

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIRIQUÍ
VICERRECTORÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN BIOLOGÍA VEGETAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS**

Producción de biomasa y carbono almacenado en hojarasca del bosque secundario húmedo tropical en el Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá

Presentado por:

Enrique I. Caballero Morales

Cédula: 4 89 632

Asesor Principal de Tesis:

M. Sc. Pedro A. Caballero R.

Co-asesores:

Ph. D. Tina a. Hofmann

M. Sc. Maritza Vega

Trabajo de graduación, presentado a la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado, como requisito parcial para optar por el título de Maestría en Biología Vegetal.

David, marzo, 2012

DEDICATORIA

Con cariño a mi compañera sentimental Aychel Liath, a mis hijos Enrique Donald, Aychel Ahymeleth, Lyan Selenita y Loretta Yassiel, así como a los defensores de la naturaleza y vida en el planeta.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad autónoma de Chiriquí (NACHI) y a la Secretaría Nacional de Ciencias y Tecnología (SENACYT) por apoyar y financiar esta Maestría de Biología Vegetal; al Prof. M. Sc. Pedro A. Caballero R, asesor principal; MSc. Maritza Vega y Dra Tina A. Hofmann por la asesoría; al Prof. MSc. Marcos Tem y M.Sc. Gracybell Ibarra, al Laboratorio de Suelos y Aguas (LABSA) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Panamá, a la Estación de Hidrometeorología (ETESA) y al laboratorio de Química de la UNACHI por la cooperación brindada.

ÍNDICE GENERAL

TÍTULO	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
1. RESUMEN	1
2. (SUMMARY)	2
2. INTRODUCCIÓN	3
3. REVISIÓN DE LITERATURA	6
3.1. Calentamiento atmosférico y cambio climático global: Definición y origen	6
3.2. El bosque húmedo tropical	10
3.2.1. Importancia del bosque secundario húmedo tropical	11
3.2.1.1. Bienes y Servicios del bosque	12
3.2.1.1.2. Productividad	13
3.2.1.1.2.1. Hojarasca	15
3.2.1.2. Carbono almacenado	16
3.2.1.3. Factores abióticos relacionados con la producción de Biomasa	16
3.2.1.4. Amenazas al bosques húmedo tropical	17
4. ASPECTOS METODOLÓGICOS	18
4.1. Descripción general del área en estudio	18
4.2. Método empleado en el estudio	19
4.2.1. Establecimiento de las parcelas	20
4.2.2. Especificación de las canastas recolectoras	21
4.2.3. Recolección y secado de la hojarasca	22
4.2.4. Muestreo de suelo	24
4.2.5. Análisis estadístico	25

5. RESULTADOS	26
5.1. La producción de biomasa y carbono almacenado en la hojarasca	26
5.2. Suelo	29
5.3. Relación de la producción de biomasa con factores abióticos	30
6. DISCUSIÓN	31
6.1. Producción de biomasa y factores abióticos relacionados	31
6.2. Producción de biomasa de los componentes de la hojarasca	35
6.2. Los nutrientes, carbono orgánico y textura del suelo	36
7. APORTES DEL ESTUDIO	38
8. CONCLUSIONES	39
9. RECOMENDACIONES	40
10. BIBLIOGRAFÍA CITADA	42
11. ANEXOS	56

ÍNDICE DE CUADROS

1. Estudios de la producción de biomasa en hojarasca en diferentes países	15
2. Resultados del análisis de correlación de biomasas con factores abióticos, parcela A y B.	25
3. Análisis factorial	26
4. Producción total de biomasa y carbono en la hojarasca, parcela A y B	27
5. Análisis fisicoquímico del suelo	29
6. Factores abióticos relacionados con la productividad de hojarasca en las parcelas A y B	30
7. Biomasa total en ton/ha/año por parcela y componente de hojarasca (anexos)	57
8. Producción mensual de biomasa de hojarasca, parcelas A y B	58
9. Producción comparativa de biomasa y factores abióticos, parcelas A y B	58

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Dinámica de gases efecto invernadero (1800 al 2050)	7
2. Distribución mundial del bosque tropical	11
3. Parcelas experimentales (A y B) ubicadas en el Jardín Botánico de la UNACHI	18
4. Vista panorámica del bosque secundario del Jardín Botánico de la UNACHI	19
5. Grilla de distribución de las canastas recolectoras	20
6. Canasta recolectora instalada en campo	21
7. Componentes de la hojarasca, parcelas A y B	23
8. Componentes de hojarasca listos para secar en el horno	23
9. Grilla de distribución de puntos de muestreo de suelo, parcelas A y B	24
10. Gráfico de producción de biomasa mensual, parcelas A y B	28
11. Gráfico de la biomasa promedio de los componentes de hojarasca de las parcelas A y B (Anexos)	56
12. Producción de biomasa de los componentes de hojarasca por parcelas (A y B) durante 12 meses	56
13. Producción Total de biomasa entre las parcela A y B	57

1. RESUMEN

La acumulación de bióxido de carbono incrementa la temperatura a la atmósfera, que induce al cambio climático global. En 1997, Mediante el Protocolo de Kyoto se acordaron medidas urgentes para frenar el calentamiento del aire, se reconoce el bosque como sumidero terrestre de Carbono y riqueza natural del país forestal. Sin embargo, los bosques son ecosistemas vulnerables a acciones naturales y humanas, que los destruyen rápidamente. Panamá evidencia el 35 del 70% de la cobertura boscosa en 1970 y se desconoce la degradación en los mismos los últimos cinco años, así como datos específicos del cambio de uso de la tierra. El interés de este estudio es conocer la producción de biomasa y Carbono almacenado en la hojarasca y Carbono Orgánico en el suelo en el bosque secundario del Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá. Se demarcaron dos parcelas de 2000 m² divididas cada 100 m², instalaron canastas recolectoras y tomaron muestras de hojarasca durante 12 meses. La hojarasca se clasificó en hoja, rama, flor, tallo-corteza, fruto-semilla, vegetal asociado y restos vegetales. La producción promedio de biomasa de la hojarasca fue de 10.30 ton/ha/año (equivalente a 5.1 ton/ha/año de Carbono almacenado. El contenido de Carbono Orgánico en el suelo fue 4.6 % (equivalentes a 91 ton/ha). La producción de biomasa varió ($p < 0.05$) entre componentes de la hojarasca y los meses, siendo similar entre parcelas. Los datos obtenidos *in situ* en el campo, son valiosa y enriquecen la información forestal del país.

SUMMARY

Accumulate carbon dioxide in the environment causes overheating to the atmosphere, contributing to the Global Climatic Change. On the contrary, forest are ecosystems with a great capacity to fix and storage the Carbon. However, these ecosystems are so vulnerable and some human activities destroy and degrade them quickly, releasing the Carbon also limiting the capacity to capture the Carbon from the atmosphere. The objective of this research is to quantify the biomass, storage Carbon of the fallen leaves and the Organic Carbon retained from the soil of the A and B studied lands of the Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí, in Panamá. It means to take samples of fallen leaves periodically during 12 months and to get real data about vegetable biomass production and stored Carbon. Therefore two parcels of land with 2000 m² were divided each 100 m² and baskets were installed to catch the fallen leaves besides, the were classified as leaves, branches, flower, stems, barks, fruits, seeds, associated vegetables and vegetable rests. The total biomass production was 20.6 ton\ha\year (10.3 ton\ha\year), this is equal to 5.1 ton\ha\year of stored Carbon in the fallen leaves and 4.6% (91 ton\ha\year) of Organic Carbon in the soil of studied lands. The biomass production varied significantly ($p < .05$) between the components of the fallen leaves and among the months, therefore it was similar between the lands. These data can be so valuable in the basic line of the forestall resource of Panama country as a result of the Marco Convention of Climatic Change because Panama is a signed State of this besides a member from Kyoto Protocol.

1. INTRODUCCIÓN

El incremento de la temperatura a la atmósfera está relacionado con la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) de origen antrópico como el bióxido de carbono (CO₂) que ha variado de 270 a 390 ppm paralelo al inicio de la revolución industrial (1750) a la fecha, induciendo al cambio climático (IPCC 1995; López *et al.* 1999; Ordóñez y Masera 2001; Wassenaar *et al.* 2007).

En 1988, se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), dependencia de la ONU, encargado de conocer fuentes antrópicas favorables al calentamiento de la atmósfera y encontrar mecanismos para reducir los niveles de Carbono del aire entre el 2008 y 2012, y, en 1990, en su primer informe advierte el cambio climático una amenaza a todo sistema de vida en la Tierra (Cielsa 1996; ONU 1998; Locatelli y Leonard 2001; IPCC 2007).

Ante el problema global, en 1997, mediante el Protocolo de Kyoto, gobiernos y científicos de diferentes países acordaron medidas urgentes tendientes a limitar fuentes y emisiones de GEI, frenar la deforestación y aumentar la cobertura de los bosques, especialmente tropicales realizando proyectos en el marco de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) (IPCC 1995; Villers y Trejos 1996; IPCC 1997). También, se reconoció el bosque como sumidero terrestre de Carbono, productores de bienes y servicios a la humanidad y riqueza natural del país forestal (Ordóñez y Masera 2001).

Sin embargo, los bosques son ecosistemas sumamente vulnerables a las acciones de los humanos y cambios naturales bruscos. La deforestación es una práctica que prevalece a nivel mundial a razón de 15.5 millones de hectáreas taladas por año (20 mil hectáreas (ha) por día) (REDD+ 2009).

Según informes, en el 2011 Panamá cuenta con el 35 del 70% de la cobertura boscosa en 1970 (ANAM 2011). El bosque secundario comprende el 35 % del total de los bosques tropicales y avanza por Centro, Sur América y Panamá, debido a prácticas rudimentarias como la ganadería extensiva, agricultura migratoria, extracción ilegal y sin manejo adecuado de maderas; minería, desarrollo de asentos humanos, embalses hidroeléctricas y eventos naturales (Gutiérrez 1995; ANAM 2009). En 1998, Panamá tenía el 32% de cobertura boscosa en todo el territorio y la provincia de Chiriquí el 13 % (FAO 2000; ANAM 2009).

Por otra parte, al revisar la literatura faltó información específica sobre la tasa anual de cambio de uso de la tierra, cambios de la cobertura boscosa, masa forestal, información sobre carbono almacenado y los diferentes reservorios terrestres. El objetivo principal de este estudio es obtener datos reales, sobre la producción de biomasa y carbono almacenado en la hojarasca, así como Carbono Orgánico en el suelo del bosque secundario del Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí; información valiosa a nivel de institución y de país comprometido en desarrollar proyectos exigidos en el Protocolo de Kyoto o posible participación en el mercado internacional del Carbono (IPCC 1997).

El objetivo principal de este estudio es obtener datos reales, sobre la producción de biomasa y carbono almacenado en la hojarasca, así como Carbono Orgánico en el suelo del bosque secundario del Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí; información valiosa a nivel de institución y de país comprometido en desarrollar proyectos exigidos en el Protocolo de Kyoto o posible participación en el mercado internacional del Carbono (IPCC 1997).

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Calentamiento y cambio climático global: Definición y origen

El conocimiento sobre el cambio climático está basado en observaciones de los aumentos promedios del bióxido de carbono en la atmósfera, de las temperaturas del aire y océanos, del aumento de nivel de las aguas marinas, el derretimiento de los casquetes polares y capas de hielo sobre montañas (IPCC 2007).

