

## INFORME TÉCNICO DE PROYECTO



<b>Organismo ejecutor:</b>	Universidad Tecnológica de Panamá /Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas
<b>Nombre del proyecto:</b>	Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del Canal de Panamá
<b>Código del proyecto:</b>	COL07-011
<b>Nombre del investigador principal:</b>	Dr. José R. Fábrega D.
<b>Dirección y datos de contacto:</b>	Universidad Tecnológica de Panamá, Sede Tocumen Apdo. 0819-07289 Tel.: 290-8412 Correo Electrónico: <a href="mailto:jose.fabrega@utp.ac.pa">jose.fabrega@utp.ac.pa</a> , <a href="mailto:cihh@utp.ac.pa">cihh@utp.ac.pa</a> Sitio web: <a href="http://www.utp.ac.pa/secciones/vipe/carbono">www.utp.ac.pa/secciones/vipe/carbono</a>
<b>Colaboradores:</b>	Ing. Erick Vallester, Universidad Tecnológica de Panamá Dr. Reinhardt Pinzón, Universidad Tecnológica de Panamá Dr. Francisco López, Universidad de Castilla La Mancha – Albacete Dr. Jan Hendrickxs, New Mexico Inst. of Mining and Technology

<b>Fecha de entrega de este informe:</b>	11/02/2009
<b>Etapas del proyecto:</b>	ETAPA 1
<b>Período cubierto en este informe:</b>	24/07/2007 – 31/05/2008
<b>Tiempo de ejecución del proyecto:</b>	24 meses
<b>Monto total del proyecto:</b>	99,740.00
<b>Monto asignado a la etapa en curso:</b>	47,370.00

## Contenido

Sección	Página
INFORME TÉCNICO DE PROYECTO .....	1
Agradecimientos .....	3
Resumen.....	4
Abstract .....	4
Antecedentes .....	5
Beneficios y principales beneficiarios .....	6
Impacto esperado .....	7
Objetivos del proyecto .....	7
Colaboradores del proyecto.....	8
Metodología .....	9
Productos .....	11
Estrategia de divulgación del proyecto .....	16
Conclusiones y recomendaciones .....	16
Bibliografía .....	17
ANEXOS .....	19
Anexo 1: Informe del Seminario de capacitación en ERDAS.....	20
Anexo 2: Informe Del Lanzamiento Del Proyecto.....	21
Anexo 3: Informe del I Seminario de avance del proyecto COL07-011.....	23
Anexo 4: Informe De Pasantía Del Dr. Jan Hendrickx .....	26
Anexo 5: Informe Del Inventario Forestal.....	28

## **Agradecimientos**

Nuestro más sincero agradecimiento al personal técnico del CIHH por su apoyo a la culminación de esta etapa del proyecto, muy en especial al Técnico José Rodríguez, quien está encargado del mantenimiento de la torre de Gamboa. Al Lic. Kleveer Espino también del CIHH, por su asesoría relativa a la supervisión del inventario forestal. Igualmente, el Dr. Fred Ogden del University of Wyoming, por su tiempo en atender consultas técnicas relativas al proyecto. Finalmente, al grupo del 2008 de práctica de campo de la carrera de Ing. Ambiental de la Universidad Tecnológica de Panamá, dirigido por el profesor Noriel Franco, por la realización de las pruebas tendientes a la contabilización de biomasa en la hojarasca del bosque.

## **Título del proyecto:**

**Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del Canal de Panamá**

---

**Palabras claves:** Flujo de carbono, estimación de carbono, hojarasca, inventario forestal, Gamboa Panamá.

---

## **Resumen**

Este informe detalla las actividades realizadas y el informe financiero correspondiente al desarrollo de la primera etapa del proyecto SENACYT COL07 – 011 titulado “**Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá**”, para el período comprendido entre el 24 de julio de 2007 al 31 de mayo de 2008. Esta investigación se realiza en el observatorio de hidrología tropical de Cerro Pelado (Gamboa), el cual cuenta con una torre meteorológica de 40 metros de altura, con capacidad para la medición de evapotranspiración, precipitación, radiación solar, velocidades y dirección del viento en 3 dimensiones, y flujos de Carbono y vapor de Agua. El aporte científico de este trabajo será el estudio del flujo de carbono en cuencas tropicales, y el desarrollo de capacidades nacionales en el área. Los productos acordados para la primera etapa y que se describen en el Memorando de Entendimiento (MDE) del proyecto, han sido completados en un 100%. Entre estos productos destacan la adquisición de un medidor de respiración fotosintética y de suelos LiCOR 6400, y el inventario forestal de un área de una hectárea alrededor de la torre meteorológica antes mencionada.

## **Abstract**

This report details the activities and the financial report corresponding to the first stage of project SENACYT COL07 - 011 entitled “**Quantification of the carbon flow in a tropical rainforest in the Panama Canal watershed**”, for the period between July 24, 2007 to May 31, 2008. This research is developed in the tropical hydrology Laboratory of Cerro Pelado (Gamboa), which has a meteorological tower of 40 meters of height, capable of measuring evapotranspiration, precipitation, solar radiation, wind direction and velocity in 3 dimensions, and carbon and water vapor flows. The scientific contribution of this work will be the study of carbon fluxes in tropical rainforest, and the development of national capacities in the area. The products corresponding to the first stage of this project and described in the Memorandum of Understanding (MOU) have been completed in a 100%. Among these products we can emphasize the acquisition of a LiCOR 6400 analyzer, to measure respirometry of plants and soils; and also, the tree inventory made for a 1-hectare area around the meteorological tower already mentioned.

## Antecedentes

Una realidad con la cual convivimos los seres humanos es el cambio climático. A lo largo del siglo XX, la temperatura media mundial ha aumentado entre 0,3 °C y 0,6 °C (1). Con los 10 años más cálidos que se han registrado, ocurriendo posterior a 1991. Además, existe un amplio consenso entre los científicos en que la causa de todo esto son las emisiones de gases de invernadero producidas por la actividad humana. Se ha determinado que las concentraciones de gases de invernadero son mayores ahora de lo que lo han sido en los pasados 450 000 años, y la previsión es que sigan aumentando. (1) En consecuencia, se prevé que para el año 2100 las temperaturas aumenten entre 1,4 y 5,8 °C (con respecto a las temperaturas de 1990) a nivel mundial. Estos incrementos pueden parecer pequeños, pero son significantes si los comparamos con la temperatura media global durante la última glaciación (hace alrededor de 11.500 a 70.000 años) que eran de 5-6°C más frías que las actuales. (2) Una situación como la descrita sería negativa para nuestro país, dado que ciertas zonas costeras quedarían inundadas y posiblemente el deshielo en el ártico pueda abrir una ruta de navegación viable en esa parte del mundo, afectando seriamente la competitividad del canal.

La preocupación de los gobiernos por disminuir los efectos del cambio climático se ha canalizado a través de las Naciones Unidas. Estos esfuerzos tuvieron como uno de sus resultados, la firma del Protocolo de Kyoto por 160 países. Este Protocolo establece un compromiso legalmente vinculante de reducción a los países industrializados. Kyoto establece 4 principios básicos: i) *justicia* (los países desarrollados deben soportar la mayor parte de la carga, pues son los que más contaminan), ii) metas por fases (reducción en el periodo de 2008-12 un 5.2% por debajo de los niveles 1990), iii) *bajo costo* (mecanismos flexibles para poder alcanzar los objetivos: comercio de derechos de emisión, mecanismos de desarrollo limpio e implementación conjunta) y iv) *significante* (reducir a nivel global los niveles de CO<sub>2</sub>, y no importa donde; por ello el protocolo debía ser ratificado por al menos el 55% de las partes que suman en total esta cantidad de emisión global).

Esta investigación se enfoca en la cuenca del Canal de Panamá, la cual no es sólo la fuente de agua para la operación del Canal de Panamá, sino que además sule agua para uso doméstico e industrial a la ciudad de Panamá. Eventos tales como sequías o cambios en el uso del suelo, pudieran causar un desastre no sólo a nivel de Panamá, sino para el comercio mundial. Aunque actualmente, dos tercios de los bosques de la cuenca del Canal de Panamá están protegidas bajo la figura de Parque Nacional o Monumentos de la Naturaleza, se hacen necesarios cambios en la protección de los bosques y control de contaminación. (3) Existen pocos estudios detallados de los flujos de carbono en los trópicos por: la falta de accesibilidad, una topografía difícil, una vegetación densa, y lo exigente de las condiciones de trabajo. Dado que los trópicos húmedos cubran un 22% de la superficie terrestre, hace que este proyecto tenga una importancia global.

Este proyecto busca crear capacidades en el país para la cuantificación de flujo de carbono mediante la validación de modelos numéricos y la realización de mediciones de campo, como a través de cursos dictados por los investigadores especialistas (Dr. López – UCLM y Dr. Hendrickx – NMT) involucrados en esta investigación.

El sitio a emplear como laboratorio es un terreno propiedad de la UTP en Cerro Pelado, Gamboa, dentro de la Cuenca del Canal de Panamá. En este sitio se han instalado una torre meteorológica

de 40 metros de alto, con instrumentación capaz de medir velocidades y dirección de viento en 3 dimensiones, evapotranspiración, precipitación, radiación solar y un medidor de flujo de Carbono y vapor de Agua (LI-COR 7500).

El componente internacional de este proyecto es liderado por el Dr. Francisco López de la Universidad de Castilla - La Mancha (UCLM), cuyo grupo ha estudiado el flujo de carbono principalmente en bosques mediterráneos, por lo que el interés de ellos es ampliar su conocimiento para bosques tropicales. En tanto, el equipo de investigadores de New Mexico Institute of Mining and Technology (NMT) tiene una amplia experiencia en el estudio de la hidrología tropical a través de investigaciones realizadas en Panamá, en conjunto con investigadores de la UTP y otros países del trópico tanto en América Latina como en África.

Este proyecto refuerza los lazos existentes de colaboración científico-técnico entre la UTP y las Universidades extranjeras (NMT y UCLM). Con el NMT se realizó el estudio integral de la Cuenca Alta del Río Chagres. Además, se inició el estudio titulado **“CALIBRACIÓN DE UN MODELO HIDROLÓGICO PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS VOLÚMENES DE AGUA QUE FLUYEN EN UN BOSQUE TROPICAL HÚMEDO: CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ”** financiado por SENACYT, con la participación del Dr. Hendrickxs. Con UCLM, se presentó en el año 2006 una propuesta denominada **CARACTERIZACIÓN DE ECOSISTEMAS DE INTERÉS ESTRATÉGICO COMO BASE PARA UN APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS** cuyo objetivo era determinar, delimitar y caracterizar ecosistemas de interés estratégico para los países del consorcio (España, Cuba, Brasil, Costa Rica, Chile y Panamá).

## Beneficios y principales beneficiarios

Este proyecto trae beneficios tales como:

1. Se hace un estudio profundo del flujo de carbono en cuencas tropicales, las cuales han sido poco estudiadas
2. Se crea la capacidad institucional en la cuantificación de uno de los principales gases responsables del efecto de invernadero, a través de la transferencia de conocimientos que en la materia se obtendrá de expertos internacionales.
3. El estudio a realizarse servirá de base para el aprovechamiento de los bosques como sumidero y depósito de gases de efecto invernadero, y su posible comercialización como certificados de carbono.

Este proyecto presenta como sus principales beneficiarios a las siguientes instituciones/grupos:

*A. Autoridad del Canal de Panamá.* Se conocerá con mayor exactitud el flujo y reserva de carbono existente en la Cuenca del Canal de Panamá

*B. Comunidad científica nacional e internacional.* Dado que este proyecto conlleva un estudio profundo del flujo de carbono en cuencas tropicales, las cuales han sido poco estudiadas.

*C. Universidad Tecnológica de Panamá.* Creación de la capacidad técnica en la UTP que permita la cuantificación del flujo de carbono, utilizando un bosque húmedo tropical como caso estudio. La transferencia de tecnología por parte de los expertos internacionales con experiencia en el tema de las Universidades de Castilla La Mancha (UCLM) y New Mexico Institute of Mining and Technology (NMT).

*D. New Mexico Tech y Universidad Castilla La Mancha.* Al estar realizando investigaciones similares, estas instituciones se beneficiarán de la información que se obtenga en este proyecto, dado que nuestra investigación se hará bajo condiciones diferentes a las encontradas por ellos.

*E. Autoridad Nacional del Ambiente.* Con este estudio se podrá tener una mejor base científica para el desarrollo de políticas por parte de la ANAM que conlleven al uso óptimo de los bosques como sumidero y depósito de gases de efecto invernadero, y su posible comercialización como certificados de carbono.

## **Impacto esperado**

El impacto en la base científica del país será significativo por varias razones: a) La creación de capacidades técnicas a nivel institucional, gracias a la transferencia de conocimientos (know how) de expertos extranjeros en el tema, b) La obtención de información de flujo de carbono en ecosistemas de bosques tropicales húmedos, c) El desarrollo de un área permanente para investigación en el tema.

Como ya hemos mencionado, la falta de capacidad institucional en la medición de flujo de carbono es un problema con que cuenta nuestro país. Esto nos hace depender de investigadores extranjeros o en el mejor de los casos de un investigador nacional, pero de forma aislada. Es aquí, en donde este proyecto tiene un mayor impacto, dado que permitirá la creación de esta capacidad institucional en el CIHH, a través de la transferencia de conocimientos que en la materia se obtendrá de expertos internacionales. En adición, esta data podría utilizarse como insumos por parte del Estado, en las negociaciones que en materia de mecanismos de desarrollo limpio, se llevan a cabo.

Finalmente, la preocupación global de los efectos de invernadero nos obliga como país a adquirir los conocimientos y desarrollar la tecnología necesaria para la cuantificación de flujos de carbono, basada en la experiencia de países desarrollados.

## **Objetivos del proyecto**

### **Objetivo general**

Crear la capacidad institucional y técnica a nivel nacional que permita a Panamá estimar el contenido de carbono en diferentes zonas de vida.

### **Objetivos específicos**

Los objetivos específicos planeados para esta etapa y que fueron presentados en el Memorandum de Entendimiento (MDE) fueron:

- 1. Recolección bibliográfica.*

2. Lanzamiento.
3. Desarrollar la página web del proyecto.
4. Determinar las especies dominantes y contabilizar las especies maderables.
5. Adquirir el equipo de medición de carbono a nivel de planta-suelo.
6. Adquirir del programa ERDAS y adiestrar el personal a emplearlo.
7. Informe de avances y seminarios de divulgación (UCLM – NMT – UTP).

## Colaboradores del proyecto

**DR. JOSÉ R. FÁBREGA D., Investigador Principal.** *Universidad Tecnológica de Panamá, Tel. 290-8412, jose.fabrega@utp.ac.pa. Investigador Principal. Dedicación mensual: 25%.*

El Dr. Fábrega como investigador principal del proyecto tuvo a su cargo en esta etapa la supervisión de todos los aspectos del mismo. Igualmente, sirvió como enlace principal con SENACYT, e investigadores internacionales. Desde el punto de vista técnico su función principal ha sido la confección y edición de este informe y la revisión de informes (inventario, análisis de huella).

**ING. ERICK VALLESTER, Co-Investigador Principal 1,** *Universidad Tecnológica de Panamá. Tel. 290-8412, erick.vallester@utp.ac.pa. Dedicación mensual: 10%.*

El Ing. Vallester como Director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la UTP tuvo como principal función velar porque las actividades del proyecto se realicen ajustándose a las políticas de la Universidad. Igualmente, tuvo a su cargo decisiones de tipo presupuestario (aprobación final de las mismas) y de asignación de recursos dentro del CIHH. Igualmente, participó en la revisión del presente informe.

**DR. REINHARDT PINZÓN, Co-Investigador Principal 2.** *Universidad Tecnológica de Panamá, Tel. 290-8412, reinhardt.pinzon@utp.ac.pa. Dedicación mensual: 25%.*

El Dr. Pinzón trabajó en lo relativo al análisis de huella de la torre y en el cálculo de carbono en la hojarasca. Igualmente, participó en la revisión de este informe y en la revisión técnica de documentos relativos al equipo LiCOR 6400.

**DR. FRANCISCO LÓPEZ, Co-Investigador Principal 3,** *Universidad de Castilla La Mancha – Albacete. Dedicación mensual: 5 %.*

En esta etapa el principal apoyo del Dr. López fue brindar su asesoría en lo relativo a la compra del equipo LiCOR 6400. Se mantuvo comunicación vía internet.



**DR. JAN HENDRICKXS**, *Co-Investigador Principal 4., New Mexico Institute of Mining and Technology. Dedicación mensual: 5%.*

El Dr. Hendrickxs nos brindó su apoyo dictando un curso básico en la utilización del programa ERDAS, empleado en el procesamiento de imágenes satelitales, y nos ayudó en las explicaciones relativas al cálculo de la huella de la torre.

**TEC. JOSÉ RODRÍGUEZ**, *Asistente técnico, Universidad Tecnológica de Panamá, Tel. 290-8412, jose.rodriguez@utp.ac.pa. Dedicación mensual: 5%*

El Téc. Rodríguez participó en esta etapa en las visitas al sitio en estudio y tiene a su cargo la importante tarea de dar mantenimiento a los equipos instalados en la torre de 40 metros y la descarga de los datos generados.

