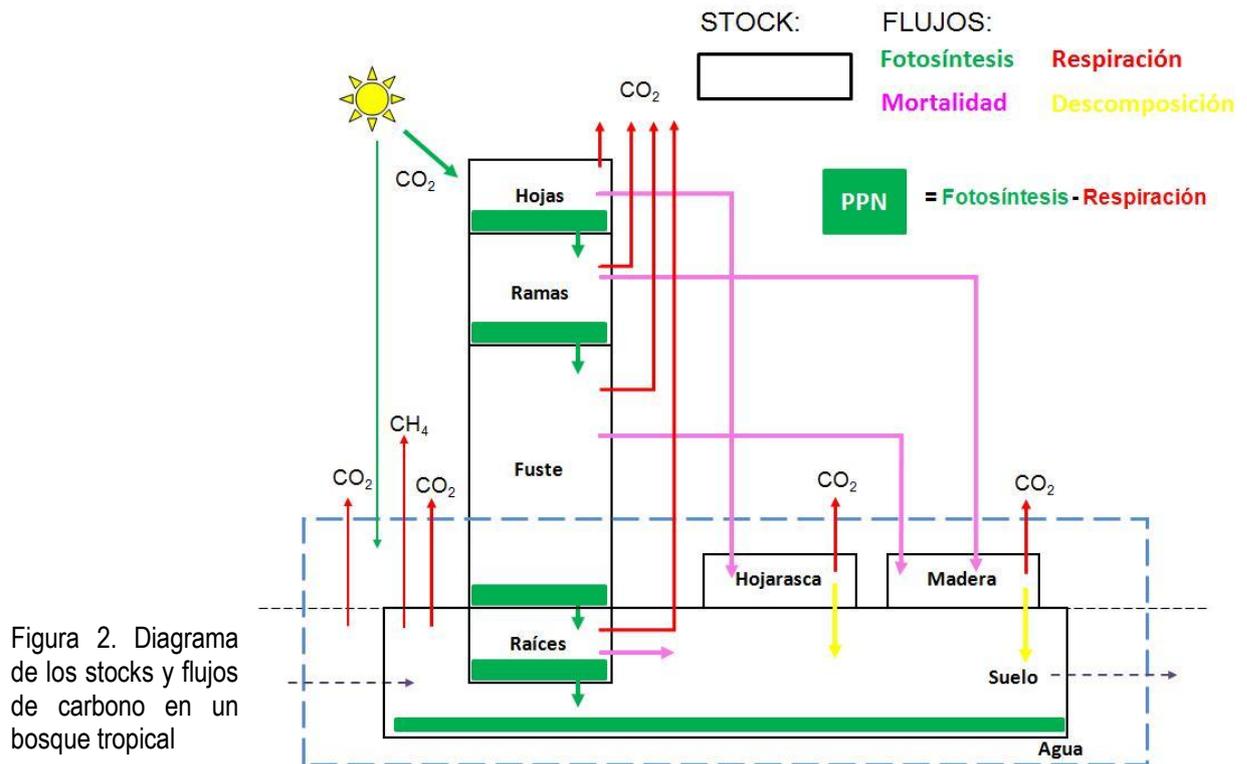


Figura 2. Diagrama de los stocks y flujos de carbono en un bosque tropical

1c. Parcelas permanentes

Una experiencia de estudio a largo plazo es La Red Amazónica de Inventarios Forestales (RAINFOR), una red internacional establecida para entender los stocks y flujos de carbono de los bosques amazónicos a través del monitoreo de parcelas permanentes. Desde el año 2000 han establecido un marco sistemático para monitorear esta región a largo plazo, en la cual se encuentra la mayor biodiversidad, agua y carbono vegetal a nivel mundial. Manuales sobre las metodologías estándares desarrolladas y utilizadas por la red están disponibles en la página web del proyecto (http://www.geog.leeds.ac.uk/projects/rainfor/indice_esp.html). RAINFOR ha trabajado paso a paso junto con socios de todos los países por donde se extiende el Amazonas, teniendo en cuenta por un lado, el rol de modulación potencialmente fuerte de las variables medioambientales tales como la nutrición del suelo, y por otro, la necesidad de ayudar a desarrollar una nueva generación de ecologistas en el Amazonas. Actualmente, RAINFOR recibe apoyo de la Iniciativa Andes and Amazon de la Gordon and Betty Moore Foundation y de NERC como parte del consorcio AMAZONICA.

1d. Métodos para medir flujos y stocks de carbono

Existen diferentes metodologías para estimar el stock y los flujos de carbono en la Amazonia, sin embargo, en este taller tuvimos la oportunidad de conocer y utilizar la metodología desarrollada por el grupo de RAINFOR para monitorear el ciclo del carbono en parcelas permanentes.