Por otra parte, la acumulación de gases como el bióxido de carbono, el vapor de agua, el metano y gases artificiales como clorofluorcarbonados emanados de ciertas actividades antropógenas absorben y retienen calor por largo tiempo en la troposfera aumentando la temperatura a las masas de aire terrestre, causando el fenómeno denominado "efecto invernadero" (López *et al.* 1999; Fonseca, *et al.*, 2008; Medina *et al.* 2008).

En la atmósfera el Carbono se encuentra en forma de dióxido de carbono en pequeña proporción (0.03%) y se estiman 730 Pg de carbono en el sistema atmosférico, unos 38 000 Pg disuelto en el mar, 500 Pg de carbono fijados en las plantas mediante el proceso de fotosíntesis y unos 1500 Pg de carbono en la materia orgánica en diferentes estados de descomposición (Wassenaar *et al.* 2007).

Desde 1750, inicio de la revolución industrial a nuestros días, los niveles del bióxido de carbono en la atmósfera ha variado de 270 a 390 ppm y entre los años 2006 al 2009 varió de 1200 a 4200 toneladas de bióxido de carbono (López *et al.* 1999; Wassenaar *et al.* 2007). A la tasa actual de emisiones de este gas, se prevé para antes del año 2100 oscilará entre 600 y 700 ppmv (Fig. 1) (IPCC 2001; Houghton 2005). En los últimos 12 años (1995-2006), 11 corresponden a los más calurosos registrados desde 1850 (IPCC 1995, 2001; Maslin 2004; Weiss *et al.* 2008).

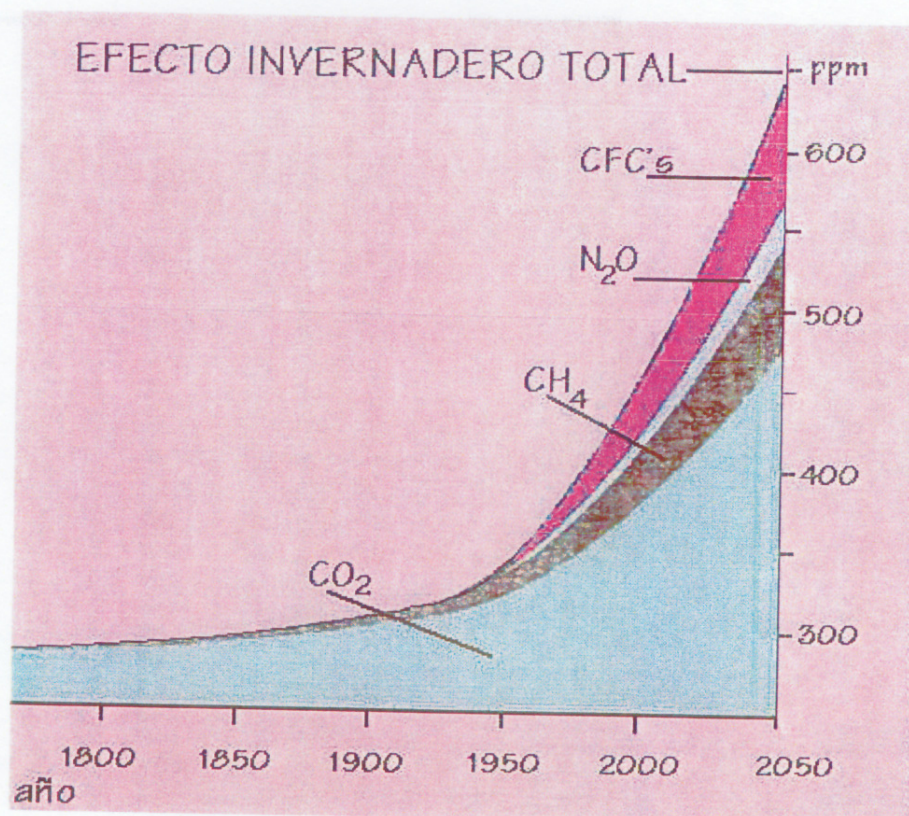


Figura 1. Dinámica de los gases de efecto invernadero en los escenarios del año 1800 al 2050.

(De: www.sagan-gea.org, Consultado en diciembre de 2010)

Al sorprendente avance de la tecnología del siglo pasado, pero hay que sumarle el alto costo ecológico: contaminación y deterioro ambiental, los efectos negativos a las economías de los países, la reaparición y nuevas enfermedades y males perceptibles solamente al transcurrir los siglos como lo es el calentamiento a la atmósfera y el cambio climático global, proceso que pueden provocar efectos graves como derretir irreversiblemente los hielos de la Antártida y Groenlandia, elevando el nivel de los océanos entre 6 y 120 m, una amenaza catastrófica para millones de personas, especialmente habitantes de las ciudades costeras como Tokio, Bangladesh y otras (IPCC 2001; Wassenaar *et al.* 2007).

En 1992, en la Cumbre Mundial de la Tierra celebrada en Río de Janeiro (Brasil) 150 gobiernos del mundo acordaron la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCCUN) para regular los niveles del metano y bióxido de carbono en la atmósfera, tal que prevengan el calentamiento global antropógeno al sistema climático natural (Locatelli y Leonard 2001).

En 1997, en Kyoto, Japón científicos y gobiernos de 189 países acordaron, mediante el Protocolo de Kyoto, obligaciones y nuevos plazos a los Estados miembros, incluyendo los industrializados y aquellos en vías de desarrollo como Panamá, en eliminar las fuentes y reducir las emisiones de gases de efecto

invernadero en 5.2 % respecto a los niveles que tenían en 1990, en el caso de los países industrializados y los países en vías de desarrollo el compromiso de mantener sus bosques existentes y desarrollar proyectos que mitiguen la deforestación y el impacto del cambio climático (IPCC 1997).

Países como la Unión Europea, México, Costa Rica, Colombia, Chile y República Dominicana se han unidos para enfrentar juntos el impacto del cambio climático mediante proyectos estratégicos de mitigación e investigaciones sobre las capacidades de captura de bióxido de carbono de sus bosques y reservorios reales y potenciales y Argentina puso un satélite (SAC-D/Aquarius) en órbita con el fin de medir parámetros ambientales que pueden ser modificados por el cambio climático global como la salinidad del mar (IPCC 2007; Parker *et al* 2009).

Panamá ha realizado ciertas investigaciones para conocer sobre la cobertura boscosa en el país, ha realizado algunos proyectos de reforestación que pueden considerarse de perspectivas sostenibles que cumplen con el compromiso propuesto en el Protocolo de Kyoto (ANAM 2009).

Por otra parte, en octubre del 2011, más de 5000 delegados científicos y de gobiernos de diferentes países del mundo (miembros del Protocolo de Kyoto) asistieron a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, que se celebró en la ciudad de Panamá previo a la cumbre de la ONU, que se celebró posteriormente (diciembre) en Durban, Sudáfrica (Carrasco 2011).

Aunque no promueve ni ha propuesto una política nacional clara sobre el cambio climático.

3.2. Bosque húmedo tropical

Actualmente no existe una definición universal de "bosque", en este trabajo se adoptó una definición que se ajusta al tipo de bosque natural de Panamá: "toda formación boscosa con una estructura cerrada, constituida por especies leñosas y no leñosas, arbóreas, arbustivas, herbáceas y otras, formando un conjunto de especies diversas que conviven en un determinado espacio, incluyendo bosques naturales, bosques primarios, bosques secundarios, bosques intervenidos y bosques manejados" (ONU 2010).

En el 2009, la cobertura boscosa mundial se estimó en 4000 millones de hectáreas (29.6% de la superficie terrestre) de los cuales 2000 millones de hectáreas son bosques tropicales y 1000 millones de hectáreas corresponde al bosque húmedo tropical distribuidos en Latinoamérica, Sudeste de Asia y África (FAO 2007) (Fig. 2).

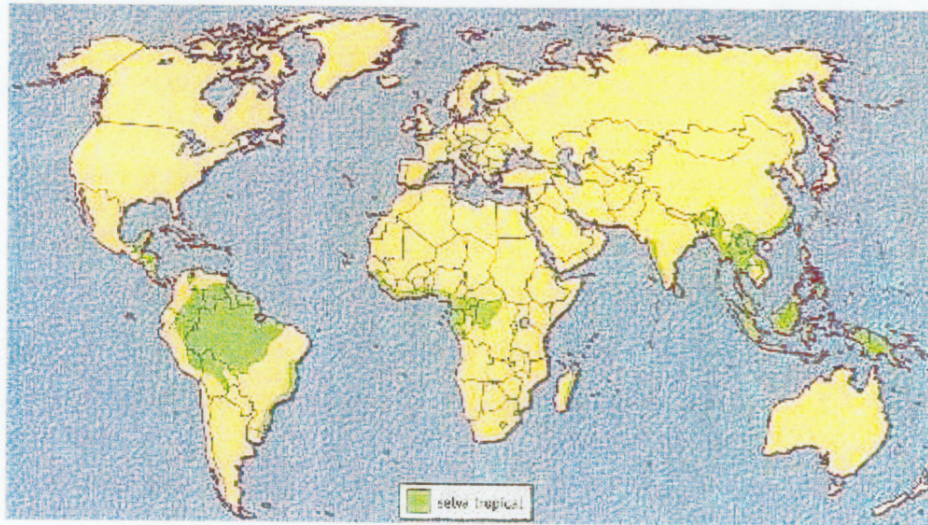


Figura 2. Distribución mundial del bosque tropical (color verde)
 (Tomado de: www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/12EcosPel/116BosqTrop.htm, Consultado octubre, 2010).

En 1998, la superficie total de Panamá se estimó en 7 551 690 hectáreas de las cuales el 32 % eran boscosas, en tanto, la provincia de Chiriquí tenía el 16 % (117 872 hectáreas) (ANAM 2009).

3.2.1. Importancia del bosque secundario húmedo tropical

Se considera bosque secundario a la vegetación leñosa que sucede inmediatamente a la vegetación original eliminada por actividades antrópicas o naturales comprendida en un área de terreno no menor de 0.5 hectáreas con densidad mínima de 500 árboles por hectárea de diferentes especies con un mínimo de 5 centímetros de diámetro a la altura del pecho, (MINAE 1999).

En el bosque secundario la vegetación crece natural después de las perturbaciones, recibe abundante iluminación en todos los estratos, la mayoría

de los árboles son jóvenes, de madera suave y rápido crecimiento, en tanto, la vegetación de un bosque primario no ha sufrido perturbaciones significativas por manos del hombre o por la naturaleza, los árboles son altos (≥ 30 m), el dosel es compacto y llega poca luz al suelo, (Martínez-Ramos 1994; Lieberman *et al.* 1985).

En 2008, Panamá contaba con 759 787 hectáreas de bosque secundario; un 25% menos que en el año 2000 (ANAM 2009).

3.2. 1.1. Bienes y servicios del bosque

Más de 1200 millones de personas dependen directamente de los bienes y servicios que les ofrece el bosque (Dixon *et al.* 1994; Carranza, *et al.* 1996; López *et al.* 2002; ANAM 2007) como ecosistemas que han requerido siglos para formarse, luego de procesos y una serie de elementos externos e interrelacionados y en equilibrio interno, relacionados con la producción de madera, soporte de variabilidad de especies y producción de oxígeno (Cifuentes 1989), además que adicionan alto valor estético, cultural, económico y constituye refugio, hogar, alimentación y procreación de variada fauna; diversidad de plantas de mucha utilidad, entre otras, medicinales (Cifuentes *et al.* 2010).