**LIC. KLEVEER ESPINO**, *Asistente técnico, Universidad Tecnológica de Panamá, Tel. 290-8412, kleveer.espino@utp.ac.pa. Dedicación mensual: 5%*

El Lic. Espino participó en la realización del inventario forestal, y está evaluando el material que llegó conjuntamente con el equipo LiCOR

**ING. IRIS ARJONA**, *Asistente administrativa, Universidad Tecnológica de Panamá, Tel. 290-8412, iris.arjona@utp.ac.pa. Dedicación mensual: 5%*

La Ing. Arjona tiene a su cargo dentro de este proyecto la coordinación financiera, es decir, el control de ingresos/egresos y los detalles del informe financiero del proyecto.

**ING. ANELLY ROMÁN**, *Asistente administrativa, Universidad Tecnológica de Panamá, Tel. 290-8412, anelly.roman@utp.ac.pa. Dedicación mensual: 5%*

La Ing. Román tiene a su cargo el control de las giras realizadas y además, participa en la revisión y reproducción del presente informe.

## Metodología

Para esta etapa la única actividad que requirió una metodología científica fue el inventario forestal que se presenta en el anexo 5. A continuación se presenta un resumen de la metodología empleada para esta actividad.

**Inventario forestal.** Con el objetivo de estimar el contenido de Carbono de una hectárea de bosque se optó por el establecimiento de una parcela permanente para estudios a largo plazo. Este tipo de parcela además de permitirnos estimar los parámetros necesarios para los análisis del contenido de carbono, es la base para determinar el comportamiento y distribución de las especies que conforma el ecosistema y también nos permite estimar los cambios que se puedan dar a largo plazo (4). La parcela se orientó en dirección del norte magnético, con el propósito de facilitar la ubicación de los sitios. Dentro de este perímetro se crearon una malla y sub-mallas que definían cuadrantes y sub-cuadrantes respectivamente. Para delimitar la parcela y seguir los

rumbos fueron utilizadas brújulas y para medir sus distancias se utilizaron cintas métricas convencionales. Esto permitió definir la columna principal de la parcela, tomando como punto central la torre meteorológica de 40 metros de altura. Esta primera columna sirvió de guía para cuadrar las columnas subsiguientes de la malla. Dentro de la parcela se marcaron todos los individuos o árboles cuyos diámetros a la altura de pecho (DAP) fueron mayores o iguales a 10 cm, en cada uno fueron realizados 3 tipos de mediciones diferentes; altura total, altura comercial y altura de copa. En la marcación se utilizaron chapas “tags” de aluminio con numeración grabadas en bajo relieve, unidas o sujetas al árbol con clavos de aluminio de 3 pulgadas.

Todos los individuos fueron identificados en sitio, en los casos que existieran dudas sobre la identificación de una especie, fueron colectadas muestras testigos “vouchers” para compararlas en el herbario de la Universidad de Panamá. Se obtuvieron planos de localización de todos los individuos dibujando su posición relativa sobre una cuadrícula que representa cada cuadrante y sus subdivisiones. En las estimaciones de la biomasa se siguió la metodología propuesta por Brown y Lugo (5) basada en ecuaciones de regresión alométricas las cuales fueron ajustadas para cada ecosistema tropical por Chave *et al.* (6).

**Hojarasca.** Se usó la metodología empleada por Schlegel, *all et* (7), en el cual la muestra de hojarasca es obtenida al marcar una parcela circular de 450 m<sup>2</sup>. La parcela a su vez se divide en cuatro cuadrantes y en los cuadrantes II, III, IV, se marca un metro cuadrado de donde se obtiene la muestra de hojarasca, la figura No. 1, ilustra el procedimiento.

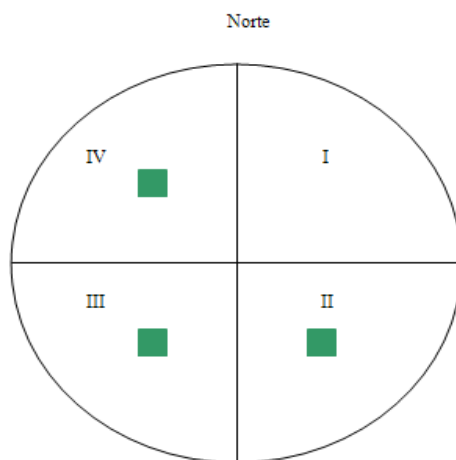


Figura 1. Esquema de una parcela de 450 m<sup>2</sup> usada para realizar la recolección de hojarasca.

#### **Actividades desarrolladas**

De acuerdo al Memorándum de Entendimiento (MDE) del Proyecto COL07-011, titulado “Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá”, se propuso las siguientes actividades, definidas en el MDE como objetivos específicos de la etapa 1.

**Recolección bibliográfica.** Se han adquirido una serie de libros y material de referencia que nos han ayudado a iniciar una pequeña biblioteca en el área de medición de flujos de carbono y

medición de flujos de carbono a nivel de planta y suelo. La lista de libros adquiridos se presenta a continuación:

- Carrasquilla, Luis G, Árboles y Arbustos de Panamá, 1<sup>era</sup> edición, 2006. pp. 478.  
 Carbon Capture and Sequestration: Integrating Technology, Monitoring and Regulation. Edited by Elizabeth J. Wilson and David Gerard. Blackwell Publishing. 2007. pp. 269.  
 Carbon Dioxide Capture and Storage, IPCC Special Report, WMO/UNEP. Cambridge University Press. 2005. pp. 431.  
 Fluxes of Carbon, water and energy of European Forests, Edited R. Valentini, Springer. 2003, pp. 270  
 Takakura, Tadashi; Fang, Wei, Climate Under Cover, 2<sup>nd</sup> Edition, Kluwer Academic Publishers, 2002. pp. 190.  
 Terrestrial Biospheric Carbon Fluxes: Quantification of Sinks and Sources of CO<sub>2</sub>, Edited by Joe Wisniewski and R. Neil Sampson, Kluwer Academic Publishers. 1993. pp 696.

**Lanzamiento.** El día lunes 22 de octubre, se llevó a cabo el lanzamiento formal del proyecto COL07-011. Todos los detalles de este evento se encuentran desarrollados en la sección de productos del presente informe.

**Determinación de especies dominantes y contabilización de especies maderables.** Se encuentra desarrollado en la sección de productos del presente informe.

**Adquisición de equipo e insumos.** Se encuentra desarrollado en la sección de productos del presente informe.

**Desarrollo del sitio web del proyecto.** Se encuentra desarrollado en la sección de productos del presente informe.

**Adquisición del programa ERDAS y adiestramiento del personal a emplearlo.** El programa ERDAS fue adquirido a inicios de octubre del 2007, y el seminario de capacitación del mismo se realizó entre el 22 al 26 de octubre. Esta capacitación fue brindada por el profesor Jan Hendrickx, CO-IP del proyecto. Tanto la compra del programa como los honorarios del profesor Hendrickx por dictar este curso, fueron aportados por fondos que para este fin se tenían destinados en el proyecto COL07-036: *"Monitoreo del efecto que los eventos puntuales de lluvia tienen en la calidad de agua de las fuentes de abastecimiento para potabilizadoras en la ciudad de Panamá."*

**Informe de avance y seminarios de divulgación.** Se encuentra desarrollado en el la sección de productos del presente informe al igual que en la sección de divulgación.

## Productos

**Ejecución de los productos correspondientes a la primera etapa del proyecto.** En la tabla No.1 se presentan el grado de avance (en términos porcentuales), de los productos esperados para esta primera etapa del proyecto.

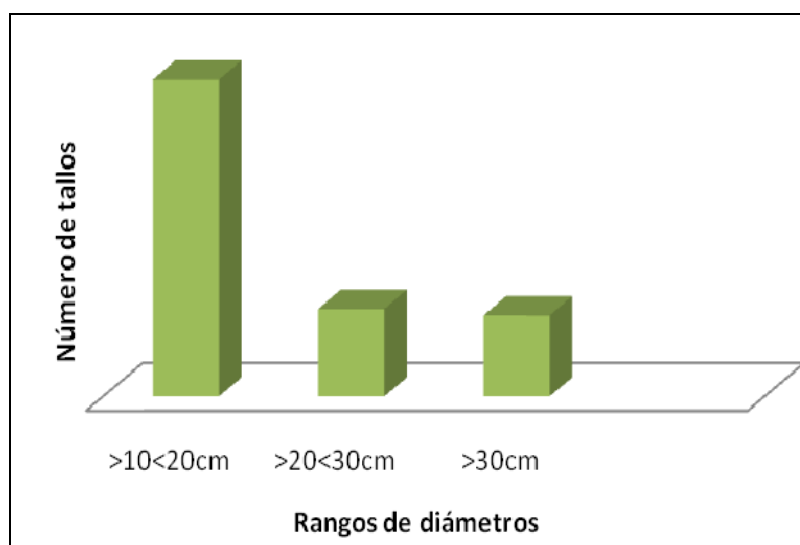
**Tabla No.1. Avances Actuales del proyecto**

	Resultados	Porcentaje
--	------------	------------

	<b>de avance</b>
1. Contabilización de especies maderables y dominantes del área de Cerro Pelado, Gamboa	100%
2. Adquisición del equipo de medición de flujo de carbono a nivel planta-suelo	100%
3. Adquisición del programa ERDAS	100%
4. Creación de la página web del proyecto	100%
5. Lanzamiento formal del proyecto	100%
6. Informes de Avance	100%
7. Seminario de divulgación	100%

### DETALLES DE LOS AVANCES ACTUALES DEL PROYECTO

**Contabilización de especies maderables y dominantes del área de Cerro Pelado, Gamboa.** Se completo un inventario de las especies maderables y dominantes del área bajo estudio, con un diámetro de pecho de 10 cm. Estos árboles se concentran en un área de 1 hectárea, periférica a la huella de la torre de 40 metros localizada en Cerro Pelado, Gamboa. Para la realización de este inventario se subcontrato a la empresa Flora Tropical. En la figura 2 y las tablas 2 y 3 se muestran los principales resultados de este estudio. En el anexo 5 se presenta el informe con los resultados de este inventario.



**Figura No.2.** Distribución del número de tallos según el rango de sus diámetros a la altura del pecho de un total de 383 árboles.

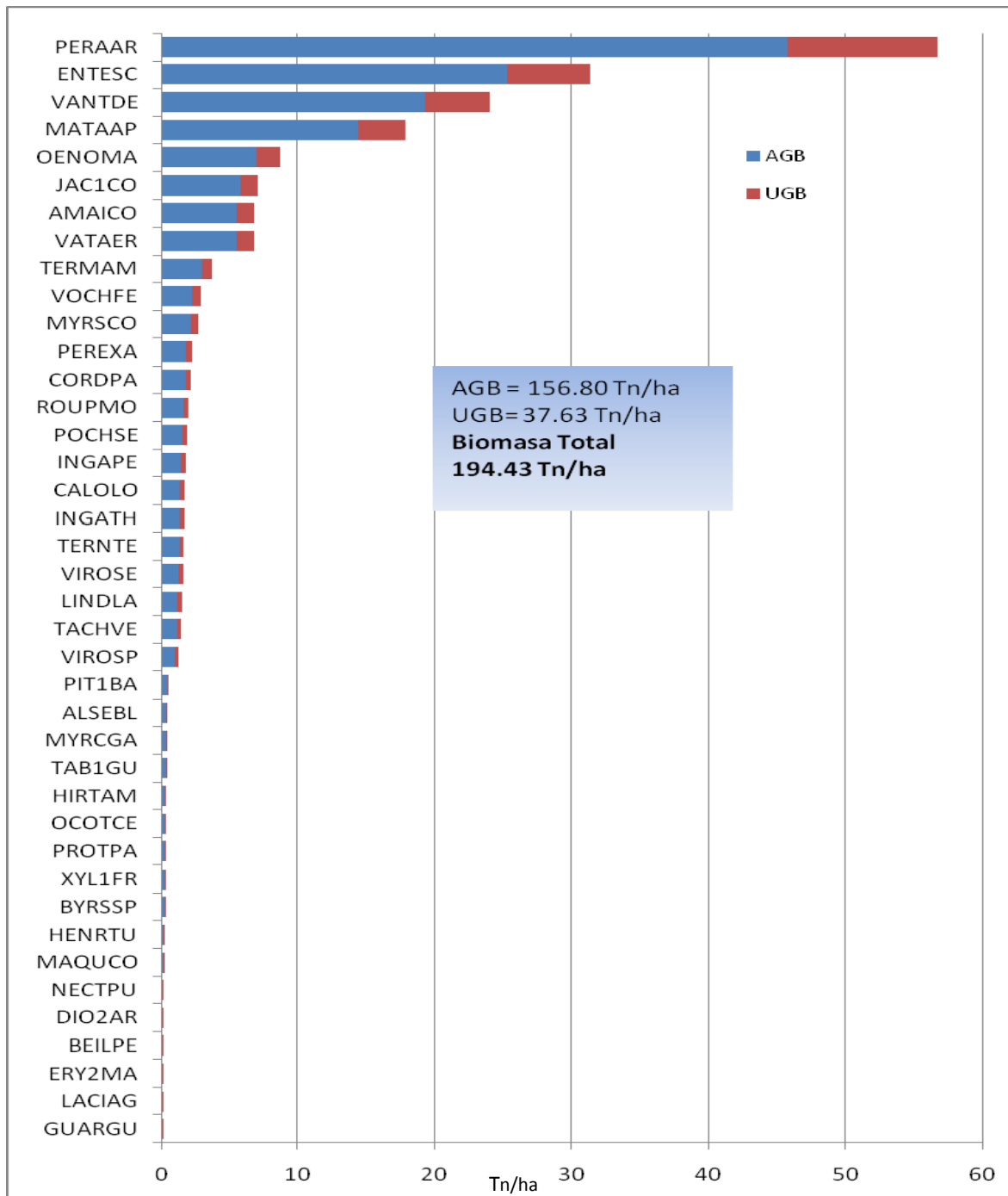
**Tabla No. 2.** Biomasa sobre el suelo, biomasa de las raíces, biomasa total y el contenido de carbono calculado en la parcela.

<i>Lugar</i>	<i>AGB (Tn/ha)</i>	<i>UGB (Tn/ha)</i>	<i>BiomasaTotal</i>	<i>Cantidad de</i>
--------------	--------------------	--------------------	---------------------	--------------------

	<i>(Tn/ha)</i>			<i>Carbono (Tn/ha)</i>
<b>Cerro Pelado Panamá</b>	156,80	37,63	194,43	<b>97,21</b>

En la figura 3 se muestra una gráfica que representa la biomasa total de 194.43 Tn/ha desglosada para demostrar el aporte de cada una de las especies dentro de las parcelas. Cabe destacar que en esta gráfica se expresan los valores de la biomasa sobre el suelo (AGB) y la biomasa debajo de la raíces (UGB). Igualmente, podemos observar que la especie dominante es la Pera Arborea (PERAAR). El nombre completo de las especies se presenta en el informe en el anexo 5.

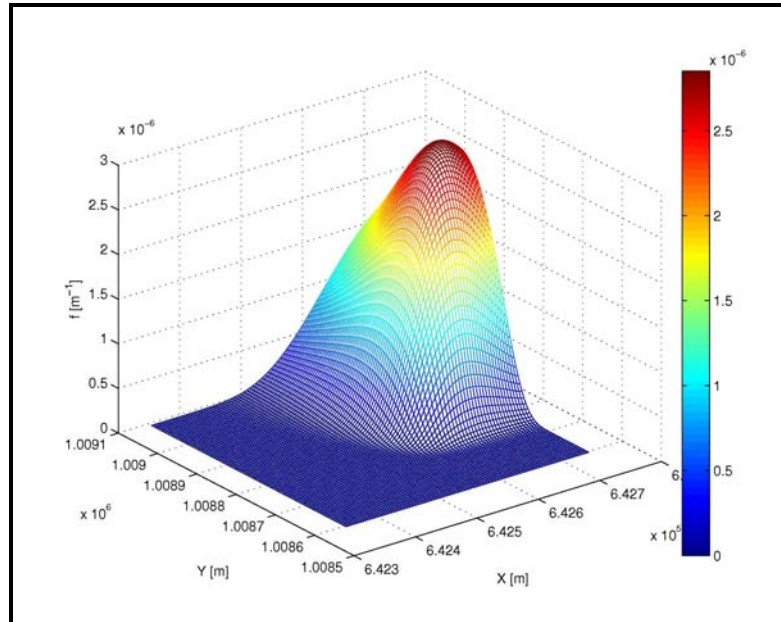
**Hojarasca.** Un valor de **2,2 tn/ha** de carbono se obtuvo de la medición de los pesos secos y húmedos de las muestras de hojarasca recolectadas y analizadas en la parcela estudiada.



**Figura No.3.** Biomasa total aportada por cada una de las especies de las parcelas estudiadas.

**Footprint.** Como un primer intento para estimar la huella de carbono o *Footprint* se utilizó la aproximación del modelo analítico de Hsieh, et al (8) para capas de flujos de superficies atmosféricas estratificadas. La principal ventaja de usar este tipo de evaluación radica en su capacidad de relacionar la estabilidad atmosférica ( $L_{OB}$ ), la altura del dosel ( $z_{max}$ ), la rugosidad de la superficie ( $z_0$ ) con el flujo de carbono y la huella. Agregar que estos primeros “resultados” buscan

más que todo el desarrollo del ejercicio de sondear a través de esta función analítica, los datos y mediciones que se vienen llevando a cabo en los equipos instalados en la torre de Cerro Pelado. La figura 4 muestra una imagen del Footprint para un día en particular.