Hojas: La medición del stock de carbono en el dosel se puede estimar utilizando un software que nos permita estimar el índice de área foliar (m² de hojas por m² de suelo) de una imagen digital del dosel tomada con un lente hemisférico. A través de una colección de hojas podemos obtener el peso seco de hojas por unidad de área (gr de hojas por m² de hojas) y con estos dos valores obtener el peso de hojas en el dosel. Asumiendo que el bosque está en equilibrio, podemos medir la producción de hojas (flujos), mediante la captura de las hojas que caen.

Fustes y ramas: La medición del stock de carbono en los árboles se realiza midiendo el diámetro de todos los individuos con DAP ≥ 10 cm en parcelas de una hectárea. Es posible también considerar la contribución de los individuos menores (DAP ≥ 2.5 cm) realizando mediciones similares en parcelas de 20 x 20 m. En el caso de la medición de los árboles con aletas debemos considerar una escalera para medir arriba de las mismas y en general no debemos olvidar usar un protocolo estándar para medir los casos raros. Las ecuaciones alométricas nos permiten estimar el stock de carbono alojado en el fuste y las ramas y debemos escogerlas adecuadamente en función al tipo de bosque que estamos estudiando. El crecimiento de los troncos (flujo: productividad primaria neta de fustes) a largo plazo (>1 año) se realiza con remediciones de parcelas permanentes y a corto plazo (<1 año) con mediciones de incrementos en bandas dendrométricas. La calidad de las mediciones es de alta importancia, por lo tanto, cuando hacemos mediciones a largo plazo usamos cintas diamétricas y a corto plazo usamos un vernier digital.

Raíces: El stock de carbono en las raíces es difícil de ser medido, sin embargo, a través de la colecta de raíces de un volumen determinado de suelo en intervalos de tiempos definidos se puede estimar la cantidad de carbono almacenado en este componente, especialmente de las raíces finas. La productividad de raíces (flujos) puede ser estimada a través de los experimentos denominados ingrowth cores y rhizotrons que tienen por objetivo estimar el crecimiento y producción de raíces finas en tiempos determinados.

Madera muerta: Es un componente importante de la necromasa y el stock se puede inventariar midiendo (DAP ≥ 10 cm) o pesando (<10 cm) los trozos de madera muerta en el suelo. En el caso de los árboles muertos en pie deben ser incluidos en el inventario de la parcela mayor. Cada pieza de madera muerta se clasifica por su estado de descomposición (1-3 o 1-5). Se deben coleccionar muestras para calibrar esta escala y se necesita corregir el porcentaje de espacio vacío de la madera. La mortalidad de ramas y troncos (flujos) se monitorea en los mismos transectos donde se realizó la medición del stock y donde todos los pedazos de madera muerta han sido marcados (DAP ≥ 10 cm) o removidos (<10 cm).

Hojarasca: Es un componente de la necromasa pequeño pero importante y para conocer el stock se debe recolectar de la superficie del suelo usando cuadrantes de 50x50 cm.

Suelo: Muestras del suelo pueden ser tomadas a diferentes profundidades (0-30 cm es lo más importante) y utilizando el valor de la densidad del suelo podemos calcular el stock de carbono en este componente. La tasa de respiración de los diferentes componentes del suelo se puede medir tomando una muestra de aire por un tiempo definido, y analizando la concentración de CO₂ en la muestra, p.e. usando un analizador de gases infrarrojo.

Tema 2: Visita a R.N. Allpahuayo-Mishana

En la práctica se visitó la R.N. Allpahuayo-Mishana ubicada a 26.8 km en la carretera Iquitos-Nauta donde pudimos observar los experimentos de monitoreo intensivo de stock y flujos de carbono en bosques de altura sobre suelos arcillosos y de arena blanca. Asimismo, se mostró el uso de los diferentes instrumentos y equipos de campo utilizados en la medición de los flujos de carbono como el analizador de gases infrarrojo (EGM-4), el lente hemisférico, el uso de bandas dendrométricas, etc.



Tema 3: Flujos y stocks de carbono encima del suelo (Visita Jenaro Herrera).

