



**ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS FORESTALES
ESNACIFOR**

DEPARTAMENTO DE DOCENCIA

**ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA ZONA
NÚCLEO DEL PARQUE NACIONAL MONTAÑA DE CELAQUE
(PNMC) HONDURAS, UTILIZANDO LA TELEDETECCIÓN Y
SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

*Tesis sometida a consideración del Departamento de Docencia de la
Escuela Nacional de Ciencias Forestales, para optar al título de:*

Ingeniero Forestal

Por:

Omar Orellana Díaz

Siguatepeque, Comayagua, Honduras, CA.

Noviembre, 2012

Escuela Nacional de Ciencias Forestales

ESNACIFOR

**ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA ZONA NÚCLEO DEL
PARQUE NACIONAL MONTAÑA DE CELAQUE (PNMC) HONDURAS,
UTILIZANDO LA TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

Tesis de Grado

Por: Omar Orellana Díaz

Como requisito previo para optar al grado de ingeniero en ciencias forestales

Aprobado por:

M.Sc. Miguel Velásquez

Asesor principal

Dr. Alexander Elvir

Asesor secundario

Lic. Dora del Carmen Velásquez

Jefe Departamento Docencia

Siguetepeque, Comayagua, Honduras, CA.

Noviembre, 2012

Escuela Nacional de Ciencias Forestales

ESNACIFOR

**ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA ZONA NÚCLEO DEL
PARQUE NACIONAL MONTAÑA DE CELAQUE (PNMC) HONDURAS,
UTILIZANDO LA TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA**

Tesis de Grado

Por: Omar Orellana Díaz

Miembros integrantes de la Terna Evaluadora:

Ing. Jorge Gómez Puerto

Representante de Docencia

Lic. Johnny Pérez

Representante de Comisión de Tesis

M.Sc. Miguel Velásquez

Asesor Principal

Siguatepeque, Comayagua, Honduras, C.A.

Noviembre, 2012.

AUTORIZACIÓN

El autor, **Omar Orellana Díaz** cede a la ESNACIFOR los derechos patrimoniales sobre esta obra en la medida necesaria para sus actividades habituales en la época de creación, lo que implica, igualmente, la autorización para su divulgación con fines académicos. Es entendido que la publicación o copiado de esta tesis para ganancia económica no es permitido sin mi permiso por escrito.

Omar Orellana Díaz

Siguetepeque, Honduras

Noviembre, 2012

RESUMEN

La estimación de la biomasa y carbono almacenado se realizó en 15,821.82 ha, en siete tipos de cobertura del suelo de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque (PNMC), ubicado entre los departamentos de Lempira, Copán y Ocotepeque en la República de Honduras y declarado como Parque Nacional bajo el Decreto 87-87. Para este estudio se realizó un inventario estratificado con selección sistemática de las parcelas siguiendo la metodología de REDD-GIZ. Para ello se elaboró un mapa de tipos de cobertura del suelo mediante una clasificación supervisada de una imagen satelital Landsat TM 2011, con el software Erdas Imagine. Fueron distribuidas 367 parcelas, en los 7 tipos de cobertura encontrados en la zona núcleo del PNMC; en las cuales se obtuvo los siguientes resultados para la estimación de biomasa: bosque conífera denso 1,198.5 TM/ha, conífera ralo 116.4 TM/ha, guamil 114 TM/ha, latifoliado 285.8 TM/ha, mixto denso 932.3 TM/ha, mixto ralo 105.8 TM/ha y para pastizales y/o agricultura 46.5 TM/ha, así mismo, para el carbono almacenado los resultados estimados fueron: bosque conífera denso 619.3 TM/ha, conífera ralo 60 TM/ha, guamil 58 TM/ha, latifoliado 142.9 TM/ha, mixto denso 479.6 TM/ha, mixto ralo 54.3 TM/ha y para pastizales y/o cultivos agrícolas 23.5 TM/ha; para un total estimado de 9,742,895.9 TM y 5,009,886 TM de biomasa y carbono, respectivamente. El carbono almacenado en el suelo a una profundidad de 30 cm fue estimado en 61.8 TM/ha para un total estimado de 977,053.3 TM.