El Protocolo de Kyoto incluye al bosque como sumidero natural de carbono, ecosistema terrestre indispensable en la mitigación del calentamiento y cambio climático global (IPCC 1997). Paradójicamente, estos sistemas naturales son vulnerables y talados indiscriminadamente, ya que los gobiernos de países forestales no incluyen al bosque como parte de los proyectos a desarrollar y por

falta de una política bien definida del mercado mundial de carbono (Parker *et al.* 2009).

3.2.1. 2. Productividad

La productividad de un bosque se refiere al total de biomasa vegetal producida por unidad de área en un tiempo determinado y se puede expresar en toneladas por hectárea por año (ton/ha/a) (Ordóñez y Masera 2001), en tanto que la productividad primaria neta del ecosistema es la cantidad de materia orgánica acumulada (Jordán 1985). Una forma sencilla de medir dicha producción de estos ecosistemas terrestres, es mediante la hojarasca (ver 3.2.1.2.1) (Bray y Gorham 1964).

Los resultados de diferentes estudios coinciden en que los bosques tropicales tienden responder a cierta uniformidad en la caída de las hojas y guardan cierta relación con la época seca, probablemente asociado al estrés hídrico (Sánchez *et al.* 2003).

De acuerdo a los análisis, la relación negativa entre el aumento de la precipitación media anual y la disminución de la productividad primaria neta (PPN), puede obedecer a la saturación del suelo con agua, a la carencia de oxígeno necesario para los descomponedores y al déficit de minerales disponible al sistema radicular situación que provoca que las plantas disminuyan el desprendimiento de partes aéreas (hojarasca) (Schuur 2003).

También se ha observado, que la época reproductiva (floración), además de responder al ritmo cíclico natural de la misma especie coincide con la época seca, aunque la senescencia de los frutos ocurre a inicios y bien avanzada la época lluviosa (Jordán 1985; Moreno, *et al.*1997).

Cuadro 1. Estudios de la producción de la biomasa en hojarasca realizados en diferentes bosques secundarios del tipo Húmedo Tropical (ton/ha/año).

Autor (Año)	Tipo de Bosque secundario	Ton/ha-año ⁻¹	País
*Presente estudio (2011)	Bosque secundario del tipo Húmedo Tropical de tierras bajas	10.30	Panamá
González y Mayorga (2011)	Bosque montano nuboso	7.02	Panamá
Ramos (2010)	Bosque Tropical secundario natural	9.3	Panamá
Serrano (2010)	Bosque Tropical secundario natural	6.3	Panamá
Fábrega (2009)	Bosque Tropical secundario natural	2.2	Panamá
Jaramillo (2008)	Bosque Tropical secundario (agroforestal)	0.1	Panamá
Medina <i>et al.</i> (2008)	Bosque Tropical pinar plantado con edad mayor a 35 años	4.5	Nicaragua
Chacón <i>et al.</i> (2007)	Bosque Húmedo Tropical secundario	1.3	Costa Rica

*Productividad de las parcelas A y B estudiadas.

En el Cuadro 1 se presentan los resultados de la producción de biomasa en hojarasca en bosques secundarios Húmedo Tropical de algunos países, centroamericanos, incluyendo Panamá.

3.2.1.2.1. Hojarasca

La hojarasca comprende el material vegetal aéreo como hojas, ramas, flores, frutos y otras estructuras desprendidas, vivas o muertas que se acumula en el suelo. Material orgánico que sirve de hábitat y alimento a los descomponedores de la red trófica, en la cual se liberan los minerales atrapados en la biomasa para su retorno al suelo y ser nuevamente absorbidos por las raíces de las plantas (UNESCO/CIFCA.1980). Es un flujo normal energético y transferencia de los nutrientes aéreos de las plantas hacia el suelo muy característico de ecosistemas terrestre tropical (Vitousek *et al.* 1986; Waide *et al.* 1998)

3.2.1.2. Carbono almacenado

El Carbono atmosférico se incorpora al metabolismo de la planta mediante la fotosíntesis y se convierte en compuestos orgánicos primarios como azúcares y moléculas más complejas constituyentes del material estructural de la planta como el follaje, tronco, ramas y demás componentes que se incrementan en la medida que la planta crece, especialmente la parte superior, dosel, en la estrategia por ganar la luz a otras especies arbóreas vecinas (Martínez-Ramos 1994; Lieberman *et al.*, 1985; Ordóñez y Masera 2001; Pece *et al.* 2007).

Una vez e el suelo, la materia orgánica al descomponerse emite cierta parte del Carbono al aire en forma de CO₂ y otra parte queda en el suelo formando el humus; que es una fase más estable de este gas. Se tiene así dos reservorios de carbono y dos fuentes de biomasa: por encima y debajo del suelo (Johnson 1992. En Ordóñez y Masera (2001).

3.2.1.3. Factores abióticos relacionados con la producción de biomasa

Existen evidencias, que las plantas responden a señales ambientales en todos sus procesos de crecimiento vegetativos y reproductivos, así como a controles internos propios de las plantas (Lojan 1965).

En estudios desarrollados en bosques secundarios tropicales de Yucatán, México, indican que la caída de la hojarasca aumentó al incrementarse la estación seca y la edad del bosque (Lawrence y Foster 2002).

De la misma manera se conoce que la luz, el agua, CO₂, disponibilidad de nutrientes, estructura del suelo, temperatura, humedad relativa, vientos, topografía del terreno, acidez y tasa de recambio de los nutrientes son factores ambientales que afectan directamente el desarrollo de las diferentes etapas de las plantas y la productividad (FAO 2002; Salinas y Hernández 2008).

Se ha comprobado, que independiente de los factores climáticos, a largo plazo el uso de la tierra determina la capacidad de captura de carbono atmosférico y calidad de reservorios de carbono a corto tiempo. Por ello es necesario que cada país conozca la historia del uso del suelo (FAO 2002).

3. 2. 2. Amenazas al bosque húmedo tropical

En Panamá, según informes del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA-SCS), más del 40% del territorio está deforestado y más de un millón de hectáreas son consideradas tierras degradadas a causa de la aplicación de tecnologías agrícola y ganadería rudimentarias (ANAM 1998).

Igualmente, la tala indiscriminada del bosque constituye una práctica no superada en nuestra región y país, provocando la pérdidas de especies endémicas, pérdida de hábitats muy frágiles como manglares y humedales, situación que ha empeorado el último quinquenio en la costa norte (archipiélago de Bocas del Toro), debido al comercio no controlado del turismo. Panamá derriba sus bosques a una tasa de 70 000 hectáreas por año, especialmente en las provincias de Darién, Veraguas, Colón y Chiriquí (ANAM 2009).

A nivel mundial, entre 1990 y 2010, en África y América del Sur la tasa de deforestación alcanzó los 15.5 millones de hectáreas anuales. Solo la Amazonía perdió en los últimos 50 años 68 000 000 hectáreas del bosque primario (FAO 1999; Parker *et al* 2009; IMAZON 2011).

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

4.1. Descripción general del área en estudio

Este estudio se realizó en el bosque secundario del Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) con superficie mayor a 4 ha ubicado entre $82^{\circ}26'59''$ LW y $8^{\circ}25'53''$, \pm en la Ciudad de David, provincia de Chiriquí, Panamá (Fig. 3).

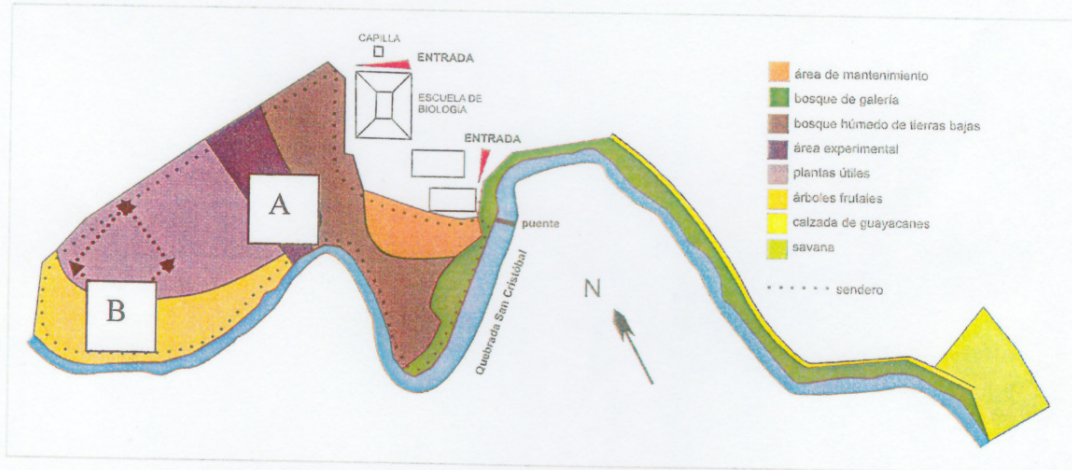


Fig. 3. Los recuadros indican las parcelas experimentales A y B en el bosque secundario del Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

El área seleccionada corresponde a la zona de vida Bosque Húmedo Tropical de Panamá (Holdridge 1967), con topografía del suelo de pendiente

suave a plana. Sobresale la vegetación de sucesión secundaria compuesta por especies pioneras leñosas, lianas y herbáceas (Fig. 4).



Figura 4. Bosque secundario seleccionado en este estudio. Jardín botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

El clima está bien definido por una época lluviosa, que se extiende de abril a diciembre y la época seca desde enero a marzo, precipitación media anual de 2707 mm, temperatura media anual fue de 27.8 °C y la velocidad del viento osciló entre 12 y 32.5 m/s (ETESA 2010).

4.2. Método empleado en el estudio

La cuantificación de la biomasa y carbono almacenado en la hojarasca y el carbono orgánico contenido en el suelo de las parcelas A y B estudiadas, se basó en métodos y principios de inventarios forestales estándar, manuales y guías de sitios de muestreo para cuantificar carbono sin destruir la vegetación al medir la biomasa; es decir, por método indirecto, ampliamente aplicado en estudios similares y basado en las ciencias del suelo para medir y analizar biomasa aceptados por el Grupo Intergubernamental sobre Cambio Climático

(IPCC) de la ONU (Renolfi *et. al.* 1986; IPCC 1997; Ramos 2010; Serrano y Velásquez 2010). En el análisis fisicoquímico del suelo se aplicaron los métodos de Bouyoucos modificado 1999 y el de Carolina del Norte- Mehlich 1953.

4.2.1. Establecimiento de las parcelas

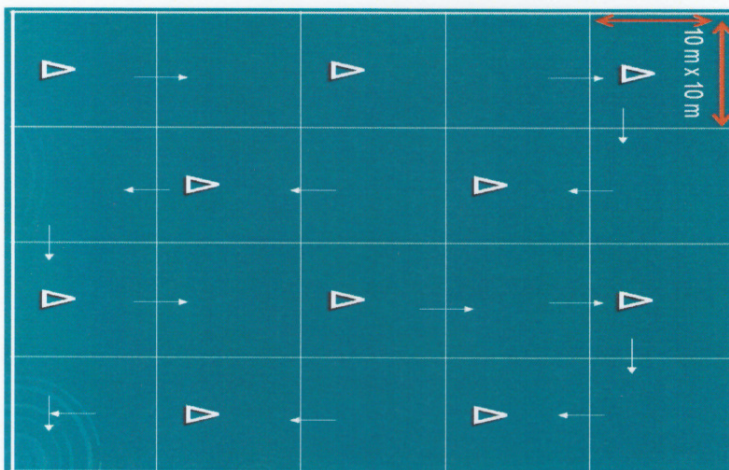


Figura 5.

Grilla de distribución sistemática de las canastas recolectoras en las Parcelas experimentales A y B.