**Figura No.4.** Footprint estimado para condiciones estables, donde  $z_0= 1,3$  m,  $z_{max.}= 20,0$  m, y  $L_{08}=14$  m.

**Elaboración de un manuscrito como base de un artículo científico a publicar.** Se ha elaborado un documento que esta en revisión y que es la base para un artículo de publicación en revistas internacionales de excelencia científica. Un título tentativo de este material es, *“Estimates of Biomass and Fixed Carbon at a Rainforest Permanent Plot in Panama”*.

**Adquisición del equipo de medición de flujo de carbono a nivel planta-suelo.** Para este proyecto se ha gestionado la compra de un instrumento LICOR-6400XTP y una cámara o aditamento modelo 6400-09 para la evaluación del intercambio de  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  a nivel de planta y suelo, la aproximación que se propone medir estos flujos a nivel de hoja y en suelo utilizando un sistema de medida de intercambio de gases de forma periódica a lo largo de una serie de días cubriendo un ciclo vegetativo completo anual.

**Adquisición del programa ERDAS.** El programa ERDAS 9.1., software utilizado para el procesamiento de imágenes satelitales ya fue adquirido. Igualmente, se capacitó personal del CIHH para su empleo, a través de un seminario en la semana del 22 al 26 de octubre de 2007 dictado por el Dr. Jan Hendrickx. El mismo fue realizado en las instalaciones del CIHH – UTP (ver informe en anexo 1). Dicho seminario contempló el desarrollo de ejercicios o “laboratorios” brindando la posibilidad de poner en práctica lo asimilado en el curso. Además, se incluyó una visita de campo a la cuenca hidrográfica en la región de Pacora y áreas aledañas. En esta actividad se pudo comprobar in situ las ideas, conceptos y alcances de paquete informático ERDAS 9.1 en lo referente al tratamiento de imágenes adquiridas por sensores remotos.

**Creación del sitio web del proyecto.** Se construyó una página web exclusiva del proyecto bajo el dominio de la UTP. Esta página puede ser accesada a la siguiente dirección [www.utp.ac.pa/secciones/vipe/carbono](http://www.utp.ac.pa/secciones/vipe/carbono). Es importante mencionar que para la creación de la página web de este proyecto, se han capacitaron a tres (3) funcionarios del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH), quienes tomaron un seminario de 40 horas en la UTP. Esta capacitación se desarrolló entre el 11 de Septiembre al 1 de Noviembre de 2007.

**Lanzamiento Formal del Proyecto.** El acto del lanzamiento formal del proyecto se llevó a cabo el día lunes 22 de octubre del 2007, con la finalidad de dar a conocer, tanto a la comunidad universitaria como a las instituciones y personas interesadas, los antecedentes, objetivos, metodología y resultados esperados con la ejecución de este proyecto. (Ver informe de Lanzamiento en anexo 2.)

**Informes de avance y Seminarios de divulgación.** Éstos son presentados aproximadamente a la mitad de cada etapa con el fin de informar a SENACYT los logros realizados durante el desarrollo de este proyecto. El informe de avance correspondiente a la primera etapa fue presentado el 11 de enero de 2008 y cubrió las actividades realizadas entre el 3 de julio de 2007 al 30 de noviembre de ese mismo año. Los seminarios de divulgación se realizan con el fin de dar a conocer el proyecto y sus capacidades a los profesionales y estudiantes afines a la UTP, con el objetivo de incentivarlos a participar en las actividades que se realizan con miras a la investigación. El seminario de divulgación correspondiente a esta etapa se realizó el 10 de abril de 2008 con la participación de funcionarios de diversas instituciones con interés en el tema. (Ver informe del mismo en el anexo 3).

**Otras actividades.** Gracias al programa Estímulo 2007 de SENACYT, se logró que el profesor Hendrickx realizara una pasantía en Panamá que se dividió en dos fases, la primera entre el 20 al 25 de Julio y la segunda entre el 22 y 26 de octubre de 2007. Una descripción detallada de las actividades realizadas durante esta visita se describe en el anexo 4. Esta visita sirvió para que se brindara al personal del CIHH una capacitación acerca del empleo del software ERDAS, además se realizaron reuniones de coordinación de este proyecto.

## Estrategia de divulgación del proyecto

La estrategia de divulgación se realiza a través de diversas actividades dentro de cada una de las etapas del proyecto. En esta etapa, la divulgación de este proyecto se lleva a cabo a través de las siguientes actividades:

- a. Lanzamiento del proyecto
- b. Desarrollo del sitio web
- c. Entrega de los informes de avance
- d. Seminario de divulgación.

Estas actividades fueron desarrolladas en la sección de productos.

## Conclusiones y recomendaciones



En esta etapa se completaron los productos esperados, lográndose adquirir la instrumentación requerida para la realización de pruebas de respiración en plantas y suelos, planeadas para la siguiente fase del proyecto. Igualmente, con esta instrumentación (LiCOR 6400XT) esperamos complementar las mediciones que se obtienen en la torre meteorológica que utiliza el LiCOR 7500 para mediciones de flujo neto.

En el marco del inventario forestal realizado, se comprobó la gran diversidad del ecosistema bajo estudio, encontrándose 383 árboles que representan más de 40 especies diferentes, siendo la Pera Arbórea la más dominante. La estimación de biomasa por hectárea arrojó valores bastante cercanos a los obtenidos en otros estudios. Igualmente, se realizaron estimaciones de la biomasa en la hojarasca, la cual arrojó un valor de 2.2 ton/ha.

Finalmente, se pudo completar el seminario de capacitación del programa ERDAS, el cual nos permitirá hacer estimaciones de flujo neto a través de imágenes satelitales.

## Bibliografía

1. Gómez-Echverri, Luis, Editor, **2002**, Cambio Climático y Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, y Yale School of Forestry and Environmental Studies, San José, Costa Rica.
2. López-Serrano, Francisco, **2006**, El Bosque como Sumidero de CO<sub>2</sub>, Presentación en la primera jornada de Ecología y Conservación, Universidad Tecnológica de Panamá.
3. Ibañez R, Condit, R, Angehr, GR, Aguilar, S, García, T., Martínez, R, Sanjur, A., Stallard, R. F., Wright, S. J., Rand, A. S. y Heckadon, S., **2002**. An ecosystem report on the Panama Canal: monitoring the status of the forest communities and the watershed: *Env. Monitor. Assess.*, 80:65-95.
4. Burslem, David F.R.P., N.C. Garwood & S.C. Thomas. **2001**. Tropical Forest Diversity: The plot Thickness. *Science*, 291 (5504), p. 606-607.
5. Brown, Sandra & Lugo, Ariel E. **1984**. Biomass of Tropical: A new Estimate Based on Forest Volumes. *Science, New Series*. (223) 4652, p. 1290-12-93
6. Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers. D. Eamus, H. Folster. F. Fromard. N. Higuchi, T. Kira, J.-P. Lescure, B. W. Nelson, H. Ogawua, H. Puig, B. Riéra & T. Yamakura., **2005**. Tree allometry and improved estimation of carbón stocks and balance in tropical forest. *Oecología*. 145, p. 87-99.
7. Schlegel, B., Gayoso, J. & Guerra J., **2001**. Manual de Procedimientos para Inventarios de Carbono en Ecosistemas Forestales. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D9811076. Valdivia, Chile.

8. Cheng-I Hsieh, Gabriel Katul, Tze-wen Chi, **2000**. "An approximate analytical model for footprint estimation of scalar Fluxes in thermally stratified atmospheric flows", *Advances in Water Resources* 23. 765-772.

## **ANEXOS**

### Anexo 1: Informe del Seminario de capacitación en ERDAS.

**Programa de seminario.** A continuación se muestra de manera detallada, el programa desarrollado durante el seminario, dictado por el Dr. Jan Hendrickx.

**Tabla No. 3. Programa desarrollado en el seminario.**

Hora	Día	Actividad
1:00 PM - 5:00 PM	22 de octubre	Palabras de bienvenida del Ing. Erick Vallester, director del CIHH. Exposición - Taller del Dr. Jan Hendrickx – RADIACION ELECTROMANGENTICA
8:00 AM - 5:00 PM	23 de octubre	Exposición -Taller del Dr. Jan Hendrickx – DESPLIEGUE Y MEJORAMIENTO DE IMAGEN. -
8:00 AM - 5:00 PM	24 de octubre	GIRA DE CAMPO CUENCA DE PACORA- revisión y utilización del nuevo equipo GPS.
8:00 AM -5:00 PM	25 de octubre	Exposición- Taller del Dr. Jan Hendrickx – SISTEMAS DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA.
8:00 AM -5:00 PM	26 de octubre	Exposición - Taller del Dr. Jan Hendrickx – RESOLUCIÓN Y EXTRACCIÓN DE INFORMACION DE LAS IMÁGENES.

**Lista de participantes.** A este seminario asistieron los investigadores principales del proyecto, Dr. José Fábrega y el Dr. Reinhardt Pinzón así como también funcionarios del CIHH de la UTP. En la tabla No. 4, se detalla el nombre e institución de cada participante.

**Tabla No. 4. Participantes del seminario.**

Nombre	Institución
1. Jan Hendrickx (Instructor)	New Mexico Tech. University
2. José Fábrega	CIHH
3. Reinhardt Pinzón	CIHH
4. Abdiel Rivera	CIHH
5. Alexander Esquivel	CIHH
6. José Jiménez	CIHH
7. Marcial Arias	CIHH
8. Gisela González	CIHH
9. Eny Serrano	CIHH
10. Yiseth Aparicio	CIHH
11. .Daniel Nieto	CIHH

**Gira de campo.** El día 24 de octubre, se incluyó una gira de campo, a la región de Pacora. La misma se desarrolló con el fin de georeferenciar y verificar en terreno de los datos obtenidos con el software ERDAS.

## Anexo 2: Informe Del Lanzamiento Del Proyecto.

### INFORME DEL LANZAMIENTO DEL PROYECTO COL07-011

El acto del lanzamiento formal del proyecto se llevó a cabo el día lunes 22 de octubre del presente año, con la finalidad de dar a conocer, tanto a la comunidad universitaria como a las instituciones y personas interesadas, los antecedentes, objetivos, metodología y resultados esperados con la ejecución de este proyecto.

**Programa.** El programa del mismo inició con las palabras de bienvenida por el Ing. Erick Vallester, director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, seguido por las palabras de la Ing. Salvador Rodríguez, rector de la UTP. Seguido a esto, el Dr. José Fábrega, investigador principal del proyecto hizo una breve descripción del proyecto en sí. Por último, el Dr. Jan Hendrickx, profesor de New Mexico Tech. University, brindó sus experiencias en el desarrollo de proyectos similares llevados a cabo en esta universidad. El programa del evento se detalla en la tabla No. 5.

**Participantes.** En este acto se contó con la presencia del Ingeniero Salvador Rodríguez, rector de la UTP; del Ing. Erick Vallester; director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la UTP (CIHH), del Dr. José Fábrega, investigador principal del proyecto COL07-011, y del Dr. Reinhardt Pinzón Adames y el Dr. Jan Hendrickx, CO-IP de este proyecto. Hubo también la participación de funcionarios de diferentes instituciones; además de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Panamá y profesores de la misma.

**Tabla No. 5. Programa del acto de lanzamiento**

09:30 AM - 10:00 AM	Registro de participantes
10:00 AM - 10:10 AM	Palabras de bienvenida por el Ingeniero Erick Vallester, Director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la UTP.
10:10 AM - 10:20 AM	Palabras por el Ingeniero Salvador Rodríguez, Rector de la UTP.
10:20 AM - 10:50 AM	Dr. José Fábrega, Investigador Principal del Proyecto COL07-011 Descripción del proyecto “Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del canal de Panamá”
10:50 AM - 11:00 AM	Café
11:00 AM - 11:45 AM	Dr. Jan Hendrickx Profesor de New Mexico Tech. University. Sobre el tratamiento de imágenes provenientes de sensores remotos y sus aplicaciones en la cuantificación de propiedades climatológicas.
11:45 AM - 12:15 PM	Período de preguntas y respuestas
12:15 PM	Refrigerio

El Ing. Erick Vallester, en sus palabras de bienvenida, manifestó lo complacido que se sentía con motivo de iniciar oficialmente este proyecto de gran importancia no sólo para el CIHH, la UTP y SENACYT sino también para nuestro país en un tema tan importante como la cuantificación de carbono.

El Ingeniero Salvador Rodríguez, expresó su satisfacción una vez enterada que este proyecto se llevaría a cabo, de la misma forma, indicó que corresponde una gran responsabilidad para la UTP puesto que este proyecto envuelve una serie de progresos que ayudarán a la mejora de nuestro país.

El Dr. José Fábrega, investigador principal, describió los puntos más importantes en los que consiste este proyecto. Planteando primeramente los objetivos a los que se desea llegar. Además de dar una breve explicación de como se va a llevar a cabo los respectivos procedimientos de toma de muestras por medio de sensores remotos y el análisis de estos resultados.

El Dr. Jan Hendrickx co-investigador principal, explico sobre el tratamiento de imágenes provenientes de sensores remotos y sus aplicaciones en la cuantificación de propiedades climatológicas. Finalmente, hubo una sección de preguntas y respuestas en donde se ampliaron ciertos conceptos.

### Anexo 3: Informe del I Seminario de avance del proyecto COL07-011.

El I Seminario de Avance del proyecto se llevó a cabo el día jueves 10 de abril del 2008, con la finalidad de dar a conocer, tanto a la comunidad universitaria como a las instituciones y personas interesadas, la metodología aplicada durante el desarrollo del proyecto y resultados obtenidos con la ejecución de este.

**Programa.** El programa del mismo inició con las palabras de bienvenida por el Ing. Erick Vallester, Director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas, seguido por las palabras del Dr. Martín Candanedo, Vicerrector de la VIPE-UTP. Seguido a esto, el Dr. José Fábrega, investigador principal del proyecto hizo una breve descripción del proyecto en sí y brindó sus experiencias en el desarrollo del proyecto. El programa del evento se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 7. Programa del seminario de avance.**

	Registro de participantes
08:00 AM - 08:15 AM	Palabras de bienvenida por el Ingeniero Erick Vallester, Directo del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la UTP.
08:15 AM – 08:30 AM	Palabras por el Dr. Martín Candanedo, Vicerrector de la VIPE-UTP.
08:30 AM - 10:00 AM	Presentación de los avances por los investigadores del CIHH: Dr. José Fábrega, Dr. Reinhart Pinzón Ing. David Vega
10:00 AM - 10:30 AM	Refrigerio
10:30 AM - 02:30 PM	Gira de Campo a Cerro Pelado
03:00 PM	Regreso al Campus Víctor Levi Sasso

Durante su discurso de bienvenida el Ing. Vallester dio a conocer a la audiencia el interés del Centro en convertir el sitio denominado como Cerro Pelado, en un observatorio permanente de los ciclos del agua y carbono en un bosque tropical húmedo, el cual brinde a la UTP, la capacidad institucional necesaria para convertirse en un centro de generación de conocimientos para la región latinoamericana.

**Participantes.** En este acto se contó con la presencia del Dr. Martín Candanedo, Vicerrector de la VIPE-UTP; del Ing. Erick Vallester; Director del Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la UTP (CIHH), del Dr. José Fábrega, investigador principal del proyecto COL07-011, y del Dr. Reinhardt Pinzón Adames CO-IP de este proyecto. Hubo también la participación de funcionarios de diferentes instituciones; además de estudiantes y profesores de la Universidad Tecnológica de Panamá.

**Tabla 8. Asistentes al seminario de avance.**

<b>NOMBRE</b>	<b>CÉDULA</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
Jaime Estrella	1708209521	SENACYT
Milagro Mainieri	8-492-592	SENACYT
Jorge A. Espinosa	8-426-92	ACP - EACR
Eligio A. Gómez	6-709-242	ACP Estudiante
Julio Falconett	9-122-1269	ACP
José Santos	8-761-2447	ANAM
Carlos M. Odton	5-10-691	ANAM
Ivis Franco C.	6-706-978	Panamá América
Crisly Florez	8-738-2462	La Prensa
Militza Marín	8-753-34	UTP - Prensa
Zuyin Zamora	8-723-1318	UTP - DRICOM
Arthur James	8-772-2099	UTP - CP
Anais Rodríguez	9-79-254	UTP - FCyT
David Cedeño	4-103-1333	UTP - FIC
Eny Serrano	6-706-265	CIHH
Sidney Saavedra	6-53-1436	CIHH
Pablo Martinez	4-150-405	CIHH
Abdiel Rivera	8-711-1504	CIHH
Kleveer Espino	7-93-2683	CIHH
Nefgar McTaggart	8-754-997	CIHH
Daniel Nieto	8-518-2248	CIHH
Yiseth Aparicio	8-706-2174	CIHH
Anelly Román	8-750-2121	CIHH
Alexander Esquivel	8-705-4	CIHH
Gisela A. González	8-367-944	CIHH
Iris Arjona	4-237-989	CIHH
Johana Valdés	8-788-1693	CIHH estudiante
Gloria Garcia	7-703-833	CIHH estudiante
Ebhyn Cedeño	2-717-1005	UTP estudiante
Danays Polanco	9-718-2149	UTP estudiante
Randy Atencio	9-720-2155	UTP estudiante
Diana Real	2-717-2455	UTP estudiante
Vianette Virzi	8-240-625	UTP estudiante
Kevin Batista	9-723-357	UTP estudiante
Norman Rangel	2-700-1231	UTP estudiante



**Fotos del evento.** A continuación se presentan fotos durante el desarrollo del seminario.



Palabras de bienvenida por el Ing. Erick Vallester Director del CIHH.