ABSTRACT

The estimated stored biomass and carbon were studied in 15,821.82 ha, in seven types of soil cover of core zone of the Celaque Mountain National Park (PNMC), situated between the departments of Lempira, Copán and Ocotepeque in the Republic of Honduras and declared as National Park under the Executive Order 87-87. For this study a stratified inventory was conducted with a selection systematic of the plots following the REDD-GIZ methodology. For this, a map of soil forest types was made through a supervised classification of an image of the Landsat TM 2011 sensor, with the Erdas Imagine software. 367 plots were distributed in the seven forest types found in the core zone of the PNMC; in which the following results were obtained for the estimation of biomass: dense conifer forest 1,198.5 MT/ha, sparse conifer forest 116.4 MT/ha, secondary forest 114 MT/ha, broad leaf forest 285.8 MT/ha, dense mixed forest 932.3 MT/ha, sparse mixed forest 105.8 MT/ha and for pasture and/or agriculture 46.5 MT/ha, likewise, for the estimated stored carbon the results were: dense conifer forest 619.3 MT/ha, sparse conifer forest 60 MT/ha, secondary forest 58 MT/ha, broad leaf forest 142.9 MT/ha, dense mixed forest 479.6 MT/ha, sparse mixed forest 54.3 MT/ha and for pasture and/or agriculture 23.5 MT/ha; for an estimated total of 9,742,895.9 MT and 5,009,886 MT of biomass and carbon, respectively. The stored carbon in the soil at a depth of 30 cm it was estimated in 61.8 MT/ha for an estimated total of 977,053.3 MT.

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso por su gran amor y por guiarme por el sendero de la sabiduría en todos los momentos de mi vida.

A mis padres: María Santos Díaz Molina y Hernán Orellana por su gran amor, comprensión y dedicación en mi formación personal y profesional.

A mis hermanos por su apoyo, amor y comprensión y por permanecer unidos como una verdadera familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis asesores M.Sc. Miguel Velásquez y al Dr. Alexander Elvir, por sus aportes técnicos durante el desarrollo de esta investigación.

Agradezco a la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), por ser la Alma Mater de mi formación profesional.

Agradezco a la Mancomunidad de Municipios del Parque Nacional Montaña de Celaque (MAPANCE-PROCELAQUE) por su apoyo económico para realizar esta investigación.

Gracias a los ingenieros de MAPANCE, Misael León y Saddy Pineda por el apoyo brindado para que esta investigación se llevara a cabo.

Gracias a los docentes y amigos, Ing. Jorge Gómez, Lic. Johnny Pérez, Ing. Zoila Ávila, Lic. Dora del Carmen por sus aportaciones y consejos durante la investigación.

Agradezco a Digna Molina por el apoyo económico que me brindó en mis estudios académicos y de la investigación.

Al Licenciado Elmer Noel Molina y al ingeniero Elmer Daniel Díaz por su sincera amistad y apoyo durante mis estudios.

Agradezco a todas las personas que me colaboraron en el levantamiento de información de campo para la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTOS	VI
TABLA DE CONTENIDO.....	VII
TABLA DE FÓRMULAS	XI
TABLA DE CUADROS	XII
TABLA DE ANEXOS	XIII
CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
3.1. General	4
3.2. Específicos.....	4
4. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. El cambio climático	5
4.2. Efecto invernadero.....	6
4.2.1. Principales gases de efecto invernadero	7
4.3. El carbono.....	7
4.3.1. Dióxido de carbono en la atmósfera	8
4.3.2. Ciclo biológico del carbono.....	9
4.4. Los bosques como reservorios de carbono	9
4.4.1. Almacenamiento de carbono en masas forestales	9
4.4.2. Fijación de carbono.....	10

4.5.	Áreas protegidas de Honduras y su importancia ante cambio climático.....	10
4.6.	Escenarios sobre cambio climático.....	11
4.7.	Convenios internacionales sobre emisiones de CO ²	13
4.8.	Convenios nacionales sobre emisiones de CO ₂	14
4.9.	Uso de la teledetección para el estudio de los recursos naturales	15
4.9.1.	Características principales de los sensores utilizados para el estudio de los recursos naturales.....	16
4.9.2.	Análisis de imágenes satelitales para el estudio de los recursos naturales.....	16
4.9.3.	Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para el análisis de información	17
4.10.	Biomasa forestal	17
4.11.	Modelos alométricos para la estimación de biomasa.....	18
4.12.	Parcelas de inventario de biomasa y carbono	18
4.13.	Estudios similares	19
	CAPITULO 2.....	21
1.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
2.	HIPÓTESIS	22
3.	METODOLOGÍA	22
3.1.	Descripción del sitio de estudio.....	22
3.1.1.	Localización y límites	22
3.1.2.	Geología	24
3.1.3.	Suelos.....	24
3.1.4.	Topografía.....	25
3.1.5.	Clima.....	26
3.1.6.	Hidrología.....	26
3.1.7.	Zonas de Vida.....	27
3.1.8.	Flora del Parque Nacional Montaña de Celaque	27
3.1.9.	Fauna del Parque Nacional Montaña de Celaque	28