En el bosque seleccionado para el estudio se demarcaron dos parcelas de 2000 m², localizadas la parcela A entre los 8°26'02.57" Norte y 82°27'02.57" Oeste a unos 46 m. s. n. m, sobre topografía de terreno con pendiente suave y la parcela B entre 8°26'05.21" Norte y 82°27'12.87" Oeste, a 32 m. s. n. m. que a su vez se dividieron en subparcelas de 100 m², señalizadas con estacas de "caña blanca" (*Gynerium sagittatum*, Poaceae) de 1.80 m de alto y amarrada en el extremo superior una cinta impermeable color anaranjado con la descripción del número de la parcela y subparcela correspondiente (Fig. 5).

4.2.2. Especificación de las canastas recolectoras



Figura 6. Canasta recolectora de hojarasca instalada en las parcela A y B

Las canastas recolectoras se construyeron con cuatro tramos de tubos pvc calibre 40 m y 12 mm de diámetro, dos tramos de 1m y dos de 0.5 m de largo unidos por los extremos mediante codos de 90° (pvc), formado un “bastidor” rectangular de 0.5 m² de superficie receptora cubierta con malla plástica resistente de 1 mm de apertura (para retener hojarasca muy fina) y profundidad de 0.20 m para evitar pérdidas de hojarasca por rebote de borde. Este dispositivo se colocó sobre cuatro estacas de “caña blanca” enterradas firmes en el suelo y a un metro (1 m) de la superficie. El extremo inferior de las estacas se trató previamente con alquitrán para evitar la podredumbre por humedad y bañadas con insecticida contra los termites (tratamiento ajustado al lugar) (Fig.6).

4.2.3. Recolección y secado de la hojarasca

Cada 15 días por 12 meses se colocó la hojarasca acumulada en bolsas de polietileno marcadas con el número de canasta y parcela, se llevó a la casa o laboratorio y dejó uno o dos días al aire libre para eliminar el exceso de agua, luego se clasificó en hojas, ramas-tallos-cortezas, flores, frutos-semillas, vegetal asociado (musgos, bromelias y otros) y restos vegetales, que se colocaron en bolsas de papel marcadas con la información del componente, número de canasta y la parcela; luego se depositaron en el horno a 60 °C por 72 horas (Bastienne *et al.* 2000; Hernández 2000) (Fig. 8). Secas las muestras se pesaron utilizando una balanza analítica digital "Sartorio" con 4 decimales y precisión ± 0.0001 g.

Para conocer si existe o no relación entre la producción de biomasa en hojarasca y carbono almacenado se consideró los factores ambientales precipitación, humedad relativa, temperatura y velocidad del viento (ETESA 2011).

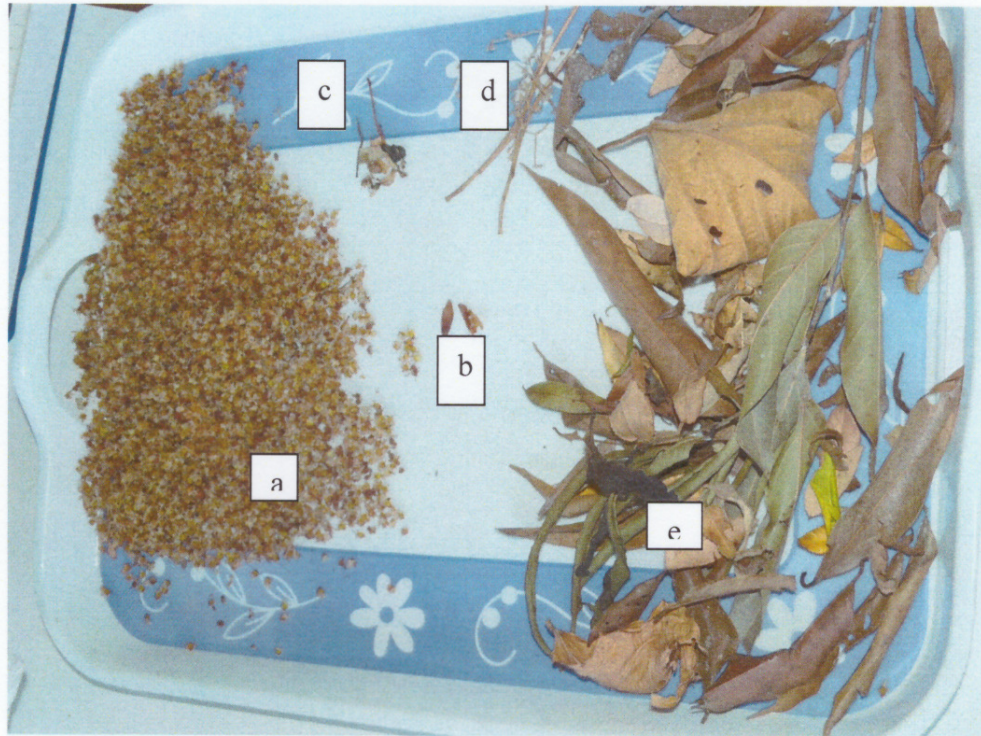


Figura 7. Hojarasca clasificada en: a) flores, b) frutos-semillas, c) restos vegetales, d) ramas-tallos-cortezas, e) hojas.



Figura 8. Componentes de hojarasca preparados para secar al horno.

4.2.4. Muestreo de suelo

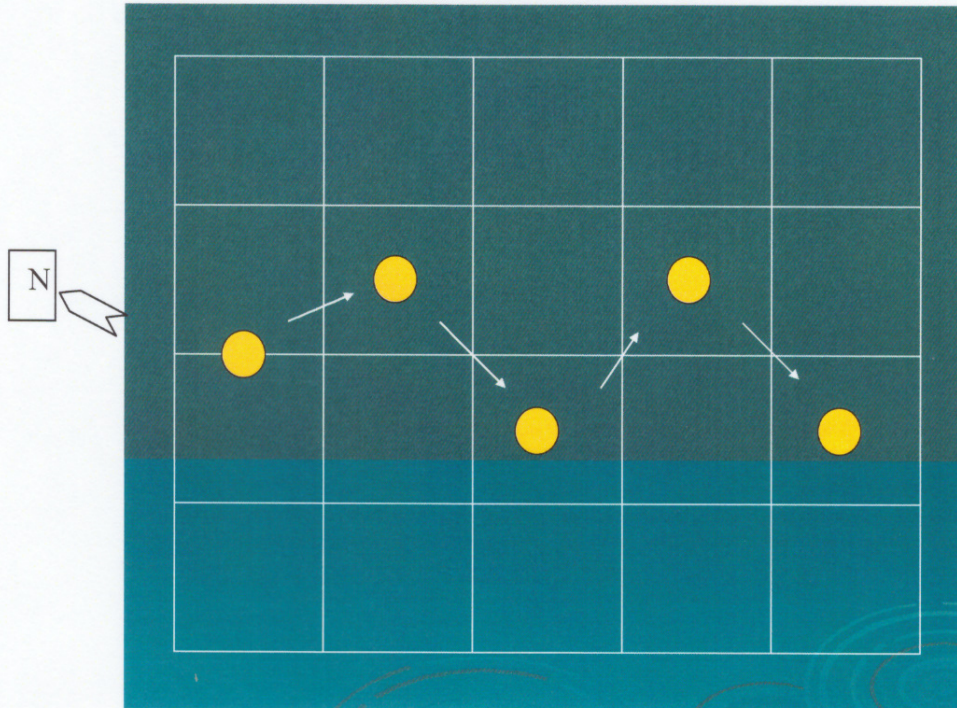


Figura 9. Distribución de los puntos de muestreo (círculos amarillos) de suelo en las parcela A y B.

Se tomaron muestras de suelo en cinco puntos diferentes (Fig. 9) de cada parcela A y B a 0-20 cm de profundidad. Previamente se limpió el área (25 cm x 25 cm) quitando toda maleza y materia orgánica en descomposición, luego se abrió un hoyo hasta 20 cm de profundidad con un barreno metálico y extrajeron 2.5 kg de tierra de cada hueco y se colocaron en bolsas de polietileno. Al finalizar el muestreo se mezclaron y homogenizaron las muestras y por el método del "pastel" se separó una muestra única de 2 kg que se colocó en una bolsa plástica con la información de la parcela, nombre del recolector, lugar de recolecta, fecha del muestreo y profundidad a la que se tomó la muestra, las bolsas se cerraron herméticamente y se llevaron de inmediato al Laboratorio de

análisis de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad de Panamá (LABSA) y se analizaron mediante el Método de Bouyoucos (modificado) 1999, para textura y para nutrientes el de Miehlich 1953 (Carolina del Norte); Zamuner *et al.* 2003; León 2007; LABSA 2010).

4.2.5. Cálculo análisis estadístico de la biomasa y carbono almacenado

La biomasa vegetal seca se calculó en toneladas por hectárea por año (ton/ha/año). Para ello se dividieron los gramos de la biomasa seca entre un millón y se multiplicó por el factor 10 000 de hectárea, en tanto, para el carbono almacenado en la biomasa se dividió el peso de la misma entre 0.5 (50%), fórmula utilizada y recomendada por otros investigadores (IPCC 2000; Silver *et al.* 2004). Para el análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 8.0, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados del análisis de correlación de factores abióticos en relación a la biomasa.

Parcelas	Factores abiótico			
	Precipitación	Humedad	Temperatura	Viento
A	R= -.55 p= .89	R= -.67 p=.18	R=.47 p= .38	R= -.58 p=.05
B	R= -.22 p= .98	R= -.24 p=.76	R=.14 p= .80	R= -.19 p=.65

Tal como se observa, solo existe diferencia significativa ($p=0.05$) en la correlación entre el factor viento y la biomasa. Sin embargo, hay cierta tendencia a una relación importante en la correlación entre la precipitación y humedad relativa respecto a la biomasa; a pesar de que no sea significativo estadísticamente.

Por otra parte, el análisis factorial, Cuadro 3, indica diferencias significativas

Cuadro 3. Análisis de Varianza de descomposición de factores para las variables biomasa con el mes, parcelas y componentes.

FACTOR	F	p value
Modelo	43,79	0,000
Mes	6, 72	0,000 *
Parcela	0,56	0,457
Categoría	133,97	0,000 *

*Indica diferencia significativa

($p < 0.05$) de la biomasa entre los componentes de la hojarasca (categoría: hoja, rama-tallo-corteza, flor, fruto-semilla, vegetal asociado y restos de vegetal) y entre los diferentes meses del muestreo. Entre las parcelas no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$) de manera que la productividad y por ende, el carbono total resultaron similares (Cuadro 3; En Anexos Fig. 13).

5. RESULTADOS

5.1. La producción de biomasa y carbono almacenado en la hojarasca

A continuación se presentan los resultados obtenidos en este estudio sobre la producción de biomasa de hojarasca recolectada del 1 de abril de 2009 al 31 de marzo de 2010, así como el Carbono almacenado en la misma y carbono orgánico presente en el suelo de las parcelas estudiadas. La biomasa total de hojarasca fue de 20.7 ton/ha/año (equivalentes a 10.3 ton/ha/año de

carbono almacenado), distribuidas en 10.8 ton/ha/año en la parcela A y 9.9 ton/ha/año en la parcela B. (Cuadro 4).

Cuadro 4. Producción total de biomasa y carbono almacenado en la hojarasca (en ton/ha/año, %), parcelas A y B.