3a Biomasa y crecimiento de tallos

La productividad primaria neta (PPN) es el resultado de la fotosíntesis menos la respiración; es decir, la cantidad de biomasa que gana la planta para su crecimiento después de realizar sus funciones vitales. En este caso, nos enfocaremos en el crecimiento del fuste medido utilizando bandas dendrométricas. Este instrumento es colocado en el fuste del árbol a 10 cm por encima del POM (punto de medición del DAP), según sea el caso. Se mide el diámetro inicial a la altura donde se colocará el dendrómetro y luego de tres meses se mide la variación con un vernier digital. El diámetro inicial se utiliza para determinar la biomasa del fuste y las ramas (Stock) y la variación del crecimiento, previamente corregida, se utiliza para determinar el incremento de la biomasa del fuste y ramas después de un determinado periodo de tiempo (Flujos). Por



lo tanto, se podrá estimar la cantidad de biomasa producida por las ramas y los fustes en tres meses, un año, etc. Este experimento, tiene mucha importancia para el estudio de la dinámica de crecimiento del fuste y ramas de los árboles en los bosques tropicales; además, nos da información a largo plazo sobre la evolución en la captura de carbono de dichos bosques, motivo por el cual, su aplicación debe ser con alta precisión y exactitud.

Rosmary Robles León¹, Luis Cruzado Blanco² y Dan Metcalfe³.

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ²Universidad Nacional Agraria de la Selva, ³University of Oxford

3b Producción de hojas y densidad de dosel

Para estimar la cantidad de biomasa en las hojas (stock) presentes en el dosel se toman fotografías hemisféricas del dosel, usando un lente especial: Fisheye en el centro de cada una de las 25 sub-parcelas de 20 x 20 m, que luego son analizadas con un software llamado Can-eye. Este programa permite obtener el LAI (índice de área foliar) que se expresa en m² de hojas por m² de suelo. Asimismo, debemos hacer un análisis de imágenes escaneadas de hojas colectadas del dosel o capturadas en los colectores de hojas para obtener el área foliar (m² hojas) usando el software Image-J y luego secar las hojas para obtener el peso seco (gr hojas). Con estos datos se calcula el LMA (peso de hojas por unidad de área) expresado en gr de hojas por m² de hojas. Con los datos ya obtenidos calculamos la biomasa. La estimación de la biomasa se puede realizar cada 2 meses para evaluar los cambios en este componente.



Para la estimación de la productividad de hojas es importante recordar que la productividad es un tipo de flujo, igual que la mortalidad; es decir son procesos que afectan al stock en el tiempo, por lo tanto su unidad está expresada en Mg (peso seco de hojas) ha⁻¹ año⁻¹. Teniendo en cuenta que el bosque está en equilibrio, la producción de hojas en el dosel será igual a la mortalidad de hojas. Por lo tanto, para la evaluación de este componente se utilizan colectores de hojarasca de 50 x50 cm instalados al centro de cada una de la 25 sub-parcelas dentro de parcela de 1 ha. Se colecta cada 15 días el material que cae dentro del colector como frutos, semillas, hojas, flores y ramitas con diámetro <2 cm. El material se clasifica y separa cuidadosamente, para luego obtener el peso seco en horno o estufa a 60°C. De esta manera obtenemos el peso seco de hojas expresado en gr por cm² en un intervalo de 15 días, con este resultado se calcula la productividad primaria neta (PPN) expresada en Mg ha⁻¹a⁻¹.

Vicente Pocomucha Poma¹; Jhon Del Aguila Pasquel²; Sonia Huang Del Aguila³.

¹Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María, ²Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, ³Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

3c Necromasa



Se considera como necromasa a la madera muerta y la hojarasca en proceso de descomposición. Para determinar el stock de la hojarasca, se procede a establecer 25 parcelas de 50 x 50 cm donde se recoge todas las hojas, flores y frutos sobre el suelo y se lleva el material para ser secado. Para determinar el stock de la madera muerta se definen cuatro transectos de 1 x 100 m distribuidos a lo largo de la parcela que deben estar correctamente delimitados. El procedimiento inicial consiste en separar los trozos por tamaño (2-

5cm, 5-10cm, >10cm) y grado de descomposición (1-5). Los trozos menores a 10 cm se pesan y cuando el peso supera los 2 kg se separa el 10% que será llevado a gabinete para ser secado y así determinar el contenido de humedad para el 100%. Además se realiza la evaluación de los individuos muertos en pie que se encuentran dentro de la unidad de muestreo mayor (parcela de 1 ha), a los cuales se les mide diámetro, longitud y grado de descomposición. Las evaluaciones consecuentes se realizan cada tres meses siguiendo la metodología antes explicada, con esto se podrá determinar el flujo de carbono del componente ramas y troncos. Cada tres años se realiza una remediación de la parcela con el fin de determinar los cambios en la necromasa en el tiempo.