El Dr. Martín Candanedo, Vicerrector VIPE, durante el discurso de inauguración.



Gira a Cerro Pelado, Presentación de los aspectos de seguridad



Recorrido por los equipos instalados en Cerro Pelado

#### **Anexo 4: Informe De Pasantía Del Dr. Jan Hendrickx**

La pasantía del Dr. Jan Hendrickx se dividió en dos etapas las cuales se describen a continuación.

##### **Fase I (20 AL 25 de Julio de 2007)**

**Objetivos.** Los objetivos de la visita del Dr. Hendrickx fueron los siguientes:

- ✓ Coordinar lo conveniente al desarrollo del proyecto COL07-011 de flujo de carbono.
- ✓ Planear futuros proyectos de colaboración internacional en el área de radiación y evaporación, mediante el uso de centillómetros.

**Actividades Realizadas.** En esta primera fase, el Dr. Jan Hendrickx se reunió con los co-investigadores del CIHH para coordinar todas estrategias para el desarrollo de este proyecto, así como de investigaciones futuras en el área de radiación, a través del empleo de transectos consistentes en dos centillómetros de gran apertura con los cuales se realizarán medidas de flujo de calor sensible, radiación global neta, flujo de calor al suelo y flujo de calor latente. Estas mediciones serán de fina resolución temporal y escala espacial, en diferentes zonas de vida para su posterior validación con imágenes satelitales.

Además, el Dr. Hendrickx inició junto con el Dr. José Fábrega y el Ing. Erick Vallester la planeación para la participación de un proyecto internacional en el área de radiación y evaporación, que incluya al CIHH de la UTP, en el marco del programa INCO de la Comunidad Europea. Estas actividades se enfocan sobre el mutuo beneficio tanto para los estados miembros de la comunidad europea como a posibles candidatos de países latinoamericanos.

Este proyecto ampliaría el alcance de los proyectos de colaboración internacional que actualmente se vienen desarrollando en el CIHH, con el apoyo de SENACYT. En un principio, el consorcio internacional INCO estaría conformado por investigadores de la UTP, el Dr. Francisco López de la Universidad de Castilla La Mancha – España, y colaboradores alemanes, holandeses, colombianos y costarricenses, con los cuales tiene experiencia de trabajo el Dr. Hendrickx.

##### **Fase II (20 al 28 de Octubre de 2008)**

**Objetivos.** Esta fase tuvo los siguientes objetivos:

- ✓ Coordinación de los Proyectos COL06-13 y COL07-011.
- ✓ Planear futuros proyectos de colaboración internacional empleando centillómetros.
- ✓ Seminario ERDAS 9.1 como una herramienta informática para tratamiento de imágenes de sensores remotos.

##### **Actividades Realizadas**

En esta ocasión, la visita del Dr. Hendrickx se extendió por 9 días, iniciándose el 20 de octubre de 2007. En la misma se realizaron actividades enmarcadas en la evaluación de los resultados obtenidos hasta el momento en el proyecto COL06-013 así como el establecimiento de un plan de acción para la culminación del mismo. Además, se analizaron la metodología a seguir para el desarrollo del proyecto COL07-011.

En la tabla No.6 se detalla el itinerario seguido por el Dr. Hendrickx en esta fase. Desde el 22 al 26 de octubre, el Dr. Hendrickx dictó en las instalaciones del CIHH, un seminario de 40 horas titulado: “Validación y Calibración de Algoritmos Operacionales sobre sensores Remotos, empleando la Herramienta ERDAS 9.1”. Los detalles del mismo fueron discutidos en la sección 5.3.

Además del seminario, el Dr. Hendrickx se reunió con el Dr. Reinhardt Pinzón, y el Dr. José Fábrega, para continuar con el planeamiento de un posible proyecto en conjunto. Como se mencionó en la fase anterior, dicho proyecto buscaría estimar la radiación solar a partir de imágenes satelitales de GOES pero aplicado al caso tropical. Este estudio sería fundamental no sólo para una mejor estimación de flujos de carbono, pero también en áreas relacionadas a energías alternativas (solar) y del ciclo hidrológico (evaporación). Cabe agregar que el Dr. Hendrickx facilitará al CIHH algoritmos ya desarrollados por su equipo de investigación, al igual que literatura técnica sobre el tema de este posible proyecto.

**Tabla No. 6. Itinerario/actividades del Dr. Hendrickx en Panamá.**

<b>FECHA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>
20 de Octubre	Llegada del Dr. Hendrickx.
21 de Octubre	Reuniones informales.
22 de Octubre	Exposición del Dr. Jan Hendrickx como co –investigador principal del proyecto de colaboración internacional COL07-011, “CUANTIFICACIÓN DEL FLUJO DE CARBONO A TRAVÉS DE UN BOSQUE HÚMEDO TROPICAL EN LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ”.
22 al 26 de Octubre	Seminario/Curso de una semana “Validación y Calibración de Algoritmos Operacionales sobre sensores Remotos, empleando la Herramienta ERDAS 9.1”, de 40 horas y llevado a cabo en las instalaciones del CIHH.
24 de Octubre	Gira de campo a la cuenca de Pacora y áreas aledañas, para revisión de equipo.
25 de Octubre	Reunión de coordinación del proyecto COL06-013 y COL07-11, en el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH).
26 de Octubre	Reunión en el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas (CIHH) para la preparación de futuras propuestas conjuntas para la convocatoria de colaboración internacional.
26 de Octubre	El Dr. Hendrickx se reunió con el Dr. Reinhardt Pinzón, y el Dr. José Fábrega, en las instalaciones del CIHH ubicadas en Tocumen, para discutir detalles de un posible proyecto en conjunto.
28 de Octubre	Partida del Dr. Hendrickx

**Anexo 5: Informe Del Inventario Forestal.**

**Estimación de Volumen, Biomasa y Contenido de Carbono en una Parcela Permanente de 1 Hectárea de Bosque Húmedo Tropical en el Área de Cerro Pelado, Gamboa, provincia de Colón.**

---

Por: Lic. Rafael Aizprúa  
Biólogo  
**Flora Tropical S.A.**  
**[5 de mayo de 2008]**

Se estableció una parcela permanente de 1 hectárea de bosque húmedo tropical con el propósito estimar la biomasa y contenido de carbono presente de los árboles mayores o iguales a 10 cm de diámetro a la altura del pecho utilizando ecuaciones alométricas específicas para este tipo de bosque.

# Estimación de Volumen, Biomasa y Contenido de Carbono en una Parcela Permanente de 1 Hectárea de Bosque Húmedo Tropical en el Área de Cerro Pelado, Gamboa, provincia de Colón.

## 1.Introducción

Las plantas poseen la capacidad de capturar el CO<sub>2</sub> del aire y transformarlo en compuestos orgánicos como azúcares y celulosa entre otros, de estos la celulosa es la base estructural de las plantas y representa el principal constituyente de la biomasa vegetal. La capacidad de cada especie de planta en capturar y distribuir estos recursos dependerá principalmente de su fisiología en particular y de los recursos disponibles de su entorno. Esto crea a su vez una gran diversidad de mecanismos de captura de carbono por parte de las diferentes especies presentes en los ecosistemas. Lo que las hacer ser uno de los principales objetivos de estudio por parte de los ecólogos. Cuyo propósito principal es el de buscar ecuaciones que permitan estimar la **No se encuentran entradas de índice**.productividad de los ecosistemas y de conocer el comportamiento fisiológico en particular de cada especie.

De hecho la capacidad de los bosques en la captura del carbono de la atmósfera es un tema que actualmente tiene interesada a la comunidad científica mundial. Principalmente por la relación directa entre el calentamiento global y las altas concentraciones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmosfera, principalmente como producto de la quema de combustibles fósiles.

Los marcados cambios climáticos ponen de manifiesto la gran problemática ambiental que enfrentamos y nos obliga a buscar soluciones globales a esta realidad. Actualmente se desarrollan programas cuyo objetivo principal es de estimar el potencial que tienen los bosques de asimilar el CO<sub>2</sub> de la atmosfera y fijarlos en su biomasa. Las estimaciones del potencial de los bosques como sumidero de carbono cobraron mayor relevancia luego del establecimiento del Protocolo de Kyoto durante el Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) de 1997 (FAO, 1998).

Durante este evento se realizaron esfuerzo multisectoriales para estimar los volúmenes de madera y de biomasa dentro de los ecosistemas de las principales regiones del planeta, de acuerdo a estimadores elegidos por técnicos de cada país participante, encontrándose ciertas deficiencias en la información sobre los ecosistema tropicales y principalmente por no contar con los algoritmos estandarizados necesarios para estimar con más precisión el volumen de biomasa leñosa.

Schlegel *et al* (2001) define 5 tipos de depósitos en donde se acumula el carbono absorbido por un ecosistema forestal, ellos son: La biomasa sobre el suelo (árboles y sotobosque); La biomasa bajo el suelo (raíces); árboles muertos en pie y troncos caídos; hojarasca y el suelo, siendo la biomasa sobre el suelo (AGB, por

sus siglas en inglés) la que mayor porcentaje de biomasa aporta a los ecosistemas.

Las estimaciones de la biomasa en pie dentro de un bosque manejado es principalmente una práctica que permite cuantificar la cantidad de combustible biológico y la reserva de madera (Dias *et al.* 2007), además de ser la clave fundamental para entender el rol del bosque en el ciclo global del carbono (Urquiza-Hass *et al.* 2007). Se fundamenta principalmente en la estimación de la biomasa sobre el suelo (AGB), que es en otras palabras la biomasa de sus partes aéreas, sin considerar el volumen de biomasa aportado por el suelo y las raíces al ecosistema. La biomasa aportada por las raíces puede ser estimada en base a la relación raíz:vástago "Root shoot" y un coeficientes para un tipo de bosque en particulares (Jackson *et al* 1996; Cairns *et al* 1997).

La Biomasa sobre el suelo (AGB), es la cantidad total de materia biológica (usualmente secada por métodos artificiales) presente sobre la superficie del suelo en un área específica. Ya que la biomasa de una planta es aproximadamente 50% Carbono, las estimaciones del total de AGB en los ecosistemas forestales son críticas para los estudios de la dinámica del carbono a escala múltiple (Drake *et al.* 2003).

Para la determinación del AGB, se utilizan varios sistemas los cuales varían en precisión notablemente. Chave *et al* (2005) comparó modelos alométricos sencillos, en 27 sitios con bosques tropicales alrededor del mundo, con el propósito de determinar la correlación existente entre los diferentes resultados. Y propuso estimadores específicos diferentes para 4 ecosistemas tropicales (bosque seco, bosque húmedo, bosque de manglar y bosque muy húmedo). Y desarrolló 2 ecuaciones para cada tipo de bosque. Una de ellas utiliza en valor de la altura del individuo en metros y la otra sin utilizar el valor de la altura, asumiendo que no se dispone de este valor para hacer los cálculos.

Los estimadores propuestos por Chave y sus colaboradores son muy bien aceptados por su precisión ya que se valen principalmente del diámetro basal (DAP) medido en centímetros. La densidad específica de la madera y la altura total del individuo, son los otros de los parámetros necesarios dependiendo de la ecuación que sea elegida para las estimaciones. El ecosistema o zona de vida en particular donde se hace el estudio es importante para definir la ecuación general a usarse. Este modelo alométrico tiene su base en los análisis desarrollados por Brown (1997; 1998).

El modelo de regresión debe ser aplicado para cada especie independientemente ya que una de sus variables es la densidad o gravedad específica de la madera para cada especie (Muller-Landau, 2004). Se han desarrollado estándares de la densidad de la madera de las especies tropicales, basados en promedios obtenidos a partir de un grupo determinado de especies. Para los bosques de América se ha establecido un valor representativo de  $0.60 \text{ g/cm}^3$  para la densidad

de la madera (FAO, 1997). El cual puede ser utilizado si se desconoce el valor específico para la especie.

Para los bosques húmedos tropicales de América se dispone de información sobre la densidades específicas de algunas especies (FAO, 2000; Flores y Obando, 2003; Chave *et al.* 2003). Sin embargo para Panamá con 4803 especies de árboles y arbustos (Correa *et al.* 2004) se desconocen las densidades específicas de la gran mayoría de estas especies. El trabajo más completo sobre la biomasa del bosque tropical de Panamá fue realizado en la isla de Barro Colorado por Chave *et al.* (2003) en donde se estimó la biomasa existente en una parcela permanente de 50 hectáreas y por primera vez se recopila información sobre las densidades relativas de la madera de cada una de las especies presentes.

El establecimiento de parcelas permanentes en el bosque son la mejor herramienta para estudiar los cambios a largo plazo de los ecosistemas forestales (Condit *et al.* 1997; Condit, 1998), ya que además de darnos un diagnóstico del bosque y de medir sus cambios a largo plazo, nos permite evaluar las magnitudes de los flujos de carbono entre los ecosistemas sobre el suelo de los bosques y la atmósfera (Chave *et al.* 2005; Clark, 2002)

## **Objetivo General**

Instalar una parcela permanente de 1 Ha. (10,000 m<sup>2</sup>) en el bosque en donde se medirán, mapearán, marcarán e identificarán todos los árboles y arbustos presentes con diámetros a la altura del pecho (DAP) mayores o iguales a 10 cm.

Hacer estimaciones de la biomasa sobre el suelo (AGB) de los árboles en pie (vivos) para determinar el contenido de carbono existente en una hectárea de bosque.

## **Objetivos específicos**

Cuadricular una parcela de 1 hectárea basados en el sistema del Centro de Ciencias Forestales del Trópico (CTFS, por sus siglas en Inglés) según la metodología establecida por Condit (1998), el cual crea los términos de referencia para el desarrollo de parcelas permanentes y establece un sistema estandarizado para la toma de medidas dentro de ellas.

Medir todos los diámetros a la altura del pecho (DAP), altura total, altura comercial, radio de copa, de los individuos cuyos DAP fueran  $\geq 10$  cm.

Estimar la biomasa sobre el suelo (AGB) de los árboles y arbustos presentes con  $DAP \geq 10$  cm, basándonos en los parámetros medidos. A partir de las estimaciones de la AGB, se calculará la biomasa bajo el suelo (UGB), según coeficientes particulares para el trópico. Con los estimados totales de la biomasa sobre y bajo el suelo se calculará el contenido de carbono.



## Localización del área de estudio

La parcela de estudio fue ubicada en Cerro Pelado, Gamboa provincia de Colón, aproximadamente entre los 160 y 200 metros de altitud sobre el nivel del mar, el punto central de la parcela es una antena para estudios meteorológicos de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), cuyas coordenadas son 17 P 0642572 (x) 1008883 (y) WGS 84. (ANEXO Fig.1).

## 2. Metodología

### Parcelas Permanentes

Con el objetivo de estimar el contenido de Carbono de una hectárea de bosque se optó por el establecimiento de una parcela permanente para estudios a largo plazo. Este tipo de parcela además de permitirnos estimar los parámetros necesarios para los análisis del contenido de carbono. Son la base para determinar el comportamiento y distribución de las especies que conforma el ecosistema así como también nos permiten estimar los cambios que se den a largo plazo (Burslem *et al.* 2001).

### Dimensiones

La parcela tiene un perímetro de 100 x 100 metros (10,000 m<sup>2</sup>) que representa una hectárea, esta parcela se orientó en dirección del norte magnético, con el propósito de facilitar la ubicación de los sitios. Dentro de este perímetro se creo una grilla o tramado de 25 cuadrantes de 20 x 20 m, cada 20 x 20 fue a su vez subdivididos en 4 sub-cuadrantes de 10 x 10 metros y a la vez en 16 sub-sub-cuadrantes de 5 x 5 metros. Para delimitar la parcela y seguir los rumbos fueron utilizadas brújulas y para medir sus distancias se utilizaron cintas métricas de 50metros convencionales. Esto permitió crear la primera columna que se ubico a lo largo del punto central tomando como eje a la antena de estudios meteorológicos. Esta primera columna sirvió de guía para cuadrar las columnas subsiguientes.

Cada esquina de los cuadrante de 20 x 20 m fue definido por tubos de PVC de  $\frac{3}{4}$  de pulgada, a los cuales les fue escrita sus coordenadas utilizando marcadores indelebles y señalizadas por cinta de abanderar de color rosado (Figura No.1). Los sub-cuadrantes de 10 x 10 metros son definidos dentro de cada cuadrante por tubos de pvc de  $\frac{1}{2}$  pulgada y los sub-subcuadrantes de 5 x 5 metros se definieron con banderolas de color naranja.



Figura No. 1. Marcación dejada en los vértices de cada cuadrante de 20 x20m, el tubo de pvc y la cinta son escritos con marcadores indelebles para indicar el cuadrante correspondiente.