Parcela	Hoj a	Rama -tallo- cortez a	Flor	Fruto- semilla	Vegetal Asociada	Resto vegetal	Prome- dio	Carbono ton/ha/añ
A ton/ha/año	7.3	1.8	0.2	0.7	0.1	0.8	10.8	5.4
%	66.9	16.5	1.8	6.4	0.9	7.3		
B ton/ha/año	6.3	1,5	0.5	0.8	0.0	0.7	9.8	4.9
%	64.3	15.3	5.1	8.2	0.0	7.4		
Total	13.6	3.3	0.7	1.2	0.1	1.5	20.6	10.3
%	65.7	15.9	3.4	5.8	0.5	7.2		

Los repuntes mayores de biomasa fueron 1097.3 g/mes (5.5 ton/ha/año) en la parcela A y 963.8 g/mes (4.8 ton/ha/año) en la parcela B, en enero y luego 657.2 g/mes (3.3 ton/ha/año), parcela A y 566.1 g/mes (2.8 ton/ha/año), parcela B, en julio y agosto, en tanto, la producción menor de biomasa fue 1.1 ton/ha/año y 0.9 ton/ha/año en las parcelas A y B, en mayo, respectivamente (Fig. 10; En Anexos Cuadro 6).

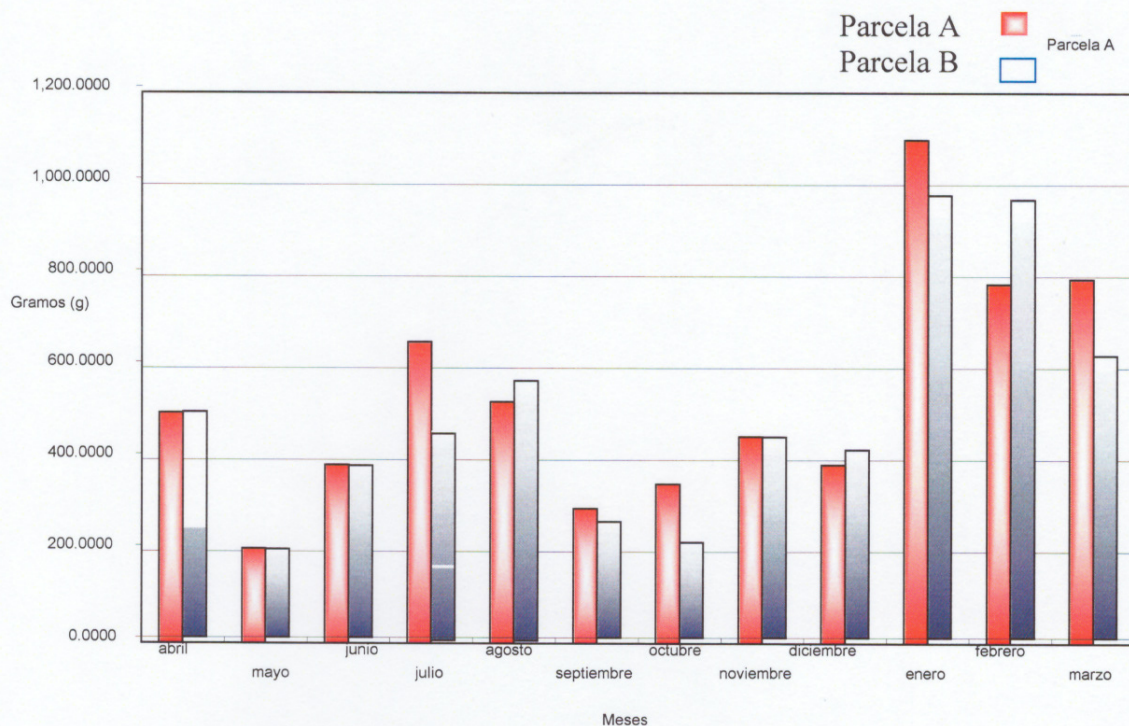


Figura 10. Gráfica de la producción mensual de biomasa de hojarasca (en g/ha/mes) de las parcelas A y B.

La hoja fue el componente de mayor productividad con 7.3 y 6.3 ton/ha/año en las parcelas A y B, respectivamente, seguida de las ramas-tallos-cortezas que fue de 1.8 y 1.5 ton/ha/año en las respectivas parcelas A y B (Cuadro 2. En Anexos Fig. 12).

Las estructuras reproductoras (flores y frutos), el repunte se dio en los meses de enero, marzo y abril, en tanto, en septiembre disminuyó drásticamente y en octubre no hubo producción (Cuadro 1; Fig. 10). Sin embargo, el vegetal asociado fue inferior a 0.1 ton/ha/año y solamente en la parcela A (Cuadro 2).

5.2. Suelo

El Cuadro 5, contiene los resultados del análisis fisicoquímico del suelo de las parcelas A y B estudiadas. El carbono orgánico fue 4.6 % (91 ton/ha), sin incluir raíces o necromasa. La parcela A presentó franco-arenoso y de la parcela B fue franco-arcilloso-arenoso. El suelo de ambas parcelas fue ácido (pH= 5.8 y 6). Entre los elementos disponibles, el fósforo (P) fue de 7.8 y 3.0 mg/kg, nivel bajo para ambas parcelas (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis fisicoquímico del suelo de las parcelas A y B del bosque secundario del Jardín Botánico de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

Factor	Parcela A (nivel)	Parcela B (nivel)
Textura	Franco-arenoso	franco-arcilloso-arenoso
p ^H	5.8	6.0
Minerales:		
Macronutrientes		
P	Bajo	Bajo
K	Alto	Medio
Ca	Alto	Alto
Mg	Alto	Alto
N _a		Bajo
Micronutrientes		
Al	Bajo	Bajo
Cu	Medio	Alto
Fe	Bajo	Medio
Mn	Medio	Alto
Zn	Alto	Alto

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad de Panamá (LABSA. 2010).

5.3. Relación de la producción de biomasa con factores abióticos

Cuadro 6. Factores abióticos relacionados con la producción de biomasa en la hojarasca de las parcelas A y B

Año	Mes	Precipitación mm/mes	Humedad %	Temperatura °C	Viento m/s	
2010	Enero	30.1	67	28.1	2.6	
	Febrero	103.2	73	28.8	2.5	
	Marzo	22.2	70	29.3	2.2	
2009	Abril	5.0	67	28.9	29.7	
	Mayo	348.8	81	27.6	17.7	
	Junio	325.2	83	27.2	13.5	
	Julio	265.9	82	27.4	17.0	
	Agosto	252.7	83	27.4	16.5	
	Septiembre	208.4	83	27.4	14.5	
	Octubre	377.4	84	27.9	12.0	
	Noviembre	423.9	86	26.9	12.0	
	Diciembre	48.6	82	26.2	19.5	
	Promedio/año		2411.4	78.4	27.8	13.3

Fuente: Estación Meteorológica (ETESA), 2010.

El Cuadro 6, presenta los datos de los factores abióticos relacionados con la productividad. Abril fue el mes más seco con precipitación de 5 mm/mes y noviembre el más lluvioso con 423.9 mm/mes. La humedad relativa mínimas fue 67 % en abril y la máxima 86 % en noviembre. Los vientos más fuertes alcanzaron 29.7 m/s en abril y los más débiles de 2.2 m/s en marzo; en tanto, la temperatura mínima fue de 26.2 °C en noviembre y la máxima de 29.3 °C en marzo (Cuadro 6).

5. DISCUSIÓN

6.1. Producción de biomasa y factores abióticos relacionados

El estudio de la producción de biomasa de hojarasca del bosque secundario del Jardín Botánico de la UNACHI relacionados con factores ambientales, se observó que hubo producción de hojarasca continua todo el año y presentó fluctuaciones coincidentes con la sequía y disminución de las lluvias (Fig.10), observaciones similares también se describen en otros estudios realizados en bosques secundarios en condiciones ambientales parecidas (Sánchez *et al.* 2003).

La producción total de hojarasca en las parcelas A y B fue de 20.6 ton/ha/año, distribuidas en 10.8 y 9.9 ton/ha/año de biomasa en sendas parcelas; el equivalente a 5.2 ton/ha/año de carbono almacenado en la hojarasca (Cuadro 4).

En otros estudios realizados en Panamá, se determinaron 2.2 ton/ha/año de biomasa en bosque secundario tropical de la cuenca del Canal de Panamá (Fábrega 2009), 6.3 ton/ha/año en el bosque secundario tropical en la provincia de Chiriquí (Ramos 2010 y Serrano y Velásquez 2010) y 7 ton/ha/año en el Bosque Montano Nuboso del occidente de Panamá (González y Mayorga 2011) y en otros países se registraron 7.8 ton/ha/año en bosques secundarios del Brasil (Domingo *et al.* 1997 y Bertosso 2003), 1.54 y 1.3 ton/ha/año en bosques secundarios de Costa Rica y Nicaragua (Chacón *et al.* 2007 y Medina *et al.*

2008), que al comparar resultados, nuestra producción fue mayor tanto la biomasa como carbono almacenado (Cuadro 1).

Se hicieron correlaciones para corroborar si los factores ambientales en estudio guardaban dependencia con la producción y no se encontró ninguna correlación fuerte (Cuadro 2). Sin embargo, en otros estudios se menciona que la precipitación y la producción de biomasa tienen una correlación inversa. Según el análisis factorial sugiere que hay diferencias significativas en cuanto a la producción de biomasa de los componentes hoja, rama, flores, fruto-semilla, vegetal asociado y restos. Por otro lado, al evaluar los tres factores (mes, parcela y componente) determinó que entre las parcelas no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$).

En este estudio, la variación de la producción de biomasa relacionada con los factores ambientales demuestra, que los picos de productividad coincidieron con las bajas precipitaciones, sequías y se observa cierta tendencia a la baja humedad y leve aumento de la temperatura (Fig. 10).

La precipitación media anual fue de 2411.4 mm, característica de la zona de vida Húmedo Tropical de tierras bajas (Holdridge 1967) (Cuadro 6). En Anexo Cuadro 7 y 8, se puede observar las fluctuaciones de la producción de biomasa entre componentes de la hojarasca y los meses (En Anexos Fig. 11). Sin embargo, en abril, primer mes de la época lluviosa, ocurrió un fenómeno inusual,

la más baja precipitación del periodo experimental (5 mm) y fuertes vientos (29.9 m/s), (En Anexos Cuadro 9).

Los principales picos de producción de biomasa se dieron de enero a abril y de julio a agosto. El primero corresponde a la época seca y el segundo a la época lluviosa en los que, normalmente, ocurren sequías muy breves, de unos pocos días o incluso una semana a mediados de cada mes conocidas como “veranillos de San Juan y Santiago” (Fig. 10).

Muchos estudiosos sustentan que existe una relación negativa entre producción de biomasa-precipitación; es decir, la biomasa se incrementa cuando disminuyen las lluvias, probablemente por la saturación con agua al suelo, lo cual disminuye el oxígeno necesario para los descomponedores y dificulta la absorción de nutrientes por el sistema de raíces de las plantas (Schurr 2003; Sánchez 1995).

Hay evidencias, que el bosque tropical responde a señales de la sequía, probablemente se deba al estrés hídrico, que provoca la caída de las estructuras aéreas del bosque (Bray y Gorham 1964; Lojan 1965; Daubenmire 1972; Brown y Lugo 1982; Arenas 1995; Sánchez *et al.* 2003; Vaccaro *et al.* 2003). Al respecto, Bray y Gorhan (1964) encontraron que existe cierta relación entre el desprendimiento del follaje y la precipitación media anual, cierta sincronía entre la temporada de poca lluvia con mayor producción de hojarasca (Rai y Proctor

1986). Otros investigadores consideran, que la caída del follaje, flores y frutos no es depende únicamente de la relación precipitación, sino, más bien, a la participación de hormonas vegetales en la senescencia de estos órganos, a la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la edad del bosque. El bosque tropical de sucesión natural, la producción mayor de biomasa aérea se da a partir de los 19 años, ya que a los 20 años la producción es igual al bosque maduro, cuya producción oscila entre 145 y 197 ton/ha/año) (Sánchez 1995; Schurr 2003; Vaccaro, *et al.* 2003).