3.2.	Actividades de oficina previo al trabajo de campo	29
3.2.1.	Recopilación de información y obtención de imágenes satelitales	29
3.2.2.	Selección de imágenes satelitales	29
3.2.3.	Estratificación.....	30
3.3.	Trabajo de campo	30
3.3.1.	Medición de vegetación arbórea	31
3.3.2.	Medición de la regeneración y hojarasca.....	31
3.3.3.	Medición de la madera muerta.....	32
3.4.	Trabajo de laboratorio y cálculos de oficina	33
3.4.1.	Estimación de volumen	33
3.4.2.	Estimación de biomasa de la vegetación arbórea.....	34
3.4.3.	Estimación de biomasa en regeneración	36
3.4.4.	Estimación de biomasa en la hojarasca.....	37
3.4.5.	Estimación de biomasa para madera muerta.....	37
3.4.6.	Estimación de carbono para los tipos de cobertura	38
3.4.7.	Estimación de carbono en el suelo	39
3.4.8.	Análisis estadístico	40
	CAPITULO 3.....	41
1.	RESULTADOS	41
1.1.	Tipos de cobertura de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque	41
1.2.	Cálculo de ecuaciones para la altura de los árboles.....	43
1.3.	Volumen bruto estimado de madera en pie de los tipos de cobertura	43
1.4.	Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura conífera denso.....	44
1.5.	Biomasa y carbono almacenado en cobertura conífera ralo.....	44
1.6.	Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura de guamil.....	45
1.7.	Biomasa y carbono almacenado en cobertura de latifoliado.....	46
1.8.	Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura mixto denso	47
1.9.	Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura mixto ralo.....	48

1.10. Biomasa y carbono estimado almacenado en pastizal y/o agricultura	49
1.11. Carbono estimado almacenado en el suelo de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque	50
1.12. Biomasa y carbono total almacenado en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque	51
1.13. Comparación de resultados para los tipos de cobertura	52
2. DISCUSIÓN.....	53
CAPITULO 4.....	55
1. CONCLUSIONES.....	55
2. RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS	68

TABLA DE DE FIGURAS

Figura 1. Incremento de CO ² en la atmósfera 1959-2012 (Fuente: Mauna Loa Observatory, 2012).	8
Figura 2. Proyecciones de GEI y temperatura en escenarios (IPCC, 2007).....	13
Figura 3. Ubicación geográfica de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.....	23
Figura 4. Municipios que integran la Mancomunidad de Municipios del Parque Nacional Montaña de Celaque.	24
Figura 5. Subcuencas de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.....	27
Figura 6. Diseño de las unidades muestrales del inventario utilizado en el estudio.	33
Figura 7. Mapa de tipos de cobertura de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.....	42

Figura 8. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura conífera denso.	44
Figura 9. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura conífera ralo.	45
Figura 10. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura de guamil.....	46
Figura 11. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura de latifoliado.....	47
Figura 12. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura mixto denso.....	48
Figura 13. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura mixto ralo.....	49
Figura 14. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura pastizal y/o agricultura.	50

TABLA DE FÓRMULAS

Fórmula 1. Ecuación para la estimación del volumen de árboles de coníferas.	33
Fórmula 2. Ecuación para la estimación del volumen de árboles latifoliados.....	34
Fórmula 3. Ecuación desarrollada por Alberto <i>et al.</i> (2005) usada para la estimación de la biomasa aérea total para árboles de coníferas.....	35
Fórmula 4. Ecuación desarrollada por Schegel (2001) usada para la estimación de biomasa aérea para árboles latifoliados.	36
Fórmula 5. Ecuación para el cálculo de volumen en árboles de regeneración...	37
Fórmula 6. Ecuación para el cálculo de volumen por ha para madera muerta...	38
Fórmula 7. Ecuación para el cálculo de carbono de la biomasa de los árboles.....	39