### **Metodología de las Parcelas**

Dentro de la parcela se marcaron todos los individuos cuyos DAP fueron mayores o iguales a 10 cm. En la marcación se utilizaron chapas “tags” de aluminio con numeración grabadas en bajo relieve, unidas o sujetas al árbol con clavos de aluminio de 3 pulgadas (Figura No.2.)



Figura No.2. Forma en que los arboles fueron identificados utilizando chapas grabadas y clavos de aluminio, cada chapa colocada a los arboles tiene una numeración única.

### **Mediciones realizadas a los árboles**

#### **Diámetros a la altura del pecho (DAP)**

Es medida del diámetro del tronco principal tomada a una altura de 1.30 metros desde el nivel del suelo o base del árbol. Se utilizó una cinta para medir diámetros de Forestry supplier (Figura No.3). En casos en donde el tallo presentara irregularidades como abultamientos o contrafuertes a la altura de 1.30 metros, se midió en el lugar en donde el tallo se hace más cilíndrico y se anotó la altura en donde se hizo esta medición como se explica en el siguiente párrafo.



Figura No.3. Se muestra la forma en que se utiliza la cinta diamétrica para medir los DAP de los árboles mayores o iguales a 10cm,

#### Medida del DAP para tallos múltiples

En caso que el individuo presentara mas de un tallo por debajo de 1.30 metros de altura, es medido su diámetro siempre y cuando este tallo llegue a tener 10 cm o mas de DAP. En estos casos se define como un tallo múltiple, para el cual se especifican los parámetros adicionales como altura total, altura comercial, altura de copa y diámetro de copa. Cuyos valores son tomados de las medidas del tallo principal. La Figura No.4., ilustra la forma en que son medidos los tallos de acuerdo a condiciones particulares del árbol o del terreno.

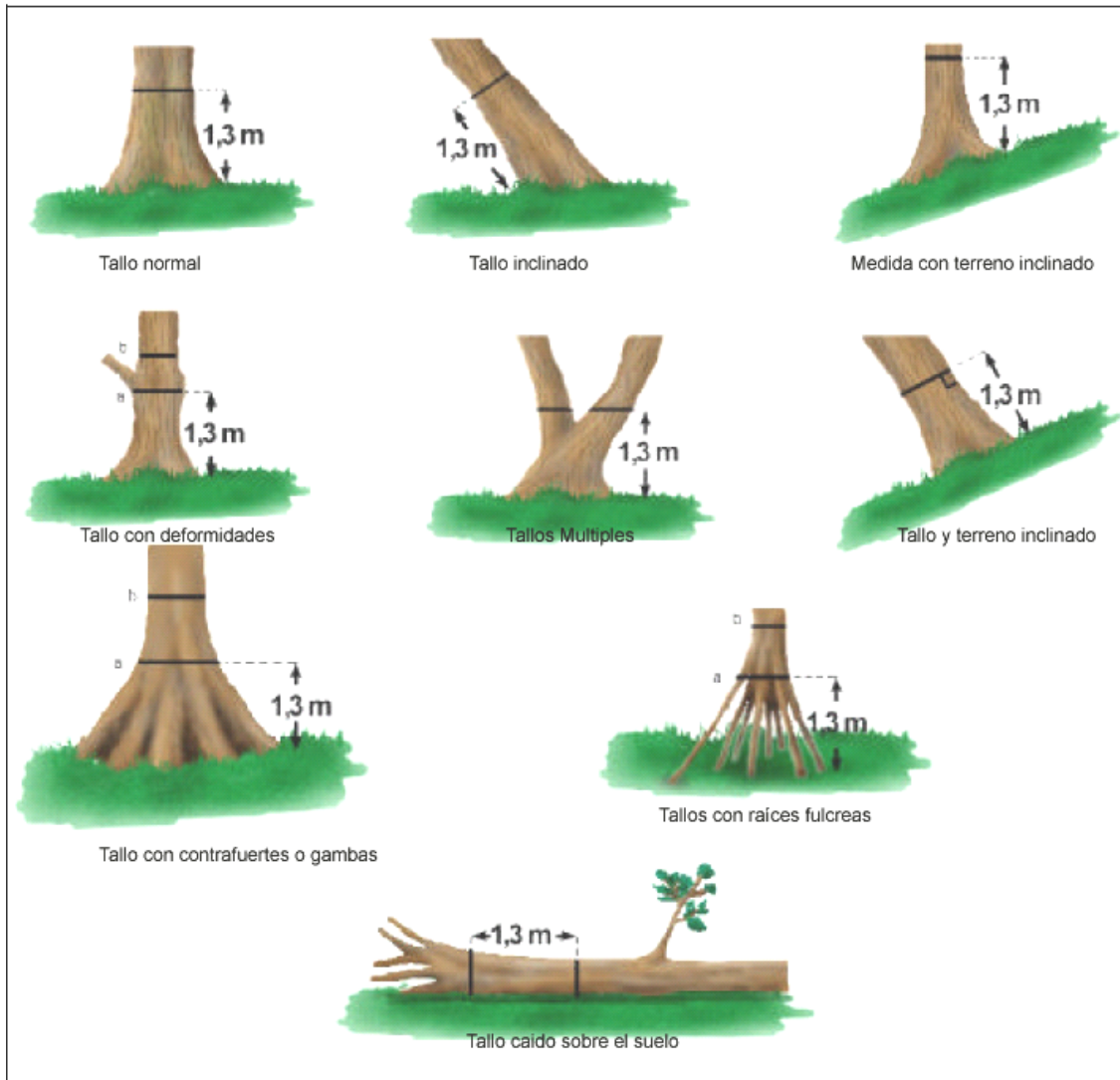


Figura No. 4. Metodología para las medidas del DAP de acuerdo a las características del árbol y del terreno (Adaptado de: Schlegel *et al.* 2001).

### Mediciones realizadas (parámetros medidos)

Las medidas de las alturas se realizaron en todos los individuos seleccionados, por cada árbol fueron realizadas 3 tipos de mediciones diferentes; altura total, altura comercial y altura de copa, que se describen a continuación:

a. Altura total, es la distancia vertical desde el nivel del suelo hasta el punto más alto donde se proyecta la copa del árbol.

b. Altura comercial, es la medida desde el nivel del suelo (base del árbol) hasta el punto en que el árbol se ramifica.

c. Altura de copa, es una relación matemática que se calcula por simple resta entre la altura comercial y la altura total del individuo.

d. Radio de copa, la definimos como la distancia medida desde el centro o eje imaginario de la silueta generada por la copa de un árbol hacia un punto cualquiera del perímetro de esta circunferencia. Por razones prácticas la definimos como  $r = D/2$ , en donde "D" representa el diámetro de un árbol de copa perfectamente circular. El radio de copa fue medido con una cinta de medidas longitudinales convencional. La Figura No.5. Ilustra las medidas tomadas a los árboles.

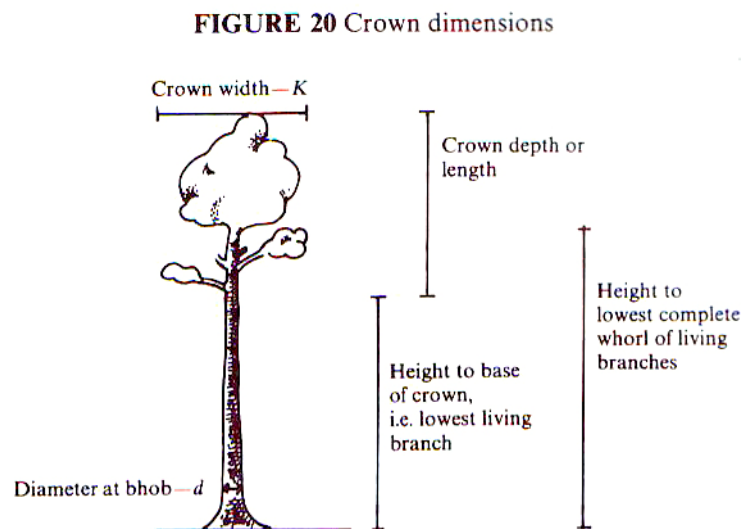


Figura No.5. Se ilustra un árbol típico en donde se observan los puntos en donde se hacen las mediciones para obtener los valores de cada uno de los parámetros necesarios para las estimaciones de la biomasa. Fuente: Philip, 1994. Measuring Trees and Forests.

### Equipo usado para medir parámetros de altura

La altura comercial y la altura total, fueron medidas utilizando un clinómetro electrónico modelo Haglöf (HEC-MD) (Figura No.6). Las características y el funcionamiento básico de este clinómetro de alta tecnología puede ser visto en: <http://www.haglofsweden.com/products/hec/index.asp>. Sus medidas son dadas directamente sin necesidad de conversión, utiliza los valores de la distancia, altura y ángulo al árbol para hacer sus cálculos.



Figura No.6. Se muestra el uso del clinómetro electrónico modelo Haglöf (HEC-MD) utilizado para medir las alturas de los árboles dentro de la parcela.

### **Identificación de especímenes**

Todos los individuos fueron identificados en sitio, en los casos que existieran dudas sobre la identificación de una especie, fueron colectadas muestras testigos “vouchers” para compararlas en el herbario de la Universidad de Panamá. Más del 95% de las especies pudieron ser exitosamente identificadas en el lugar. Sin embargo se fue muy minucioso al momento de determinar una especie, por lo que se trato siempre de colectar una muestra y examinar minuciosamente cuando los árboles eran altos para asegurar la identificación.

### **Códigos (Acrónimo) utilizados para identificar las especies**

Dado lo complicado que a veces puede resultar la escritura completa de una especie, se han desarrollado mecanismos para abreviar la escritura de un nombre científico, por lo que se ha recurrido a codificar a las especies de acuerdo a las cuatro primeras letras del género y las dos primeras letras del epíteto específico. Cuando por la combinación de las especies se encuentran códigos similares se agregan o intercalan números para evitar ambigüedades. Estos códigos han sido ampliamente utilizados en los trabajos de campo por el CTFs, el cual ha desarrollado la mayoría de ellos y son los usados en este trabajo.

Ejemplo: para la especie *Vantanea depleta*, su código es VANTDE

### **Nombres comunes para las especies encontradas**

A pesar de lo ambiguo que pudiesen ser los nombres comunes de las especies por la variación que existe dentro una región y otra, nos referimos a la información suministrada por Condit *et al* (2008), donde compila información de especies encontradas principalmente en la Cuenca del Canal de Panamá.

### **Mapeado de los individuos**

Se obtuvieron planos de localización de todos los individuos dibujando su posición relativa sobre una cuadrícula que representa cada cuadrante de 20 x 20m y sus subdivisiones, de toda la parcela se obtuvieron 25 cuadrículas. Un ejemplo de la plantilla usada para el mapeo de los árboles dentro de cada 20 x 20m puede ser vista en (ANEXO Fig.4).

### **Digitalización y vectorización de las ubicaciones de los árboles**

Las 25 cuadrículas que representan los 20x20m y sus subdivisiones de la parcela fueron digitalizadas en un escáner de cama plana modelo (Canon Scan lide25) para obtener imágenes en formato JPG, y poder procesarlas con el programa "Plot Digitizer ver 1.7", para obtener sus coordenadas cartesianas (x,y) de cada uno de los individuos mapeados.

### **Tabulación de los datos**

Los datos obtenidos en los muestreos del campo fueron almacenados en los programas MS Access y Excel. En donde se encuentra tabulada todos los datos. Los cálculos, análisis (aplicación de la fórmula) y gráficos fueron realizados en MS Excel.

### **Estimación de la Biomasa sobre el suelo (AGB)**

En las estimaciones de la biomasa se siguió con la metodología propuesta por Brown y Lugo (1984) basadas ecuaciones de regresión alométricas las cuales fueron ajustadas para cada ecosistema tropical por Chave *et al.* (2005) esta ecuación es una función del diámetro del tallo, la altura del árbol y la gravedad específica de la madera.

$$(AGB)_{est} = \exp(-2.977 + \ln(\rho D^2 H)) \cong 0.0509 \times \rho D^2 H$$

*Ecuación para bosques húmedos tropicales con datos de altura*

En donde: -2.977 es una constante,  $\rho$  es la densidad específica de la madera y H es la altura total del individuo. El símbolo ( $\cong$ ) significa una identidad matemática por lo que ambas ecuaciones pueden ser usadas en las estimaciones de la biomasa.



Los valores de la gravedad específica (densidad) de la madera de cada una de las especies utilizadas para las estimaciones de la biomasa fueron obtenidas de Chave *et al.* (2003) y de FAO (1998) que en sus apéndices enlistan los valores de la densidad de la madera para algunas especies de América. Cuando no se encontró literatura sobre la densidad específica de alguna especie se utilizó el valor estándar propuesto por FAO (1997) para los ecosistemas de América el cual fue establecido en  $0.60 \text{ gr/cm}^3$  o  $\text{T/m}^3$ .

### **Unidades utilizadas en los cálculos**

Para la estimación de la biomasa sobre el suelo, fueron calculados todos los individuos encontrados y sus tallos múltiples, de una forma independiente luego al final se suman para obtener la biomasa total por hectárea. Para la estimación en los tallos múltiples se utilizó el valor de la altura total proveniente del tallo principal medido. Las unidades de biomasa se expresan en Tn/ha (tonelada sobre hectárea).

### **Estimación de la biomasa bajo el suelo o de raíces (UGB)**

La determinación directa de la biomasa bajo el suelo o radicular se ha efectuado tradicionalmente por métodos destructivos, es un proceso que demanda mucho esfuerzo, que además de ser costoso lo hace inapropiado para aplicarlo en bosques de reservas naturales. Por lo que la biomasa bajo el suelo se debe estimar a partir de la biomasa sobre el suelo. Para determinar la biomasa debajo del suelo (UGB) se multiplica la AGB por un coeficiente, de los cuales el más aceptado fue el establecido por Cairns *et al.* (1997) quienes analizaron valores de las proporciones raíz vástago “root/shoot” para diversos sitios tropicales del mundo, en los que se incluyó a Panamá como parte de los estudios y determinaron un radio raíz:vástago de 0.24 para bosques tropicales, es decir, 24% de biomasa radicular con respecto a la biomasa aérea.

### **Estimación de Contenido de Carbono**

La fracción de carbono es un parámetro adicional utilizado para convertir la biomasa sobre el suelo y la biomasa bajo el suelo a carbono. Los valores usados varían de 0.45 a 0.53, pero una considerable cantidad de países utilizan el valor por defecto de 50%. Sin embargo el valor promedio pesado del bosque es de 49% (FRA 2005). En nuestras estimaciones vamos a utilizar la fracción de 50% por ser el valor más comúnmente utilizado.

### 3.Resultados

#### Mapeo de individuos

Se obtuvo un diagrama general de la ubicación de 383 individuos a partir del mapeo de los individuos en el campo, este diagrama nos permite observar la distribución de los tallos con DAP mayor o igual a 10 cm. También se observan la distribución de los árboles según su rango de DAP (ANEXO Fig 2). Se ordenaron los datos de cada uno árboles según su ubicación en la parcela basadas en sus coordenadas globales (ANEXO TABLA No.1. Archivo Excel\_PCP\_Datos\_generales\_ubicación\_xy).

#### Diversidad de especies

Se encontró un total de 40 especies de árboles pertenecientes a 31 Familias, de las cuales la familia FABACEAE/Mimosoidea con 4 especies, fue la que aportó un mayor número de especies al inventario (ANEXO Cuadro No.2).

La especie *Pera arborea* (Euphorbiaceae) fue la especie más común con 80 de los 383 individuos marcados, seguidos de *Oenocarpus mapora* (Arecaceae) con 65 individuos y de *Amaioua corymbosa* (Rubiaceae) con 60 individuos.

La altura promedio del dosel fue de 19.10 metros, con una altura comercial promedio de 12.42 metros y un radio de copa promedio de 2.77 metros.

Se midieron un total de 40 tallos múltiples pertenecientes principalmente a la especie de la palma clonal *Oenocarpus mapora* (ARECACEAE) con 38 tallos. Los 2 tallos múltiples restantes pertenecieron a la especie *Pera arborea* (Euphorbiaceae) y a la especie *Roupala montana* (Proteaceae) respectivamente.

#### Distribución de los diámetros a la altura del pecho (DAP).

De los 383 árboles mapeados un total de 250 presentaron DAP  $\geq 10\text{cm} < 20\text{cm}$ , un total de 69 individuos con tallos  $\geq 20\text{cm} < 30\text{cm}$  y 64 individuos con tallos con DAP  $\geq 30.0\text{ cm}$  (Figura No.7).

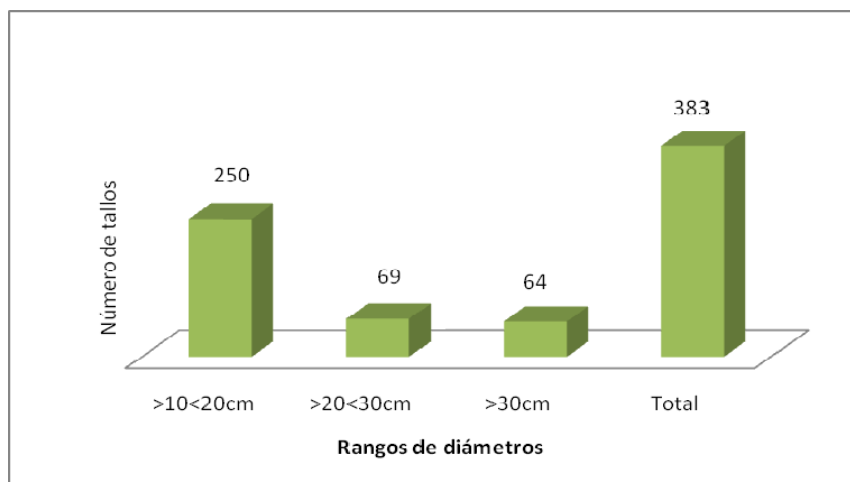


Figura No.7. Distribución del número de tallos según el rango de sus diámetros a la altura del pecho.