Otro factor ambiental relacionado con la productividad vegetal, es, la altitud. En Costa Rica, al estudiar la especie *Tabebuia pentaphylla* (roble de sabana), se observó, que la floración inició antes y terminó primero en los especímenes ubicados en lugares de menor altura sobre el nivel del mar que aquellos establecidos por encima de los 400 m. s. n. m. (Fournier 1969). Otros factores abióticos que se deben considerar relacionados con la producción de biomasa son el índice de área foliar, exposición a la luz solar, estructura de las hojas (grosso y consistencia) y longevidad de las hojas (Vitousek 1998). Similar ocurrió en nuestras parcelas A y B, a mediados de julio, corrieron fuertes vientos combinados con lluvias, provocando el desprendimiento de hojarasca, entre ella ramas mayores de 2.5 cm de diámetro, hojas verdes y otros que cayeron en las canastas recolectoras, obviamente desprendimientos forzados por el peso de agua embebida en la madera unido al golpe del viento, situación que alteró la

producción normal de biomasa vegetal aérea, marcando repunte mayor a la producción normal (Fig. 10).

En general, la mayor caída de componentes vegetal aéreos en campo, pareciera relacionarse con las bajas precipitaciones, la menor humedad relativa y golpe de los vientos, en tanto, la temperatura no dio señales de afectar el proceso de la producción de biomasa en la hojarasca (En Anexos Cuadro 9).

Los factores ambientales relacionados con la producción de biomasa vegetal aérea (hojarasca) considerados en este estudio fueron la precipitación, humedad relativa, temperatura, y velocidad del viento (Cuadro 6).

Finalmente, al comparar la producción obtenida en los diferentes bosques estudiados, nos llevan a considerar que el bosque estudiado en el Jardín Botánico corresponde a un de sucesión natural que podría oscilar entre los 20 y 30 años de edad.

6.1. Producción de biomasa de los componentes de la hojarasca

Los resultados del estudio determinó, que la hoja fue el componente de la hojarasca de mayor producción de biomasa, en promedio 6.8 ton/ha/año (65.9%), seguida de las ramas, corteza y tallo con 1.8 ton/ha/año (16.2 %), órganos reproductores (flores, fruto y semillas) y restos vegetales (bromelias, hepáticas, otros) con 0.6 ton/ha/año (7.5 %), en tanto, la vegetación asociada fue el componente de menor rendimiento, 0.1 ton/ha/año (0.1 %) (Cuadro 4).

Las hojas constituyen el principal órgano de asimilación del Carbono atmosférico contribuyendo con el 60 a 70 % de la materia orgánica total de la planta y en el caso de los órganos reproductores, las reservas de Carbono se almacenan en las semillas para cumplir las exigencias energéticas en proceso de desarrollo embrionario, germinación, crecimiento y fase inicial de la plántula (Bray y Gorhan 1964).

6.2. Los nutrientes, carbono orgánico y textura del suelo

La producción de nueva biomasa y la velocidad de la descomposición de la materia orgánica y el retorno de los elementos nutritivos al sustrato, dependen en gran parte de las condiciones edáficas (textura, calidad), climatológicas, composición y calidad de los nutrientes presentes en la hojarasca, de las especies de sucesión que componen el bosque: los árboles pioneros crean las condiciones favorables para el establecimiento de las especies "clímax" (Brown y Lugo 1990).

De acuerdo al análisis químico del suelo, parcelas A y B, resultó niveles medio y alto de nutrientes (suelos ricos en macro y micronutrientes) y porcentajes altos de carbono orgánico y materia orgánica (4.5% y 4.6%) a 0-20 cm de profundidad (LABSA 2010; Cuadro 5).

El fósforo es un macroelementos importante para el crecimiento de las plántulas y desarrollo de las plantas, pero en la naturaleza, se encuentra en bajas concentraciones, entre .1 ppm y 0.3 ppm (Lawrence y Foster 2002).

Como se observa en los resultados del análisis químico (Cuadro 5) entre los minerales determinados en las parcelas A y B, el fósforo (P) fue de 7.68 mg/kg y 3.0 mg/kg, respectivamente, por debajo del mínimo (11.0 mg/kg). Ello es posible por el alto contenido de materia orgánica en el suelo, que mantiene un pH bajo y el medio se vuelve ácido, interfiriendo en las concentraciones de fósforo disponible para las plantas. El pH (acidez) y la humedad del suelo determinan los niveles del fósforo. Suelo ácido o básico amalgaman el P con otros elementos y se vuelve insoluble, y, la humedad es necesaria para la movilización acuosa en el suelo y tejido de las plantas (Lawrence y Foster 2002; LABSA 2010). Un pH favorable para la absorción de minerales por las plantas y para la vida (descomponedores) en el suelo oscila entre pH= 5.5 a 8, aunque el pH óptima es de 6.0 a 7.0 (Villasana y Suárez 1994).

En cuanto al carbono orgánico en el suelo, se determinó en promedio 91 ton/ha/año (4.6 %) (Cuadro 5), un porcentaje alto. Estudios en bosques secundarios de Costa Rica se determinó 68.71 ton/ha de carbono (Cifuentes *et al.* 2010) y según otros informes, se considera la zona geográfica, por lo que en bosques tropicales oscila entre 80 y 100 ton/ha (FAO 2002).

De acuerdo a otros estudios, la capacidad de fijación y almacenamiento de Carbono por el bosque secundario húmedo tropical está relacionado con la edad y desarrollo del mismo: en los primeros 5 años la acumulación es mínima y aumenta hasta un 100% cuando alcanza los 25 años y luego disminuye pero continua hasta llegar a la condición del bosque primario a los 100 años FAO

2002. Otro factor determinante del carbono orgánico almacenado en el suelo es la precipitación por encima de 1500 mm anuales, que impide la actividad de la microflora al disminuir la descomposición de la hojarasca; las temperaturas superiores a 28 °C afectan la evotranspiración y la fotorespiración de las plantas afectando la formación de biomasa. Los suelos ferrasol, común en del bosques tropical de sucesión natural se ha determinado entre 50 y 60 ton/ha y en suelos del bosques primarios hasta 305 ton/ha, incluyendo las raíces vivas y la necromasa (Anreux y Choné 1993; FAO 2002; Salinas y Hernández, 2008).

7-APORTES DEL ESTUDIO

Panamá, es firmante de la Convención Marco de Cambio Climático (CMCC) y miembro del Protocolo de Kyoto, por lo que debe cumplir compromisos, entre ellos, promover y desarrollar programas en el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), presentar datos reales de su cobertura boscosa, uso de la tierra, tasa de deforestación e implementación de políticas ambientales sobre manejo forestal, preservación e incremento de sumideros de Gases de Efecto Invernadero y la incorporación del tema cambio climático en su exposición de políticas de desarrollo social y económicos.

Este estudio aporta datos reales y científicos sobre un bosque secundario del tipo Húmedo Tropical, ecosistema común en nuestra provincia y en la mayoría del país, datos que pueden complementar la información forestal incipiente de la Universidad Autónoma de Chiriquí.

Por otro parte, los datos de este estudio puede ser útiles para nuevas investigaciones o proyectos de bienes y servicios forestal o aquellos relacionados con el mercado internacional de carbono (“bonos verdes”), o de acuerdos bilaterales o multilaterales con países del Anexo I, tal como lo hace Costa Rica y Noruega, siguiendo el convenio de Kyoto.

8- CONCLUSIONES

Dos factores ambientales relacionados con la producción de biomasa presentaron fluctuaciones inusuales: precipitación alta, época seca, muy escasa en época lluviosa y vientos fuertes en abril.

La mayor producción de biomasa en la hojarasca de las parcelas A y B coincidió con periodos de baja precipitación en el área.

Este bosque tuvo la mayor producción de hojarasca en enero, época seca y en julio, época lluviosa.

La producción promedio de biomasa seca de la hojarasca fue de 10.3 ton/ha/año; el equivalente a 5.2 ton/ha/año de Carbono almacenado en la misma.

La hoja fue el componente de la hojarasca con mayor producción de biomasa y la vegetación asociada el menos productivo; en tanto, las flores abundaron de enero a abril y no hubo en octubre.

El suelo presentó 4.6% de Carbono Orgánico (equivalente a 91 ton/ha).

La producción total de biomasa de este bosque es similar a la productividad óptima cuantificada en bosques de sucesión natural a los 20 años o más de edad

El estudio determinó, que la producción de biomasa y carbono almacenado en la hojarasca de este bosque, superó, comparativamente, la producción obtenida en otros bosques secundarios, húmedo tropical en condiciones cronológicas y ambientales similares.

En general, los resultados de este estudio demuestran la importancia del bosque secundario de tierras bajas del Jardín Botánico de la UNACHI, no solo ecológica, sino, potencial en el mercado internacional del carbono y/o mitigación y adaptabilidad al cambio climático.

8. RECOMENDACIONES

A la UNACHI, a la SENACYT, valorar en su justa dimensión estudios como este, enfocados en el problema de la destrucción de los recursos naturales, así como el aporte a nivel de institución en la gestión de país comprometido en mitigar la deforestación y el calentamiento de la atmósfera, y otorgar financiamientos para nuevos estudios, especialmente en el sector forestal.

Crear parcelas permanentes y transitorias en bosques secundarios en diferentes partes de la provincia de Chiriquí, para conocer la captación de

carbono atmosférico a largo plazo, la dinámica de la producción de biomasa y relación con factores abióticos en bosques de sucesión.

Establecer la línea base del país, conocer la tenencia y acceso a los recursos naturales, la tasa anual de emisiones de gases de efecto invernadero originadas por actividades sociales (deforestación y degradación de bosques, manglares, cuencas hidrográficas, aguas dulces, lacustres y salobres), el cambio de uso de la tierra y robustecer la información cuantitativa y cualitativa de la cobertura forestal sustentada con datos históricos, convergencia entre los intereses y demandas de las comunidades y las políticas gubernamentales, institucionales y privadas y tener la capacidad institucional de aportar información libre de doble contabilidad u omisión de las emisiones de gases efecto invernadero.

9. BIBLIOGRAFÍA CITADA

ANAM. 2007. Actualización del Mapa de Vegetación y Uso de la Cobertura Boscosa de Panamá 2007. Autoridad Nacional Del Ambiente y Su Proyecto. Productividad Rural/Consolidación del Corredor Biológico Mesoamericano del Atlántico Panameño (CBMAP II).

ANAM, 1998. Análisis y estimaciones Estrategia Nacional del Ambiente. ANAM, ciudad de Panamá, Panamá.

ANAM, 2009-2010. Estrategia Nacional del Ambiente: Gestión Ambiental para el desarrollo Sostenible 2008-2012. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM). Panamá.

Andreux, F., Choné, T. 1993. Dynamics of soil organic matter in the Amazon ecosystem and after deforestation: basis for efficient agricultural management. 51 pp. Centre National de la Recherche Scientifique, Nancy. En línea, www.fao.org/docrep/005/y2779s/y2779s0b.htm#TopOfPage Consultado octubre de 2010.