TABLA DE CUADROS

Cuadro 1. Rangos de altitud y áreas de la zona Núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.....	25
Cuadro 2. Fauna endémica del Parque Nacional Montaña de Celaque.....	29
Cuadro 3. Área de los tipos de cobertura de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.....	41
Cuadro 4. Modelo y coeficientes de ecuaciones para el cálculo de altura total.	43
Cuadro 5. Volumen bruto estimado de madera en pie por tipo de cobertura.	43
Cuadro 6. Carbono por tipo de suelo y cobertura de la zona núcleo del PNMC.	51
Cuadro 7. Prueba de comparación múltiple de Tukey.....	52

TABLA DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de parcelas de cobertura conífera denso.....	68
Anexo 2. Datos de parcelas de cobertura conífera ralo.....	69
Anexo 3. Datos de parcelas de cobertura de guamil.	70
Anexo 4. Datos de parcelas de cobertura de latifoliado.	71
Anexo 5. Datos de parcelas de cobertura mixto denso.	72
Anexo 6. Datos de parcelas de cobertura mixto ralo.	76
Anexo 7. Datos de parcelas de cobertura de pastizal y/o agricultura.	77
Anexo 8. Datos de regeneración para todos los tipos de cobertura.	78
Anexo 9. Datos de hojarasca para todos los tipos de cobertura.	79
Anexo 10. Datos de madera muerta para todos los tipos de cobertura.....	80
Anexo 11. Coordenadas de parcelas del inventario.	81
Anexo 12. Formato para toma de datos de campo.....	86
Anexo 13. Mapa de parcelas distribuidas por tipo de cobertura.	87
Anexo 14. Mapa de cobertura-suelo de la zona núcleo del PNMC.	88
Anexo 15. Mapa de pendientes de la zona núcleo del PNMC.....	89
Anexo 16. Mapa de la imagen satelital utilizada para el estudio.	90
Anexo 17. Medición de diámetro de los árboles.....	91

CAPITULO 1

1. Introducción

Una preocupación inmediata para la sociedad mundial, es que hay pruebas crecientes de que algunas actividades humanas, tales como la quema de combustibles fósiles, la transformación de los bosques en terrenos agrícolas de forma acelerada y otras, están causando aumentos considerables en los niveles atmosféricos de Dióxido de Carbono (CO₂) y de otros Gases de Efecto Invernadero (GEI) (CIESLA, 1996).

El CO₂ es el GEI antropogénico más importante en la actualidad; en este último año incrementó de 389 a 391.05 ppm desde septiembre de 2011 a septiembre de 2012; así también, la tasa de crecimiento global de carbono según el observatorio de Hawái es de 0.26 ppm/año, basándose en los datos tomados desde el año 1959 hasta el 2012 (Mauna Loa Observatory, 2012).

A consecuencia del incremento de CO₂ en la atmósfera, hoy en día el manejo y la protección de las áreas protegidas boscosas, así como las plantaciones forestales han sido introducidas como mecanismos para incrementar la fijación y almacenaje de carbono. Los proyectos del Programa de Reducción de Emisiones de carbono por Degradación y Deforestación (REDD) se consideran como un mecanismo para reducir la cantidad de emisiones de CO₂ a nivel global derivadas de la deforestación, que es una de las principales causas de la destrucción de los bosques en el mundo (Carillo *et al.* 2010 y Emanuelli, 2011).

La cuantificación de biomasa y carbono almacenado de un área determinada es posible mediante el uso de varias técnicas y procedimientos. El presente estudio hace referencia al uso de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis de la vegetación con imágenes satelitales de alta resolución del sensor Landsat TM, en conjunto con ecuaciones alométricas para la estimación del carbono almacenado en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.

2. Justificación

Las áreas protegidas con cobertura vegetal almacenan una gran cantidad de carbono, reduciendo de esta manera el porcentaje de CO₂ en la atmósfera, ya que de no conservar las mismas, todo el carbono acumulado puede ser liberado incrementando los niveles de CO₂ atmosférico.

Las áreas protegidas además de ser proveedoras de múltiples servicios ambientales (SA) como ser, conservación y protección de la biodiversidad, la regulación del ciclo hidrológico y la conservación del agua, también tienen un papel importante en la mitigación y la adaptación al cambio climático global (Carillo *et al.* 2010 y Águila *et al.* 2011); sin embargo, la falta de información sobre la cuantificación de captura y almacenamiento de carbono en nuestro país, se vuelve una limitante para obtener retribuciones por SA en esta área.