Mirjana Porlles Arteaga¹, Silvia Leiva Martínez², Diandra Torres Monge³ y Jack Chung Gutiérrez⁴

¹ Universidad Nacional Agraria La Molina, ² Universidad Nacional Agraria de la Selva, ³ ACR Alto Nanay-Pintuyacu Chambira Proyecto Apoyo al PROCREL, ⁴ Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana

Tema 4: Flujos y stocks de carbono debajo del suelo (Visita Jenaro Herrera).

4a Productividad y dinámica de raíces

Por debajo del suelo existe una constante dinámica de crecimiento, ejercida principalmente por las raíces de la abundante vegetación que crece en los bosques de la Amazonía peruana. Las raíces son el soporte de la vegetación de los bosques, y asimismo representan la vía de intercambio de nutrientes y flujos de carbono. Por tanto, es importante cuando se estudia el stock y flujos de carbono analizar la productividad de las raíces finas. Para ello se utilizan dos experimentos denominados rhizotrones e ingrowth cores. Los rhizotrones son cámaras instaladas dentro del suelo excavando una cavidad cuadrada de 0.5x 0.5 x 0.5 m en 9 puntos de la parcela de 1 ha, distanciados entre sí cada 30 metros. Las cámaras consisten en una lámina transparente de polietileno de 21 cm de ancho por 30 cm de largo (papel A4) que es sostenida por un marco de metal y colocada en una de las paredes del hoyo, procurando mantener las condiciones iniciales. La longitud de las raíces se registra mensualmente colocando una transparencia A4 sobre la cara de la lámina, luego se procede a dibujar las raíces visibles con marcador indeleble. Este experimento permite comprender la dinámica de las raíces (flujos) en los diferentes tipos de bosque; por medio del cual



podemos evaluar, analizar y comprender el rol que cumplen las raíces en los suelos y cuantificar el carbono almacenado en ellos, por lo que es muy importante que los datos se tomen con responsabilidad. Los ingrowth cores son ensayos instalados en 16 puntos de la parcela de 1 ha, para lo cual se excavan hoyos de 30 cm de profundidad y 14 cm de diámetro. Los ensayos consisten en tubos cilíndricos hechos a base de mallas plásticas e hilo nylon, dentro de los cuales se coloca la tierra extraída libre de raíces, para que cada tres meses se realice la cosecha de raíces que se hayan desarrollado dentro de los Ingrowth cores. La malla permite la entrada de raíces, y cuando el suelo se cosecha, las raíces pueden ser colectadas con 4 repeticiones de 10 minutos, se extrae la mayor cantidad de raíces posibles, las cuales son pesadas y secadas a 50 °C hasta obtener un peso constante. Con estos datos podemos obtener la biomasa de raíces finas (primera cosecha durante la instalación), y posteriormente la productividad de raíces. Este experimento tiene mucha importancia pues permite obtener cada periodo de tiempo la dinámica del crecimiento de raíces, así como el flujo de la captura de carbono a largo plazo.



Nicolas Mesía¹, Lady Mathews², Juan Carlos García² y Federico Yepes³

¹Universidad Nacional Agraria La Molina, ²Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, ³Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

4b Respiración del suelo

El suelo es el componente más importante en la emisión de CO₂ a la atmósfera y su cuantificación se realiza utilizando la cámara cerrada de respiración total. Mediante este experimento se cuantifica la cantidad de CO₂ emitido por microorganismos (hongos y micorrizas principalmente), raíces y hojarasca. El experimento consiste en un tubo que se instala en el suelo a 10 cm de profundidad, donde se coloca la cámara cerrada conectada a un analizador de gases infrarrojo. Los tubos se colocan en el centro de las 25 sub-parcelas dentro de la parcela de 1 ha. Después de tres meses del establecimiento de los tubos, se realizan mediciones mensuales de la cantidad de CO₂ emitido por el suelo con el analizador de gases infrarrojo EGM-4. Es importante al momento de la evaluación, tomar la altura entre la parte superior del tubo en contacto con el EGM, y la superficie del suelo. Asimismo se debe tomar los datos de temperatura y humedad dentro y fuera del tubo. Con la metodología de las cámaras de respiración total se obtiene la concentración de CO₂ emitido por el suelo por unidad de tiempo, este dato nos permitirá conocer el flujo del CO₂ en el suelo y por lo tanto también la dinámica de emisión de CO₂ en los suelos de los bosques tropicales. También con esta metodología se obtiene los datos de temperatura y humedad utilizadas para relacionarla con la cantidad de CO₂ que emite el suelo a la atmósfera, ya que estos factores influyen directamente sobre el flujo de CO₂ del suelo.



Rosmery Robles León¹, Luis Cruzado Blanco² y Dan Metcalfe³.

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos, ²Universidad Nacional Agraria de la Selva, ³University of Oxford