Arenas, H. 1985. Dinámica de la hojarasca en un bosque nativo alto andino y un bosque de eucalipto en una región Moserrate, Colombia. En Estudios ecológicos del páramo y del bosque alto andino de la cordillera oriental de

Colombia. En: Mora-Osejo, L. y Stum, H (eds), tomo II. Academia de Colombiana de Ciencias Física y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras N°6, Bogotá, Colombia, 457-484.

Bastienne, S. Gayoso, J., Guerra, J. 2000. Manual de Procedimientos. Muestreos de de biomasa forestal. Universidad Austral de Chile. En: Alfaro, M. 1997. Almacenamiento y fijación de carbono en ecosistemas forestales. Rev. Forestal Centroamericana 19: 9-12.

Bertosso, M. 2003. Producción de hojarasca en un bosque semideciduo estacional en São Pedro, Potirendaba, Estado de São Paulo, Brasil. Jardín Botánico Nacional. Vol 24 (1-2): 173-176.

Bouyoucos, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.

Bray J R., Gorham, E. 1964. La producción de hojarasca en los bosques del mundo. Adv. Ecol. Res. 2:101-157.

Brown, S. y Lugo, E. 1982. The storage and production of organic matter in tropical forest and their role in the global carbon cycle. Biotropica 14:161-187.

Carranza, C.; Aylward, B.; Echeverría, J.; Tosi, J.; Mejías, R. 1996. Valoración de los servicios ambientales de los bosques de Costa Rica. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica, Pp 20-26.

Carrasco, D. 2011. Conferencia de Cambio Climático en Panamá apela a consensos. El País, Costa Rica.

CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo CCAD). 2008. Informe de la cumbre de Presidentes. Tegucigalpa, Honduras. Centeno, J. 1992. El efecto invernadero. PLANIUC. 18-19: PP75-96.

Chacón, P., Leblanc, H.A., Russo, R.O. 2007. Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. Tierra Tropical (2007) 3 (1): 1-11.

Cielsen, W. 1996. Cambio climático bosques y ordenación forestal: Una visión de conjunto. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Roma, Italia. Pp 16-27. PNUD. 1997. Protocolo de Kyoto para la Convención Marco de las Unidas sobre Cambio climático. Pp 2-4.

Cifuentes, M. 1989. Estrategias para el sistema nacional de áreas protegidas. Segunda fase. Fundación Natura. Ministerio de agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador.

Cifuentes-Jara, M., Jobse, J., Watson, V. Kauffman, B. 2010. Determinación de carbono total en suelo de diferentes tipos de usos de tierra a lo largo de una gradiente climática en Costa Rica. Curso Internacional Herramientas para el Monitoreo del secuestro de Carbono en Sistemas de Uso de la Tierra. CATIE, Turrialba, Costa Rica.

Daubenmire, R. 1972. Phenology and others characteristics of tropical semideciduous forest in North Western of Costa Rica. *Journal of Ecology* 60:147-170.

Domingo, M. Moraes, R., Vuono, Y. S. y Anselmo, C. 1997. Producao de serrapilheira e retorno de nutrientes em um trecho de Mata Atlântica secundaria na Reserva de Paranapiacaba, SP. *Ver. Brasil Bot.* 20:91-96.

Dixon, R. K., Brown, S., Houghton, R. A. Solomon, A. M. Trexler M. C. y Wisniewski, J. 1994. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. *Science* 263: 185-190. García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen. (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta edición. México: Offset Larios.

ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica S. A). 2010. Humedad relativa; precipitación total mensual, temperatura media mensual y promedio mensual

de viento 2009-2010. Gerencia de Hidrometeorología y Estudio, Estación Tipo A; N°108023, David, Panamá.

FAO. 2000. Estadísticas de los recursos forestales de Panamá. En: <http://www.fao.org/docrep/007/ad102s/AD102S14.htm#TopOfPage>.

Consultado en abril de 2010.

FAO. 2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra. Institut National de Recherche Agronomique. París, Francia. Informes sobre recursos mundiales de suelos. Roma, Italia. 62 págs.

FAO. 2010. Departamento Forestal (FAO). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional, Panamá. FRA2010/160, Roma, Italia.

Fábrega, J. R. 2009. Cuantificación del flujo de carbono a través de un bosque húmedo tropical en la cuenca del Canal de Panamá. Informe. Universidad Tecnológica de Panamá /Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotecnias.

Fournier, L. 1969. Estudio preliminar sobre la floración en el Roble de Sabana, *Tabebuia pentaphylla* (L.) Hemsl. Rev. Biología Tropical 15: 259-267.

González, J. y Mayorga, L. 2011. Asignación de biomasa aérea entre partes reproductivas y no reproductivas determinada por la fertilidad de los suelos en un Bosque Montano Nuboso del Occidente de Panamá. Tesis. Universidad Autónoma de Chiriquí, David, Panamá. 57 págs.

Gutiérrez R., R. 1995. Estadísticas de los recursos forestales de Panamá. Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá.

Hernández, J. R. 2000. Modificaciones en el aporte y la descomposición de hojarasca por la intervención silvícola en bosques naturales de lenga (*Nothofagus punilio*). Memoria de Título, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago.

Holdridge, L. R. 1967. Life Zone Ecology. Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humberto Jiménez Saa: Ecología Basada en Zonas de Vida, 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982 (Original, 1947, Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data).

Houghton, H. 2005. Climatic Change. The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press. Cambridge, 335 pp.

IMAZON (Instituto del Hombre y Medio Ambiente del Amazonas) y El Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE). 2004. I Informe. Brasil.

IMAZON (Instituto del Hombre y Medio Ambiente del Amazonas). 2011. II Informe. Ministerio de Medio ambiente, Brasil.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 1995. Climate Change. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). VII. Informe especial. 1997. Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad. (Incluido en resumen para responsables de políticas). Informe especial del Grupo de trabajo II del IPCC, 1997.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report: Climate Change (AR4) - SPANISH (Informe del grupo de Trabajo II- Impacto, adaptación y vulnerabilidad. Resumen técnico para responsables de políticas). Reino Unido.

Jaramillo, J. J. 2008. Valoración de la captura de C en los agroecosistemas cafetaleros en Boquete, bajo tres condiciones estructurales café como monocultivo, bajo sombra arbórea y en asocio con otros cultivos. Tesis. Universidad de Panamá (Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ingeniería Agrícola), David, Panamá. 79 págs.

Jordan, C. F. 1985. Ciclo de nutrientes en los ecosistemas de bosques tropicales. Athens, Georgia, Instituto de ecología, Universidad de Georgia, p. 73-86.

LABSA (Laboratorio de Suelos y Aguas, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Panamá). 2010. Análisis fisicoquímico de suelos de las parcelas A y B, por los métodos de Bouyouco (Modificado, 1999) y Carolina del Norte.

Lawrence, D., Foster, D. 2002. Cambios en biomasa, dinámica de hojarasca y suelos de bosques del Sur de México afectados por su uso: una revisión. *Interciencia* 27 (8): 400.

León, R. 2007. Profundidad efectiva y capacidades de uso del suelo. en línea. En línea: www.madrimasd.org/blogs/universo/2007/03/14/61286. Consultado: marzo de 2011.

Locatelli, B., Leonard, S. 2001. Un método para medir el carbono almacenado en los bosques de Malleco. *Bois et Forests des Tropiques* 267:69-79.

Lojan, L. 1965. Tendencias del crecimiento radial de 23 especies forestales del trópico. *Turrialba* 18: 275-285. Costa Rica.

López, M., Koning de, F., Paredes, H., Benítez, P. 2002. Estimación de carbono en biomasa de bosques secundarios y plantaciones forestales en el noroccidente de Ecuador. Proyecto CO₂ – GTZ, Quito, Ecuador. Publicado por Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH; Programa de Apoyo Ecológico (TÖB), Dr. Claus Bätke y Mausolf, Elisabeth. Eschhorn, Alemania.

Martínez-Ramos, M. 1994. Regeneración natural y diversidad de especies arbóreas en selvas húmedas. *Bio. Soc. Bot.* 54: 179-224. México.

Mehlich, A. (Carolina del Norte). 1953. Determination of phosphorus by double acidextraction. In: The council on soil testing and plant analysis. Handbook of reference methods for soil testing. 1974.

MINAE (Ministerio del Ambiente) Costa Rica. 1999. Breve descripción de los recursos forestales de Costa Rica. (Preparado por Francisco González y Sonia Lobo y Sistema Nacional de Áreas de Conservación). MINAE, San José, Costa Rica.

Moreno D., M., Ortega, J.M., Rodríguez de Los Santos, M. 1997. Datos fenológicos de floración de algunas especies leñosas de la duna del Faro de Trafalgar (Barbate, Cádiz). *Acta Botánica Malacitan* 22:43-52.

ONU 1998.

Ordóñez, A., Jong de, B.H.J y Masera. Masera, O. 2001. "Almacenamiento de carbono en los bosques de Nuevo San Juan: Aplicación del modelo dinámico CO₂ Fix en un bosque de *Pinus pseudostrobus* en Michoacán, México". Madera y Bosques 7 (2): 27-48. Departamento de Productos Forestales y Conservación de Bosques del Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.

Parker, C., Mitchell, A., Trivedi, M., Mardas, N. 2009. The Little REDD+ Book. 132 págs.

Pece, M. G., Benítez de, C., Galíndez de, M., Acosta, M. 2007. Bosques y forestaciones como sumideros de carbono en el parque chaqueño. Docentes de la cátedra de Estadística Forestal FCF-UNSE

Quinto, M. H., Ramos, Y. y Abadía, B. 2007. Cuantificación de la caída de hojarasca como medida de la productividad primaria neta en un bosque pluvial tropical en Salero, Chocó, Colombia. Biodiversidad (Universidad Tecnológica del Chocó, Colombia) 26:28-41.

Ramos E, N. W. 2010. Influencia de factores ambientales como: humedad, temperatura y precipitación en la producción de biomasa aérea vegetal, en dos parcelas de bosques montañosos del occidente de Panamá, Reserva

Forestal Fortuna (Bosque de Quebrada Honda A y Hornito). Tesis. Universidad Autónoma de Chiriquí, David, Panamá. 94 págs.

Rai S.N. y Proctor, J. 1986. Ecological Studies on four rainforests in Kamataka, India. II Litterfall. *J. Ecol.* 74:455-463.

Renolfi, R.; Dalla Tea, F.; Pérez, H, Kunst, C. 1986. Métodos de estimación de la biomasa aérea (hojas) de especies leñosas arbóreas y arbustivas. INTA, FAO, UNESCO, MAB. (Se refiere al método de recolección de hojarasca con canastas, superficie de recepción, distribución en el campo, ventajas y desventajas del método).

Salinas, Z., Hernández, Paulo (editores). 2008. Guía para el diseño de proyectos MDL forestales y de bioenergía. Manual Técnico N° 83. Centro Agronómico de Investigación (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 171 págs.

Sánchez, M., Prieto, D., Peral, C., Tamburi, C., Caseri, R. y Berazin, R. 2003. Producción de hojarasca en un bosque semidesiduo estacional en Sao Pedro, Potirendaba Sao Paulo, Brasil. *Rev. Del Jardín Botánico Nacional* 24(1-2):173-176.

Schuur, E. A. G. 2003. Productivity and global climate revisited: the sensitivity of tropical forest growth to precipitation. *Ecology* 84: 1165-1170.

Serrano, K., Velásquez, C. 2010. Producción de biomasa aérea y su relación con los factores ambientales (precipitación, temperatura y humedad relativa) en los bosques montañosos de la Reserva Forestal Fortuna y el Bosque Protector Palo Seco. Tesis. Universidad Autónoma de Chiriquí, David, Panamá. 60 págs.