### **Nombres comunes para las especies encontradas**

Se encontraron registros de nombres comunes para 37 de las 40 especies en esta parcela. El ANEXO Cuadro No.3., presenta los nombres comunes encontrados para cada especie, en algunos casos una especie recibe más de un nombre, en otros casos un mismo nombre común es utilizado para varias especies diferentes.

### **Resultado de las estimaciones efectuadas**

La biomasa sobre el suelo (AGB); fue estimada en 156.80 Tn/ha.; la Biomasa bajo el suelo o de raíces (UGB) fue estimada en 37.63 Tn/ha., la cual permitió estimar una biomasa total por hectárea de este bosque en 194.43 Tn/ha.

### **Estimación del contenido de Carbono presente**

Las estimaciones totales de la biomasa nos permitieron conocer la cantidad de carbono presente en una hectárea la cual es de 97.21 Toneladas. En la Tabla No. 1. se resume lo anteriormente expuesto. El archivo adjunto a este documento bajo el nombre de PCP\_Cálculos de Biomasa.xls presenta los datos que permitieron efectuar los cálculos

Tabla No.1. Se resumen los resultados encontrados de la biomasa sobre el suelo, biomasa de las raíces, biomasa total y el contenido de carbono encontrado en la parcela.

<i>Lugar</i>	<i>AGB (Tn/ha)</i>	<i>UGB (Tn/ha)</i>	<i>BiomasaTotal (Tn/ha)</i>	<i>Cantidad de Carbono (Tn/ha)</i>
<b>Cerro Pelado Panamá</b>	156.80	37.63	194.43	<b>97.21</b>

### **Aportes de las especies a la biomasa total**

Las especies que mayor biomasa aportaron al medio en esta parcela en orden de magnitud fueron, en primer lugar la especie *Pera arborea* (PERAAR) con 56.69 Tn/ha (AGB) y 10.97 Tn/ha (UGB), seguido por *Enterolobium schomburgkii* (ENTESC) con 31.36 Tn/ha (AGB) y 6.07 Tn/ha (UGB), *Vantanea depleta* (VANTDE) que aportó 24.03 Tn/ha (AGB) y 4.65 Tn/ha (UGB). La cantidad de biomasa aportada por todas las especies puede ser observada en la Figura No.8.

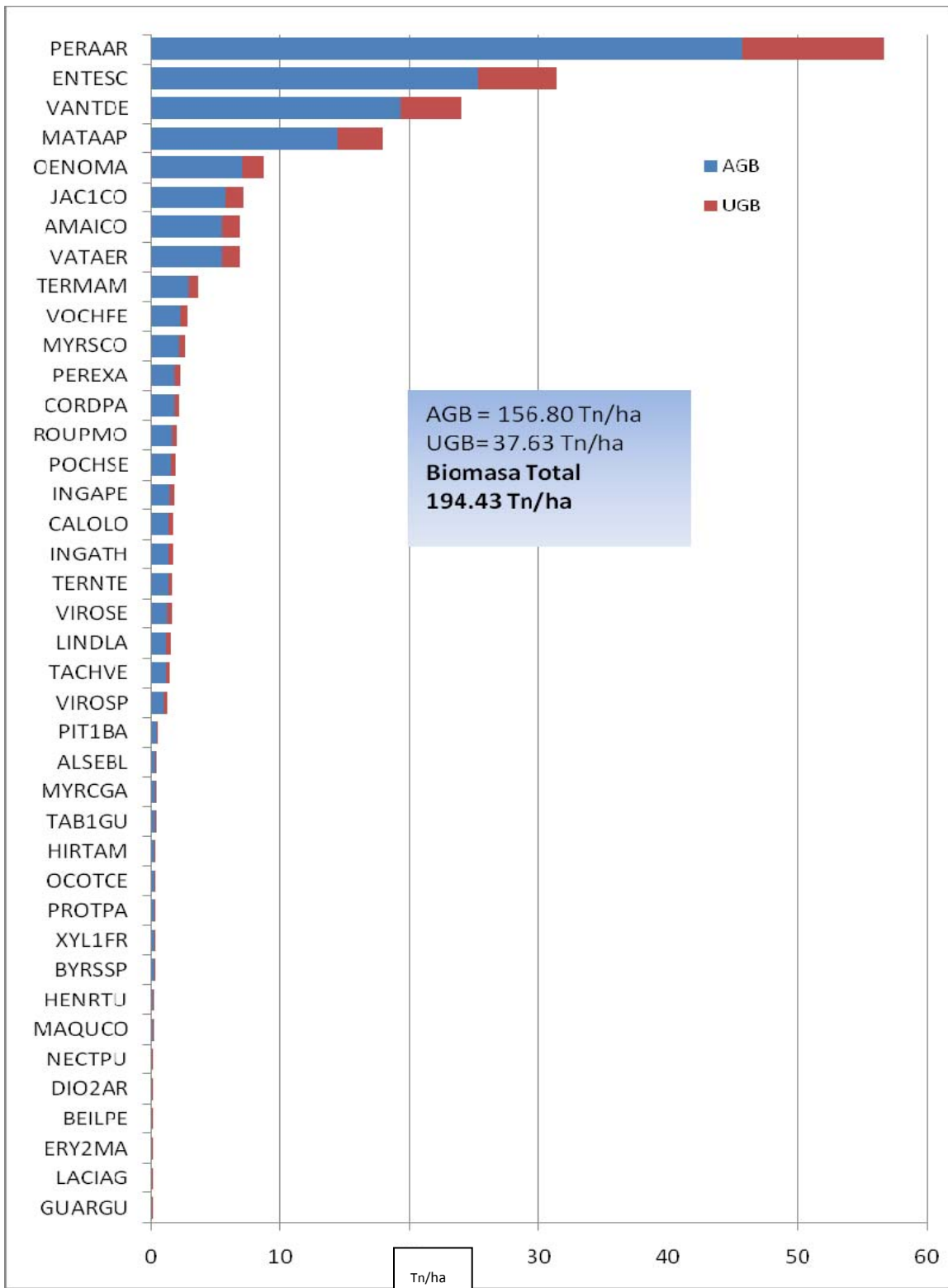


Figura No.8. Biomasa total aportada por cada una de las especies dentro de las parcelas. Se expresan los valores de la biomasa sobre el suelo (AGB) y la biomasa debajo de la raíces (UGB).

#### 4. Discusión

La medición precisa de las alturas de los árboles es una limitante que han enfrentado por tradición los analistas de la biomasa y en algunos casos deben prescindir de ella por lo que han desarrollado formulas que no requieren del valor de la altura total (Chave *et al.* 2005) sin embargo dichas aplicaciones incrementan el error estándar (Chave *et al.* 2003). No obstante en la parcela de Cerro Pelado por el tipo de bosque presente fue relativamente fácil determinar este parámetro. El uso del clinómetro electrónico Haglöf (HEC-MD) fue la clave para lograr determinar con precisión este parámetro por lo sencillo de su manipulación y por lo ligero de su peso. La confiabilidad de los resultados de este trabajo obedece a lo acertado de la identificación y medidas de los parámetros de cada una de las especies encontradas

Se conoce muy poco sobre la biomasa de los bosques tropicales, los pocos estudios que se han hecho por métodos destructivos de muestreo ha cubierto solo una pequeña área (Brown y Lugo 1984).

Si comparamos la biomasa sobre el suelo (AGB) de árboles en pie, encontrada en Cerro Pelado con respecto a investigaciones realizadas en bosques similares de Panamá y Costa Rica. Podemos considerar que los valores de nuestras estimaciones son muy semejantes a los encontrados en otros estudios para zonas de vida y bosques similares (Tabla No.2). Se debe considerar que para cada una de estas estimaciones han sido empleadas formulas y metodologías distintas.

Tabla No.2. Valores de Biomasa sobre el suelo (AGB) y los aspectos ecológicos realizados en diferentes localidades.

Sitio de Estudio	AGB (Tn/ha)	Tipo de bosque	Zona de Vida
Cerro Pelado <sup>0</sup>	156.80	Secundario	BHT
Reserva Forestal Montuoso <sup>1</sup>	163.00	Secundario	BTSTL
Reserva Forestal Montuoso <sup>1</sup>	235.50	Primario	BTSTL
Panamá (general) <sup>2*</sup>	169 - 245	Secundario	BHT
Zona del Canal, Panamá <sup>3</sup>	277.91	Secundario	BHT
Barro Colorado, Panamá <sup>3</sup>	286.77	Primario	BHT
La Selva, Costa Rica <sup>3</sup>	160.00	Primario	BMHT
La Selva, Costa Rica <sup>3</sup>	147.70	secundario	BMHT

BHT: Bosque húmedo tropical (Holdridge y Budowski, 1959);

BTSTL: Bosque de transición semicaducifolio tropical latifoliado de tierras bajas (ANAM, 2000);

BMHT: Bosque muy húmedo tropical (Holdridge y Budowski, 1959).

Fuentes: (0) Este estudio; (1) Arcia y Garibaldi, 2004; (2) FAO, 1997; (3)

Drake *et al.* 2003

Las especies que mayor cantidad de biomasa sobre el suelo aportan en la parcelas son: *Pera arbórea* (29.16%); *Enterolobium schomburgkii* (16.13%); *Vantanea depleta* (12.36%); *Matayba apetala* (9.20%) y *Oenocarpus mapora* (4.52%). Las 35 especies restantes aportan en conjunto un 28.63% de las 156.80 Tn/ha de la biomasa sobre el suelo estimada (Figura No. 9).

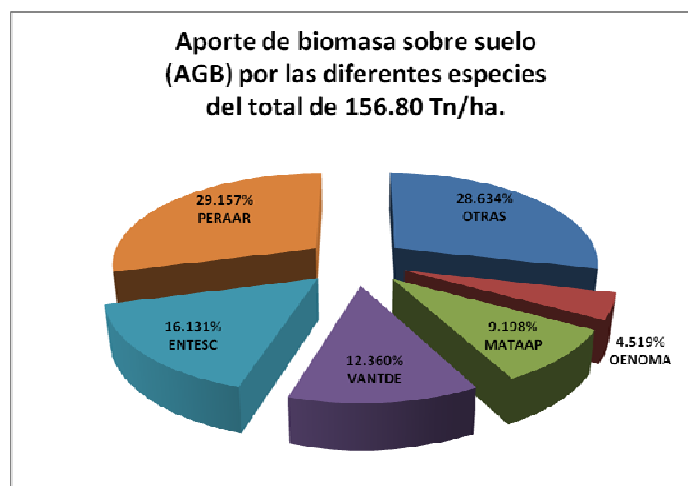


Figura No.9. Porcentaje de Biomasa aportado por las especies, en la parcela, se representan las 5 especies con mayor cantidad de biomasa encontrada.

Durante el monitoreo de la Cuenca del Canal de Panamá en la región central del Parque Nacional Soberanía en un bosque húmedo tropical, Aguilar *et al.* (1999) encontraron en parcelas similares dentro de bosques secundarios una biomasa estimada de 200 Tn/ha, y determinaron que las especies que mayor biomasa aportan son: *Anacardium excelsum* (ANACARDIACEAE) 32%; *Terminalia amazonia* (COMBRETACEAE) 20%; *Tabebuia guayacan* (BIGNONIACEAE) 16% y *Alseis blackiana* (RUBIACEAE) 16%.

La distribución de especies en la parcela de Cerro pelado es muy particular en términos de densidad y diversidad de especies. Ejemplo de esto es la especie *Pera arborea* (Euphorbiaceae), la cual registró un número elevado de individuos dentro de la parcela, lo que sugiere que la misma presenta algún tipo de afinidad edáfica, sin embargo el alcance de este proyecto no permitió determinar a ciencia cierta esta condición en particular pero queda abierta a interpretaciones científicas que permitan en un futuro desarrollar investigaciones en este campo.

La ausencia total de la especie *Anacardium excelsum* (espavé) una de las especies más comunes de la cuenca del canal (Aguilar *et al.* 1999), nos puede indicar que pudiese existir una condición particular del suelo en términos de permeabilidad que puede ser reflejada en la distribución de las especies presentes, debido quizás a su conformación geológica e inclusive podría ser un resultado de los usos previos del suelo en esta zona.

En la metodología se midieron parámetros como la altura comercial, la altura de copa y el radio de copa, información importante para aplicar las ecuaciones para el cálculo de la biomasa. Sin embargo debido a la escogencia de la fórmula de Chave *et al.* (2005) descrita en la metodología, no fue necesario utilizar estos parámetros. Pero quedan disponibles para análisis futuro de ser necesario.

A pesar que solo se encontraron 9 individuos de la especie *Enterolobium schomburgkii* fue la segunda especie que mayor biomasa sobre el suelo aportó con 25.29 Tn/ha (16.13%), esto se debe a la particularidad de esta especie de alcanzar grandes alturas, y ser árboles robustos que sobrepasan el dosel del bosque. Además que la especie presenta una densidad de 0.669 Tn/m<sup>3</sup> que es superior al promedio para los árboles del trópico de América.



## 5. Conclusiones

1. La formula propuesta por Chave *et al.*(2005) para las estimaciones de biomasa en bosques húmedos tropicales, ha demostrado ser poderosa y muy sencilla de usar por lo que la recomendamos para estudios futuros que se realicen en Panamá.
2. Luego de la alteración parcial de los bosques de Cerro Pelado debido a las actividades militares por partes del ejercito estadounidense acantonado en la antigua Zona del Canal principalmente durante el periodo de la Segunda Guerra Mundial (1939 -1945) (Brooks, 2003), los fragmentos de bosque alterados de Cerro Pelado muestran un estado favorable de recuperación.
3. El bosque encontrado en Cerro Pelado, es considerado un bosque secundario y está dentro de la zona de vida conocida como bosque húmedo tropical. Por la evidente perdida parcial de la cubierta foliar de los árboles durante la estación seca podemos decir que es de tipo semi-caducifolio.
4. Las altas densidades de la especie *Pera arbórea*, es una particular característica de este sitio. El dominio de esta especie, nos sugiere, una afinidad particular por el tipo de suelo presente y quizás también esta favorecida por sus mecanismos de dispersión de semillas.
5. La estimación de la biomasa total y el contenido de carbono encontrado en esta investigación, puede generar información del valor en términos económicos que tiene este bosque por su capacidad para capturar carbono.

## 6.Recomendaciones

1. Se sugieren estudios de la dinámica del bosque de Cerro Pelado basados en re-censos periódicos de la población ya existente dentro de la parcela permanente. Los bosques secundarios tempranos como los encontrados en esta parcela son ecosistemas muy dinámicos en cuanto a crecimiento, lo que permitiría apreciar los cambios que se pudieran dar a largo plazo y por ende estimar los volúmenes de biomasa producidos por unidad de tiempo.
2. Para lograr hacer estimaciones de la biomasa sobre el suelo (AGB) de una forma precisa, el primer paso es definir el ecosistema en que se encuentra la parcela de estudio y poder aplicar la ecuación o modelo correspondiente de fórmula alométrica (Chave *et al.* 2005).
3. La instalación de nuevas parcelas permanentes en sitios diferentes permitiría evaluar otros tipos de formaciones vegetales y a la vez comparar los resultados encontrados en esta investigación.
4. Las actividades que en un futuro se puedan desarrollar en la parcela permanente deben ser supervisada por un comité científico-técnico para garantizar que los experimentos a realizarse no afecten significativamente el entorno natural e influir en el desarrollo de los programas de monitoreo, por lo que las actividades que se vayan a realizar en el sitio deben estar reguladas.
5. Hacer estudios sobre las densidades o gravedad específicas utilizando métodos no destructivos, para las especies de árboles del trópico panameños. Esta es la información esencial que requieren las ecuaciones para lograr estimaciones precisas.