Serrano, K. y Velásquez, C. 2010. Producción de biomasa aérea y su relación con los factores ambientales (precipitación, temperatura y humedad) en los bosques montañosos de la Reserva Forestal Fortuna y el Bosque protector Palo Seco. Tesis. Universidad Autónoma de Chiriquí, David, Panamá. 60 págs.

Silver, W. L., Lara M., K., Lugo. A., Ostertag, R., Matzek, V. 2004. Carbon sequestration and plant community dynamics following reforestation of tropical pasture. *Ecological Applications* 14(4): 1115-1127. Ecosystem Sciences Division, Department of Environmental Science, Policy, and Management, 151 Hilgard Hall Number 3110, University of California, Berkeley, California 94720 USA. International Institute of Tropical Forestry, USDA Forest Service, Jardín Botánico Sur, 1201 Calle Ceiba, Río Piedras, Puerto Rico 00926-1119 USA. En línea: http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ja_iitf_2004_silver001.pdf Consultado mayo 2010

UNESCO/CIFCA.1980. Ecosistemas de bosques tropicales. Informe sobre el estado de los conocimientos preparado por UNESCO/CIFCA/FAO: 771 págs.

Vaccaro, S., Arturi, M. F., Goya, J. F., Frangi, J.L., Picclo, G. 2003. Almacenaje de carbono en estadios de la sucesión secundaria en la provincia de Misiones, Argentina. *Interciencia*, 28 (9): 521-527

Villasana A, R. A., Suárez de Giménez, A. 1994. Estudio fenológico de dieciséis especies forestales presentes en la Reserva Forestal Imataca Estado Bolívar, Venezuela. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Mérida, Venezuela.

Villers, L. y Trejo-Vásquez, I. 1997. Assessment of the vulnerability of forest ecosystems to climate change in Mexico. *Climate Research* Vol. 9: 87-93.

Vitousek, P. M., y Stanford, R. L. 1986. Ciclo de nutrientes en los bosques tropicales húmedos. *Ann Rev. Ecol. Syst.* 17: 137-167.

Zamuner, E., Dahnke, L., Echeverría, H. 2003. Profundidad de muestreo de suelo: relación del rendimiento con el fósforo disponible.

Waide, R., Zimmerman, J. y Scatena, F. 1998. Controles de la productividad primaria: Lecciones de la Sierra de Luqillo en Puerto Rico. *Ecología* 79(1): 31-37.

Wassenaar T, Gerbera P, Verburg P, Rosales M, Ibrahim M and Steinfeld H 2007 Projecting land use changes in the Neotropics: The geography of pasture expansion into forest. *Global Environmental Change* 17(1):86-104

Weiss, J. y Bustamente, T. 2008. Ajedrez ambiental. Manejo de Recursos naturales, comunidades, conflictos y cooperación. Editorial Flacso. Quito Ecuador, 333 pp.

Internet:

www.conae.gov.ar/prensa/videosacc.html. Consultado en junio de 2011.

ANEXOS

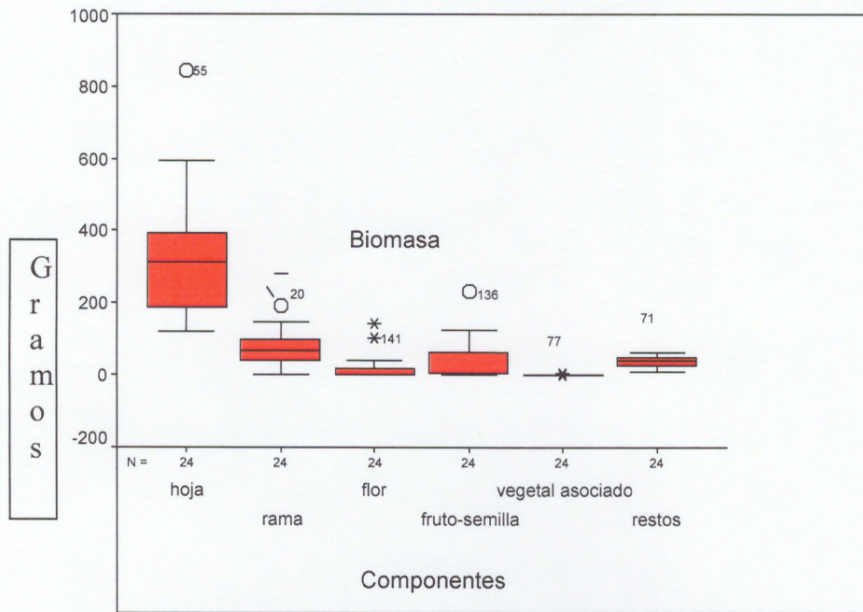


Figura 11. Biomasa promedio de los componentes de hojarasca y de parcelas A y B.

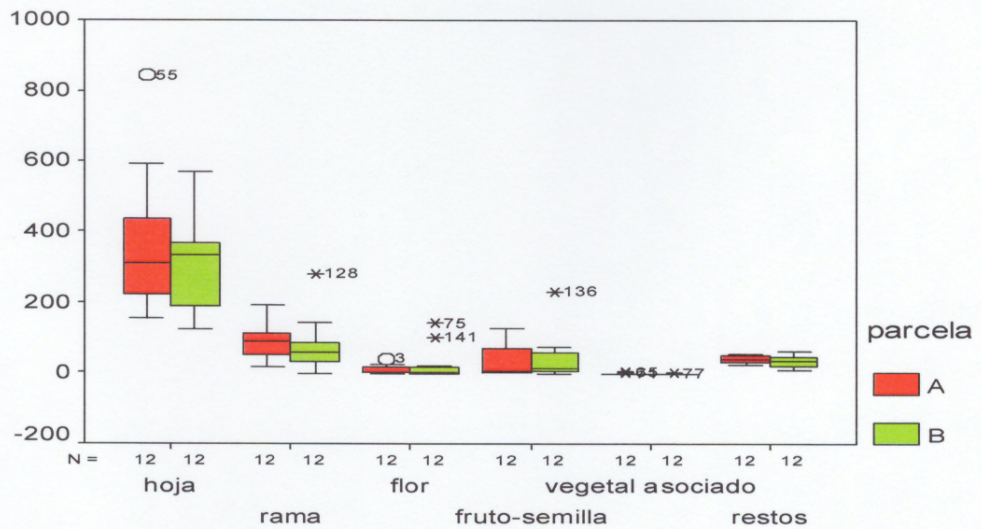


Figura 12. Producción de biomasa de los componentes de hojarasca por parcelas (A y B) durante 12 meses.

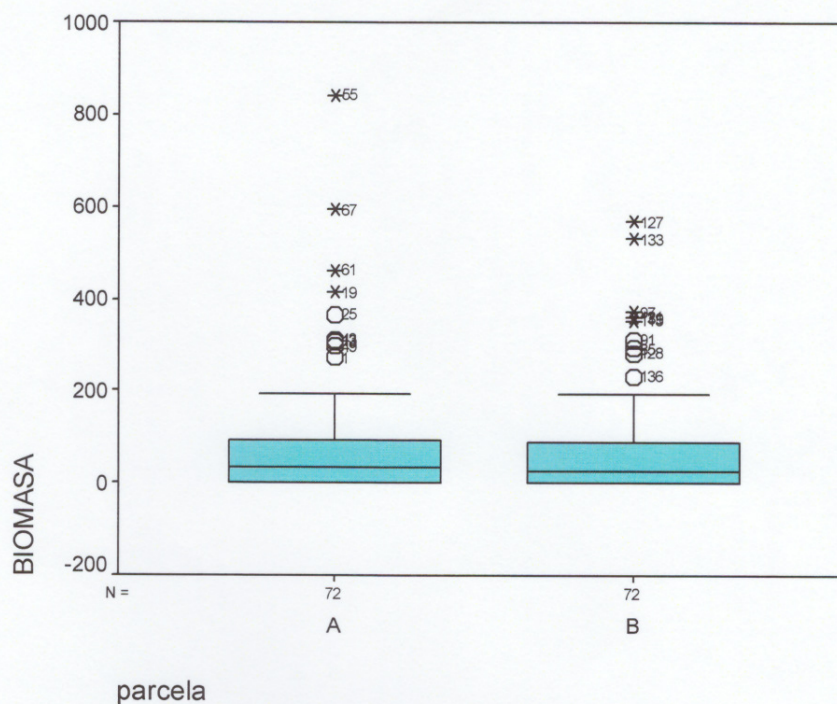


Figura 13. Producción total de biomasa de hojarasca entre las parcelas A y B.

Cuadro 7. Biomasa (ton/ha/año) por componentes de hojarasca en las parcelas A y B durante 12 meses.

Componente	Parcela A ton/ha/	Parcela B ton/ha/año
Hoja	7.3	6.3
Rama	1.8	1.5
Restos	0.8	0.7
Fruto-semilla	0.7	0.8
Flor	0.2	0.5
vegetal asociado	0.01	0.01

Cuadro 8. Producción mensual de biomasa de hojarasca, parcelas A y B.

Año	Mes	Parcela A (g)	Parcela B (g)	Promedio (g)	
2009	Abril	501.5	491.0	496.2	
	Mayo	206.1	191.6	198.8	
	Junio	387.9	374.0	381.0	
	Julio	657.2	450.4	553.8	
	Agosto	525.7	566.1	545.9	
	Septiembre	293.2	252.5	272.8	
	Octubre	347.1	207.6	277.3	
	Noviembre	451.1	437.1	444.1	
	Diciembre	389.3	409.4	399.4	
	Enero	1097.2	963.8	1030.5	
	2010	Febrero	783.0	954.2	868.6
		Marzo	793.4	614.9	704.1
SUMA		6432.8	5912.6	6172.7	
PROM		536.1	492.7		

Cuadro 9. Producción comparativa de biomasa en hojarasca y factores abióticos, parcelas A y B, desde abril de 2009 a marzo de 2010".

Mes	Biomasa (g)	precipitación (mm)	humedad (%)	temperatura (°C)	Viento (m/s)
Enero	1030	30	67	28	3
Febrero	869	103	73	29	2
Marzo	704	22	70	29	2
Abril	496	5	67	29	30
Mayo	199	349	81	28	18
Junio	381	325	83	27	14
Julio	554	266	82	27	17
Agosto	546	253	83	27	17
Septiembre	273	208	83	27	15
Octubre	277	377	84	28	12
Noviembre	444	424	86	27	12
Diciembre	399	49	82	26	20
Total	6172	2411	941	332	162

ABREVIATURAS UTILIZADAS

ANAM, Autoridad Nacional del Ambiente

CMCCUN, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

CO₂, bióxido de carbono

ETESA, Empresa de Transmisión Eléctrica S.A.

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

GEI, gases de efecto invernadero

IMAZON, Instituto del Hombre y el Medio Ambiente de la Amazonia

IPCC, Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático

kg, kilogramos

LABSA, Laboratorio de Agua y Suelo (Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad de Panamá)

MDL, Mecanismo de Desarrollo Limpio

MINAE, Ministerio del Ambiente y Energía

ONU, Organización de las Naciones Unidas

P, fósforo

Pg, petagramo (una tonelada)

pH, acidez

ppm, partes por millón

PPN, productividad primaria neta

REDD, reducción de emisiones de la deforestación y degradación forestal

SPSS 8.0, modelo estadístico

ton/ha/año, tonelada por hectárea por año

UNACHI, Universidad Autónoma de Chiriquí

UNESCO/CIFCA, Organización de las Naciones Unidas para la Educación/

Centro Internacional de Formación en Ciencias Ambientales