## 7.Literatura Citada

- Aguilar, S., Condit, R. & Martinez R. (1999). La Cobertura Boscosa. *In: La Cuenca del canal: Deforestación Contaminación y Urbanización* (ed. Heckadon-Moreno, S., Ibañez D., R. & Condit, R.), pp.31-45. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Imprelibros S.A. Colombia.
- ANAM, 2000. Mapa de Vegetación de Panamá. 1: 125,000. Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño. Panamá ANAM, 2004. Áreas Protegidas de Panamá, orientación para su manejo, 176pp.
- Arcia, D. y Garibaldi C. (2004). Los bosques, bienes y servicios ambientales de la Reserva Forestal El Montuoso, provincia de Herrera, Panamá. *In: Diversidad Biológica y Servicios Ambientales de los Fragmentos de Bosques en la Reserva Forestal el Montuoso, Panamá* (ed. Garibaldi C.), pp. 173-193. Impreso en Ciudad de Panamá, Universal Book.
- Brooks, Charles M., 2003. Guarding The Crossroads: Security and defense of the Panama Canal. Primera edición. Impreso en Colombia por Imprelibros S.A.
- Brown, Sandra & Ariel E. Lugo., 1984. Biomass of Tropical: A new Estimate Based on Forest Volumes. *Science, New Series*, 223 (4652), p. 1290-1293.
- Brown, S., 2002. Measuring, Monitoring, and Verification of Carbon Benefits for Forest-Based Projects. *Philosophical Transactions: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 360 (1797), p.1669-1683.
- Burslem, David F.R.P., N.C. Garwood & S.C. Thomas., 2001. Tropical Forest Diversity: The plot Thickens. *Science*, 291 (5504), p.606-607.
- Cairns, M. A., S. Brown, E. H. Helmer & G.A. Baumgardner., 1997. Root biomass allocation in the world's upland forest. *Oecología*, 111, p.1-11.
- Chave, J., R. Condit, S. Lao, J.P. Caspersen, R.B. Foster & S. Hubbell., 2003. Spatial and temporal variation of biomass in a tropical forest: results from a large census plot in Panama. *Journal of Ecology*, 91, p. 240-252.
- Chave, J., C. Andalo, S. Brown, M.A. Cairns, J.Q. Chambers. D. Eamus, H. Folster. F. Fromard. N. Higuchi, T. Kira, J.-P. Lescure, B.W. Nelson, H. Ogawa, H. Puig, B. Riéra & T. Yamakura., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forest. *Oecologia*. 145, p. 87-99.
- Clark, Deborah A., 2002. Are Tropical Forest Carbon Sink? Reanalysis of the long-term plot data. *Ecological Applications*, 12 (1), p. 3-7.
- Condit, R., Hubbell, S.P. & Foster, R.B., 1996. Changes in a tropical forest with a shifting climate: results from a 50 ha permanent census plot in Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 12, p. 231-256.
- Condit, Richard, 1998. Tropical Forest Census Plot: Methods and Results from Barro Colorado Island, Panama and a Comparison with Other Plots. Springer-Verlag and R.G. Landes Company. George Town, TX, E.U. 211 pp.

- Condit *et al.*, 2008. Trees, Shrubs, and Palms of Panama [on line]. Disponible en: <http://ctfs.si.edu/webatlas/maintreeatlas.html> [Obtenido el 15 de marzo de 2008]
- Correa A., Mireya D., Carmen Galdames y María Stapf., 2004. Catálogo de las Plantas Vasculares de Panamá. Universidad de Panamá, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales. Primera Edición. Editora Novo Art. República de Panamá. 599 pp.
- Dias, André T.C., E.A. de Mattos, S. A. Viera, J. V. Azeredo & F.R. Scarano., 2006. Aboveground biomass stock of native Woodland on a Brazilian Sandy coastal plain: Estimates based on the dominant tree species. *Forest Ecology and Management*, 226, p. 364-367.
- Drake, Jason B., R.G. Knox, R.O. Dubayah, D. B. Clark, R. Condit, J.B. Blair & M. Hofton. 2003. Above-ground biomass estimation in closed canopy Neotropical forest using lidar remote sensing: factors affecting the generality of relationships. *Global Ecology & Biogeography*. 12, p.147-159.
- FAO. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forest- a primer, FAO Forestry Paper No. 134. Roma.
- FAO. 1998. FRA 2000, Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento de Montes, Roma, Italia.
- FAO. 2006. Global Assessment of Growing Stock, Biomass and Carbon Stock (FRA 2005). Working paper 106/E Rome.
- Holdridge, L.R. y Gerardo Budowski. 1959. Mapa ecológico de Panamá. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, O.A.S.
- Jackson, R.B., J. Canadell, J.R. Ehleringer, H.A. Mooney, O.E. Sala & E.D. Schulze., 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108, p.389-411.
- Muller-Landau, H. 2004. Interspecific and Inter-site Variation in Wood Specific Gravity of Tropical Trees. *Biotropica*, 36 (1), p. 20-32.
- Philip, Michael S., 1994. *Measuring Trees and Forests*. Second edition. England: Cambridge University Press.
- Schlegel, B., Gayoso, J. & Guerra J., 2001. Manual de Procedimientos para Inventarios de Carbono en Ecosistemas Forestales. Universidad Austral de Chile. Proyecto FONDEF D9811076. Valdivia, Chile.
- Segura, Milena & M. Kanninen., 2005. Allometric Models for Tree Volume and Total Aboveground Biomass in a Tropical Humid Forest in Costa Rica. *Biotropica*, 37 (1), p. 2-8.
- Urquiza-Haas, Tania. P.M. Dolman & C.A. Pérez., 2007. Regional scale variation in forest structure and biomass in the Yucatan Peninsula, Mexico: Effects of forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 247, p. 80-90.

## ANEXOS FIGURAS



Fig. 1. Ubicación Regional de la Parcela de 1 Ha. En el área de Cerro Pelado, Gamboa, provincia de Colón.

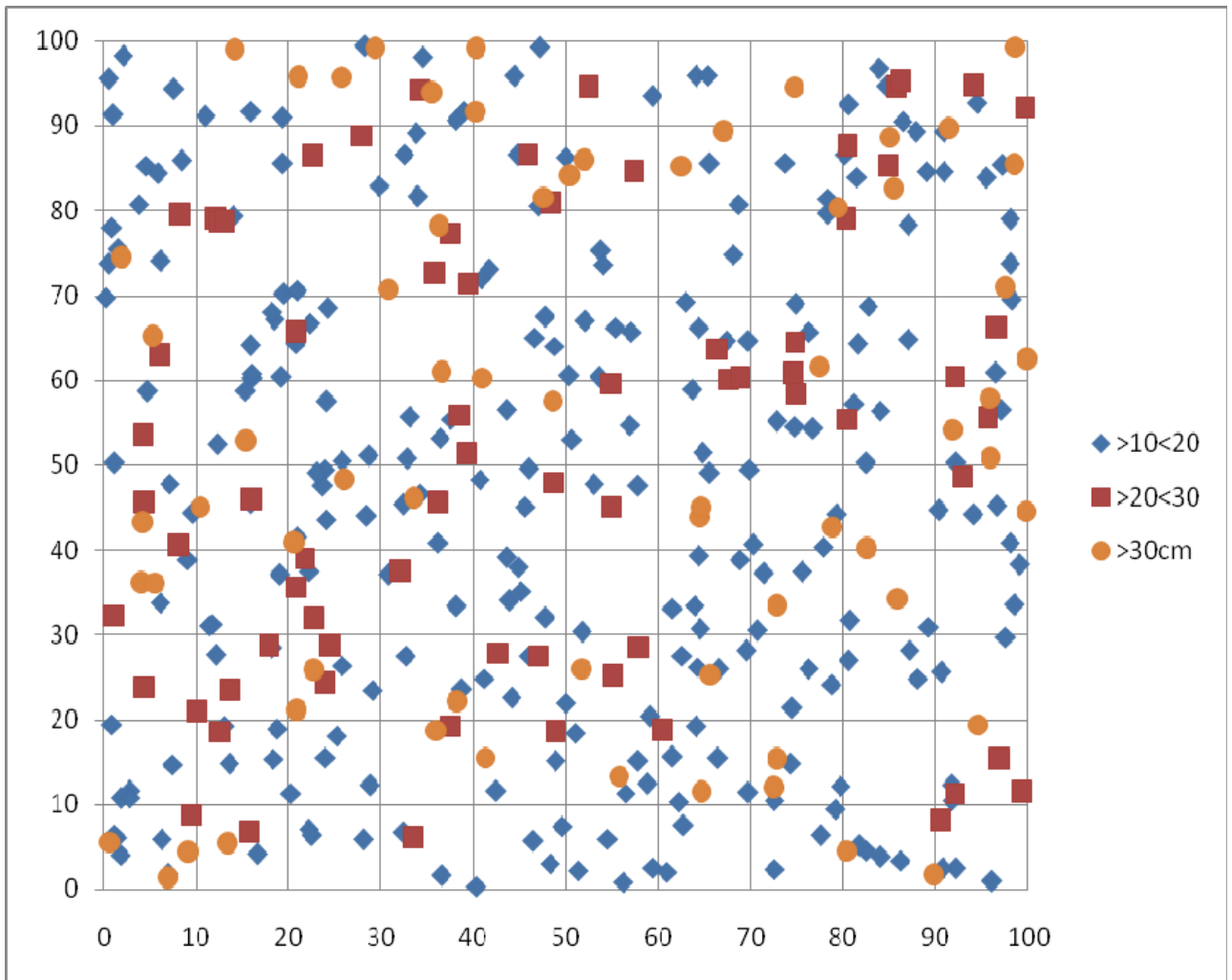


Fig. 2. Ubicación de los árboles 383 marcados dentro del perímetro, los cuales fueron mapeados para obtener su distribución en la parcela. Se aprecian las ubicaciones de los individuos según 3 diferentes rangos de diámetros.

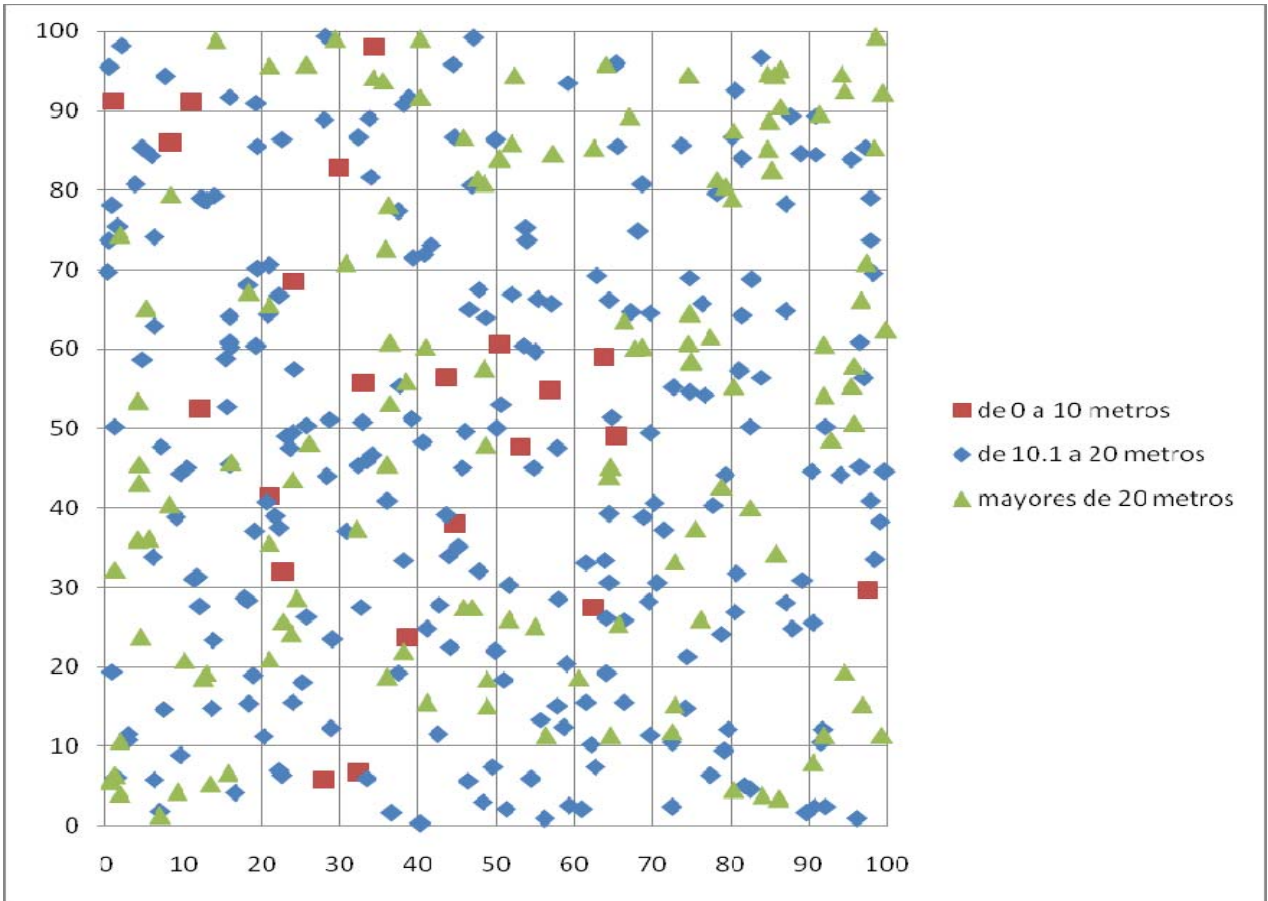


Fig.3. Distribución de los árboles en la parcela según altura del individuo.



Parcela _____	<b>PROYECTO DE INVESTIGACION DE LA FLORA DE Parcela Cerro Pelado 2008</b>	Cuadrante <u>02</u> . <u>02</u>
------------------	---	------------------------------------

Nombre y Fecha  
Solana Balveira / Digna Matias  
14 febrero 2008

Entrado en la Computadora:  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

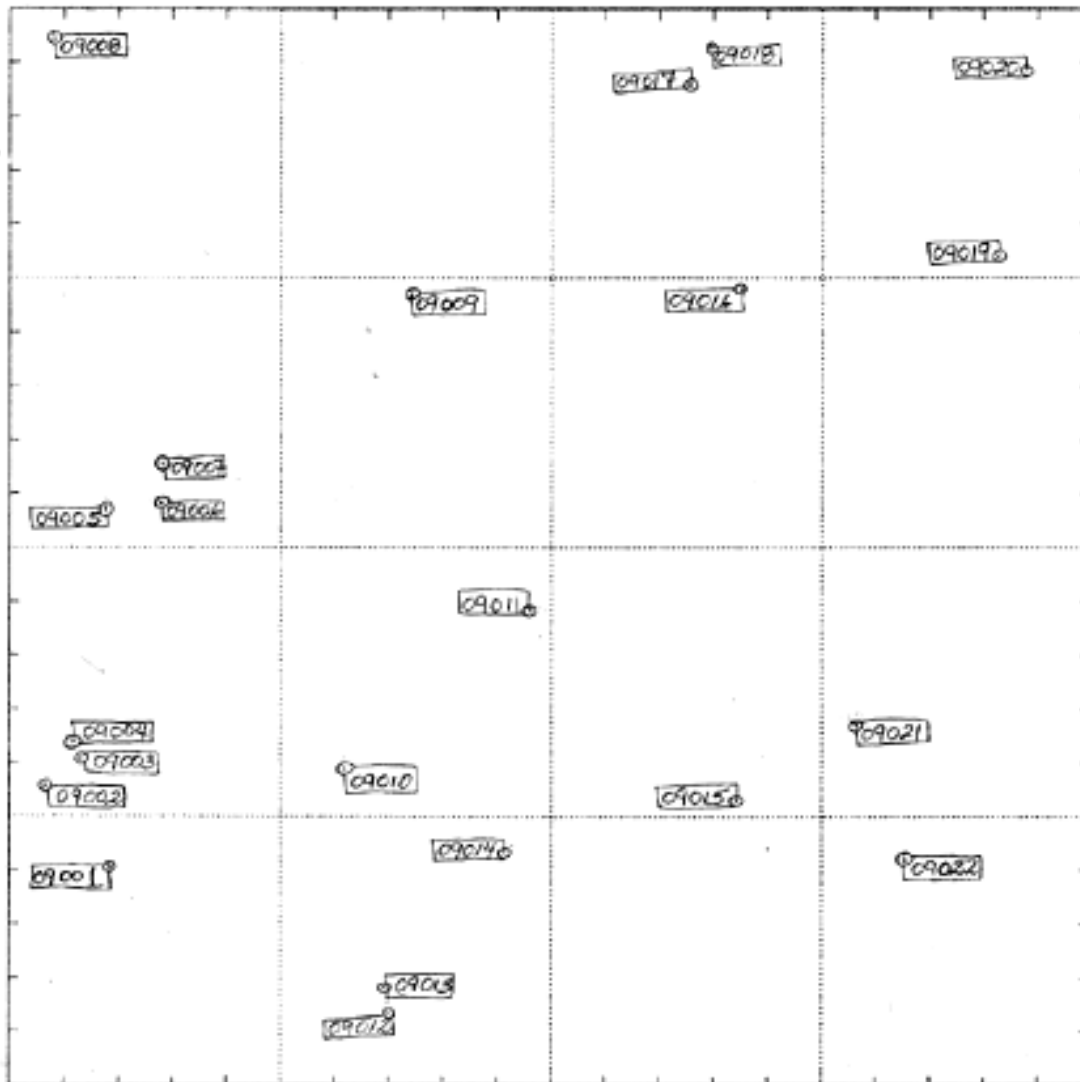


Fig.4. Plantilla que permite realizar el mapeo de los individuos dentro de un 20 x20m, posteriormente esta plantilla es escaneada para con la ayuda del programa Plot Digitizer ver 1.7 poder determinar sus coordenadas x,y.

## ANEXO CUADROS

Cuadro No.1. Especies de árboles con DAP  $\geq$  10 cm, encontrados en las parcelas, ordenados según la familia a la que pertenecen.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
ANNONACEAE	<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.
ARECACEAE	<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karst.
BIGNONIACEAE	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don <i>Tabebuia guayacan</i> (Seem.) Hemsl.
BOMBACACEAE	<i>Pachira sessilis</i> Benth.
BORAGINACEAE	<i>Cordia panamensis</i> Riley
BURSERACEAE	<i>Protium panamense</i> (Rose) I.M. Johnst.
CHRYSOBALANACEAE	<i>Hirtella americana</i> L.
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum longifolium</i> Willd.
COMBRETACEAE	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell
EBENACEAE	<i>Diospyros artanthifolia</i> Mart. ex Miq
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.
EUPHORBIACEAE	<i>Pera arborea</i> Mutis
FABACEAE/Cae.	<i>Tachigali versicolor</i> Standl. & L.O. Williams
FABACEAE/Mim.	<i>Abarema barbouriana</i> (Standl)Barn. & J.W. Grim. <i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth. <i>Inga pezizifera</i> Benth. <i>Inga thibaudiana</i> DC.
FABACEAE/Pap.	<i>Vatairea erythrocarpa</i> Ducke
FLACOURTIACEAE	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl
HUMIRIACEAE	<i>Vantanea depleta</i> McPherson

Continuación Cuadro No.1

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
LACISTEMATACEAE	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Hemsl. <i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez <i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez
MALPIGHIACEAE	<i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) DC.
MELASTOMATACEAE	<i>Henriettella tuberculosa</i> Donn. Sm.
MELIACEAE	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer
MORACEAE	<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst. <i>Maquira guianensis</i> Aubl.
MYRISTICACEAE	<i>Virola sebifera</i> Aubl. <i>Virola multiflora</i> (Standl.) A.C. Sm.
MYRSINACEAE	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.
MYRTACEAE	<i>Myrcia gatunensis</i> Standl.
PROTEACEAE	<i>Roupala montana</i> Aubl
RUBIACEAE	<i>Alseis blackiana</i> Hemsl. <i>Amaioua corymbosa</i> Kunth
SAPINDACEAE	<i>Matayba apetala</i> Radlk.
THEACEAE	<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schlttdl. & Cham.
VOCHYSIACEAE	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.

---

Cuadro No.2. Listado de las especies según la familia a la que pertenece y sus valores de densidad específica (WSG) obtenidos en la literatura.

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>WSG (g/cm3)</b>	<b>fuentes</b>
<b>ANNONACEAE</b>	<i>Xylopia frutescens</i>	0.640	2
<b>ARECACEAE</b>	<i>Oenocarpus mapora</i>	0.743	1
<b>BIGNONIACEAE</b>	<i>Jacaranda copaia subsp. spectabilis</i>	0.361	1
	<i>Tabebuia guayacan</i>	0.840	1
<b>BOMBACACEAE</b>	<i>Pachira sessilis</i>	0.420	1
<b>BORAGINACEAE</b>	<i>Cordia panamensis</i>	0.600	3
<b>BURSERACEAE</b>	<i>Protium panamense</i>	0.461	1
<b>CHRYSOBALANACEAE</b>	<i>Hirtella americana</i>	0.686	1
<b>CLUSIACEAE</b>	<i>Calophyllum longifolium</i>	0.553	1
<b>COMBRETACEAE</b>	<i>Terminalia amazonia</i>	0.665	1
<b>EBENACEAE</b>	<i>Diospyros artanthifolia</i>	0.600	3
<b>ERYTHROXYLLACEAE</b>	<i>Erythroxylum macrophyllum</i>	0.600	3
<b>EUPHORBIACEAE</b>	<i>Pera arborea</i>	0.600	3
<b>FABACEAE/Cae.</b>	<i>Tachigali versicolor</i>	0.543	1
<b>FABACEAE/Mim.</b>	<i>Abarema barbouriana var. barbouriana</i>	0.600	3
	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	0.669	1
	<i>Inga pezizifera</i>	0.582	1
	<i>Inga thibaudiana subsp. thibaudiana</i>	0.600	3
<b>FABACEAE/Pap.</b>	<i>Vatairea erythrocarpa</i>	0.640	2
<b>FLACOURTIACEAE</b>	<i>Lindackeria laurina</i>	0.600	3
<b>HUMIRIACEAE</b>	<i>Vantanea depleta</i>	0.600	3

Continuación Cuadro No.2

<b>LACISTEMATACEAE</b>	<i>Lacistema aggregatum</i>	0.511	1
<b>LAURACEAE</b>	<i>Beilschmiedia pendula</i>	0.512	1
	<i>Nectandra purpurea</i>	0.439	1
	<i>Ocotea cernua</i>	0.459	1
<b>MALPHIGIACEAE</b>	<i>Byrsonima spicata</i>	0.610	2
<b>MELASTOMATACEAE</b>	<i>Henriettella tuberculosa</i>	0.600	3
<b>MELIACEAE</b>	<i>Guarea guidonia</i>	0.611	1
<b>MORACEAE</b>	<i>Maquira guianensis subsp. Costaricana</i>	0.600	3
	<i>Perebea xanthochyma</i>	0.600	3
<b>MYRISTICACEAE</b>	<i>Virola multiflora</i>	0.467	1
	<i>Virola sebifera</i>	0.459	1
<b>MYRSINACEAE</b>	<i>Myrsine coriacea subsp. coriacea</i>	0.600	3
<b>MYRTACEAE</b>	<i>Myrcia gatunensis</i>	0.600	3
<b>PROTEACEAE</b>	<i>Roupala montana var. montana</i>	0.600	3
<b>RUBIACEAE</b>	<i>Alseis blackiana</i>	0.552	1
	<i>Amaioua corymbosa</i>	0.600	3
<b>SAPINDACEAE</b>	<i>Matayba apetala</i>	0.600	3
<b>THEACEAE</b>	<i>Ternstroemia tepezapote</i>	0.600	3
<b>VOCHYSIACEAE</b>	<i>Vochysia ferruginea</i>	0.490	1

Valores de WSG según literatura: 1. Chave *et al.* 2003; 2. FAO, 1998; 3. FAO, 1997.

Cuadro No.3. Especies y los códigos utilizados para resumir la escritura, estandarizados por el Centro de Ciencias Forestales del Trópico.

Especie	Código
<i>Abarema barbouriana</i> (Standl.) Barneby & J.W. Grimes	Pit1ba
<i>Alseis blackiana</i> Hemsl.	Alsebl
<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth	Amaico
<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Hemsl.	Beilpe
<i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) DC.	Byrssp
<i>Calophyllum longifolium</i> Willd.	Calolo
<i>Cordia panamensis</i> Riley	Cordpa
<i>Diospyros artanthifolia</i> Mart. ex Miq	Dio2ar
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Entesc
<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.	Ery2ma
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Guargu
<i>Henriettella tuberculosa</i> Donn. Sm.	Henrtu
<i>Hirtella americana</i> L.	Hirtam
<i>Inga pezizifera</i> Benth.	Ingape
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Ingath
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Jac1co
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Laciag
<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl	Lindla
<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	Maquco
<i>Matayba apetala</i> Radlk.	Mataap
<i>Myrcia gatunensis</i> Standl.	Myrcga
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Myrsco
<i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Nectpu
<i>Ocotea cernua</i> (Nees) Mez	Ocotse
<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karst.	Oenoma
<i>Pachira sessilis</i> Benth.	Pochse
<i>Pera arborea</i> Mutis	Peraar

Continuación Cuadro No.3

<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst.	Perexa
<i>Protium panamense</i> (Rose) I.M. Johnst.	Protpa
<i>Roupala montana</i> Aubl	Roupmo
<i>Tabebuia guayacan</i> (Seem.) Hemsl.	Tab1gu
<i>Tachigali versicolor</i> Standl. & L.O. Williams	Tachve
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Termam
<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schltl. & Cham.	Ternte
<i>Vantanea depleta</i> McPherson	Vantde
<i>Vatairea erythrocarpa</i> Ducke	Vataer
<i>Virola multiflora</i> (Standl.) A.C. Sm.	Virosp
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Virose
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Vochfe
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Xyl1fr

---

Fuente: Centro del Ciencias Forestales del Trópico, Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales.



Cuadro No.4. Nombres comunes encontrados para las 40 especies dentro de la parcela de estudio.

Especie	Nombre(s) comun(es)
<i>Abarema barbouriana</i> (Standl.) Barneby & J.W. Grimes	Frijolillo
<i>Alseis blackiana</i> Hemsl.	Mameicillo
<i>Amaioua corymbosa</i> Kunth	Madroño
<i>Beilschmiedia pendula</i> (Sw.) Hemsl.	Aguacatillo, torpedo
<i>Byrsonima spicata</i> (Cav.) DC.	Nancito, nancillo, nance, nance de montaña
<i>Calophyllum longifolium</i> Willd.	María, santa maría, calaba
<i>Cordia panamensis</i> Riley	Niguita, muñeco, lengua de vaca.
<i>Diospyros artanthifolia</i> Mart. ex Miq	Sapote negro
<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	Corotú de montaña, dormilón, harino, guábilo, zarza, jarino.
<i>Erythroxylum macrophyllum</i> Cav.	
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Chuchupate, cedro macho, tres bocas, cedro blanco.
<i>Henriettella tuberculosa</i> Donn. Sm.	
<i>Hirtella americana</i> L.	Camaroncillo, garrapato.
<i>Inga pezizifera</i> Benth.	Guabo, guaba, guaba de mono, guabito.
<i>Inga thibaudiana</i> DC.	Guabo, guaba, guaba de mono, guabito.
<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don	Palo de buba, nazareno, guabanday, pata de elefante.
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby	Huesito, cafecillo, garrotillo
<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl	Carbonero, amarillo, escribano, cucuyo
<i>Maquira guianensis</i> Aubl.	Palo de pico
<i>Matayba apetala</i> Radlk.	Gorgojero, gorgojo
<i>Myrcia gatunensis</i> Standl.	Pimiento

Continuación Cuadro No.4

<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult.	Mangle de montaña, mangle de sabanas
<i>Nectandra purpurea</i> (Ruiz & Pav.) Mez	Sigua
<i>Oenocarpus mapora</i> H. Karst.	Maquenqué, trupa
<i>Pachira sessilis</i> Benth.	Yuco de monte, ceibo, ceibo nuno
<i>Pera arborea</i> Mutis	Sapito, clavito, pellejo de gallina
<i>Perebea xanthochyma</i> H. Karst.	Cerrillo
<i>Protium panamense</i> (Rose) I.M. Johnst.	Copal, copá, chutra
<i>Roupala montana</i> Aubl	Carne asada, árbol carne, ratón
<i>Tabebuia guayacan</i> (Seem.) Hemsl.	Guayacán
<i>Tachigali versicolor</i> Standl. & L.O. Williams	Reseco, árbol suicida, alazano
<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel.) Exell	Amarillo, roble amarillo, amarillo carabazuelo
<i>Ternstroemia tepezapote</i> Schlttdl. & Cham.	Manglillo, manglillo de botón, manzanillo de sabana
<i>Vantanea depleta</i> McPherson	Chiricano, corocito.
<i>Vatairea erythrocarpa</i> Ducke	Amargo-amargo, amargo.
<i>Virola multiflora</i> (Standl.) A.C. Sm.	
<i>Virola sebifera</i> Aubl.	Velario colorado, copidijo, bogamani, sangre.
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Flor de mayo, botarrama, tecla, mayo
<i>Xylopia frutescens</i> Aubl.	Malagueto, malagueto macho.

---

Fuente: Condit *et al.* 2008

## ANEXO FOTOS



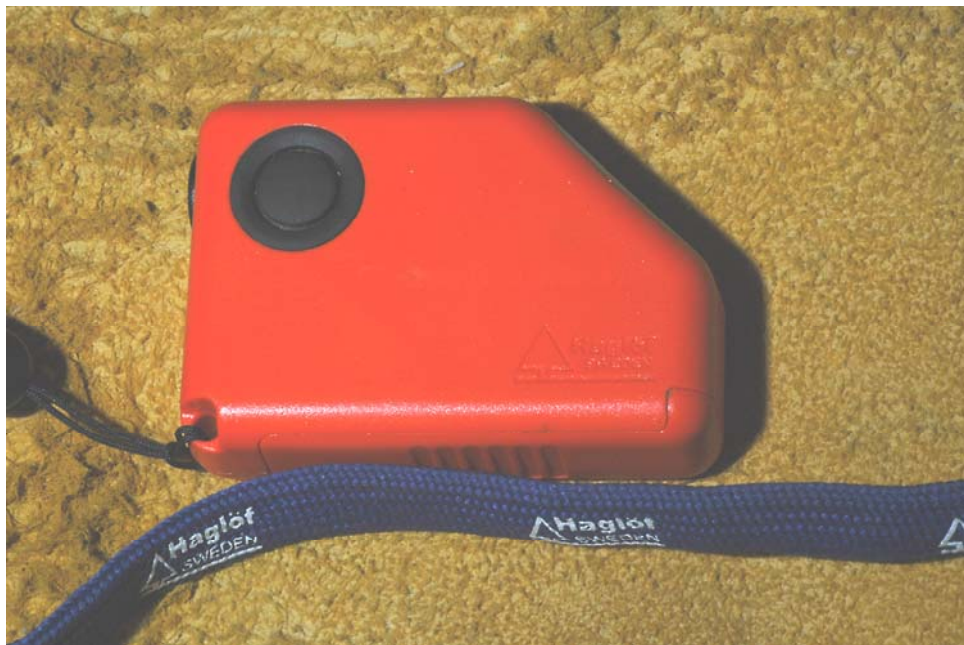
**Marcación dejada a los árboles incluye: líneas con pintura fosforescente naranja para indicar en donde fueron medidos los arboles grandes y chapas de aluminio grabadas.**



**La antena fue tomada como punto central o eje para la instalación de la parcela permanente**



Cinta para medir diámetros, tiene una escala lineal y otra con su equivalente al diámetro



Clinómetro electrónico Haglöf, herramienta fundamental para las medidas de las alturas dentro de la vegetación.



Las parcelas permanentes, tienen la ventaja de permitir el desarrollo de diversos estudios relacionados, ya que cuenta con una información base muy necesaria para el desarrollo de otras investigaciones.



Esta parcela de 10,000 metros cuadrados al estar demarcada y mapeada en su totalidad hace muy fácil la localización de sitios y por ende la ubicación de equipos de investigación.

## INFORME FINANCIERO DEL PROYECTO

Tabla No. 5: Detalle de Gastos por partida para la Etapa I del Proyecto COL07-011.

DETALLE DE GASTOS	MONTO ASIGNADO PARA LA I ETAPA, B/.	MONTO EJECUTADO EN ETAPA I 15/05/07 - 31/05/08	SALDO DISPONIBLE AL 01/06/2008	OBSERVACION
<b>1.Servicios Profesionales</b>				
1.1. Investigador asistente	4,200.00	3,500.00	700.00	
1.2 Asistentes estudiantiles	2,400.00		2,400.00	Ver nota 1
<b>Subtotal</b>	<b>6,600.00</b>	<b>3,500.00</b>	<b>3,100.00</b>	
<b>2.Capacitaciones</b>				
<b>2.1. Visitas de investigadores extranjeros</b>				
2.1.1Pasajes desde España (1 visita)				
2.1.2 Pasajes desde E.U.A. (1 visita)				
2.1.2 Viáticos en Panamá				
<b>2.2. Capacitación de personal de la UTP en LI COR 6400</b>				
2.2.1 Pasajes @ Estados Unidos (4 personas)				
2.2.2 Pasajes @ España (3 personas)				
2.2.3 Viáticos E.U.A (2personas )				
2.2.4 Viáticos España (3 personas)				
2.2.5 Costo curso LI COR 6400 (2 personas)				
<b>Subtotal</b>				
<b>3. Viáticos</b>				
3.1 Viáticos giras de campo	950.00	89.28	860.72	
3.2 Combustible	800.00	144.40	655.60	
3.3 Mantenimiento	150.00	4.00	146.00	
<b>Subtotal</b>	<b>1,900.00</b>	<b>237.68</b>	<b>1,662.32</b>	
<b>4. Equipos</b>				
4.1. Dos computadoras portátiles	3,200.00	3,065.94	134.06	
4.2. Software para manejo de datos y estadística				
4.3. Equipo para medición y análisis de carbono	31,000.00	31,000.00	0.00	
<b>Subtotal</b>	<b>34,200.00</b>	<b>34,065.94</b>	<b>134.06</b>	
<b>5. Bibliografía y divulgación</b>				
5.1. Lanzamiento	500.00	495.40	4.60	
5.2 Página web	300.00			Ver nota 2
5.3 Adquisición de bibliografía especializada	1,000.00	822.51	177.49	
5.4 Publicación de artículos y participación en congresos				
5.5. Informes de avances, charlas e informe final	500.00	266.55	233.45	
<b>Subtotal</b>	<b>2,300.00</b>	<b>1,584.46</b>	<b>415.54</b>	
<b>6. Otros</b>				
6.1. Gastos administrativos (5% del Total)	2,370.00	2,368.50	1.50	
	<b>2,370.00</b>	<b>2,368.50</b>	<b>1.50</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>47,370.00</b>	<b>41,756.58</b>	<b>5,313.42</b>	

Nota 1: No se requirieron asistentes estudiantiles en esta etapa, pero se espera contratar para la etapa II.

Nota 2: Esta partida se empleará próximamente, ya sea para capacitación de más personal en el manejo de páginas web o para la compra de software para la administración más eficaz de las mismas.

**Facturas que acompañan al informe financiero.**