Con el presente trabajo se pretende cubrir esta demanda de información, teniendo como área de trabajo, la zona núcleo del PNMC, para estimar la cantidad de carbono que se encuentra almacenado en la misma y de esta forma en un futuro próximo poder aplicar a la obtención de bonos por captura de carbono ante los organismos internacionales.

3. Objetivos

3.1. General

Estimar la cantidad de biomasa y carbono almacenado en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque (PNMC), utilizando como herramientas la teledetección y los sistemas de información geográfica.

3.2. Específicos

3.2.1. Determinar mediante el uso de imágenes satelitales del sensor Landsat TM, los tipos de cobertura presentes en la zona núcleo del PNMC.

3.2.2. Validar la estratificación de los tipos de cobertura presentes en la zona núcleo del PNMC.

3.2.3. Estimar la biomasa por hectárea, presente en el fuste, raíces, ramas, follaje, hojarasca, madera muerta y regeneración por tipo de cobertura encontrada en la zona núcleo del PNMC.

3.3.4. Estimar la acumulación de carbono por hectárea, presente en el fuste, raíces, ramas, follaje, hojarasca, madera muerta, regeneración y en el suelo de la zona núcleo del PNMC.

4. Revisión de Literatura

La temperatura de un planeta como la tierra está definida por su masa, la distancia con respecto al sol y la composición de su atmósfera, que en el caso de la tierra está compuesta por 78.0% de nitrógeno, 21.0% de oxígeno y 1.0% de otros gases, entre ellos los de efecto invernadero (PNUMA, 2005), de los cuales en la actualidad el CO₂ ocupa el 0.0391% equivalente a 391.05 ppm (Mauna Loa Observatory, 2012).

4.1. El cambio climático

Es el conjunto de variaciones en las condiciones climáticas, que sufre nuestro planeta, provenientes de la modificación de la composición de la atmósfera terrestre a causa de los gases de efecto invernadero que impiden que salga toda la energía de las ondas reflejadas por la superficie terrestre; tales cambios, se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos como son: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, etc. (PNUMA, 2005).

El cambio climático viene sucediendo desde hace millones de años como resultado de las influencias naturales (no se puede hablar que hace millones de años las causas eran antropogénicas dado a que no había mucha liberación de GEI provenientes de la industria como hoy en día); entre estas causas naturales se pueden mencionar las más importantes como: las erupciones volcánicas, los cambios en la órbita de traslación de la tierra, los cambios en el ángulo del eje de rotación de la tierra con respecto al plano sobre el que se traslada y las variaciones

en la composición de la atmósfera (Colegio Oficial de físicos, 2010). Sin embargo, en la actualidad el crecimiento en la temperatura global se está dando en mayor escala a un ritmo acelerado debido a la gran cantidad de CO₂ que está llegando a la atmósfera proveniente de la industria y otras actividades que el hombre realiza y que están involucradas con la liberación de CO₂ así como de otros GEI (IPCC, 2007).

4.2. Efecto invernadero

El efecto invernadero es la retención del calor en la baja atmósfera debido a la absorción y la re-radiación de las nubes y principalmente de algunos gases (Ciesla, 1996). También se le conoce como la elevación de la temperatura en la superficie de un planeta, debido al hecho de que su atmósfera actúa como la cubierta de un invernadero. Este efecto se justifica porque la radiación solar penetra la atmósfera de la tierra de la cual aproximadamente el 30% de esa radiación solar es reflejada por la atmósfera y la superficie terrestre; un 19% es absorbida por la atmósfera y el 51% restante es absorbida por la superficie terrestre (Pedrinaci, 2008). Este proceso ocurre espontáneamente en la naturaleza y permite que la temperatura media de la tierra sea de 15°C, de tal manera que la vida no tendría lugar sin el proceso natural del efecto invernadero como efecto positivo (Colegio Oficial de Físicos, 2010).

4.2.1. Principales gases de efecto invernadero

Los principales gases de efecto invernadero más conocidos en la actualidad son: el vapor de agua (H_2O), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), óxido de nitrógeno (NO_x), ozono (O_3), monóxido de carbono (CO) y los clorofluorocarbonos (CLFC), los cuales ocupan aproximadamente el 1% de la composición atmosférica (Martínez y Fernández, 2004).

De estos gases, es importante reconocer que de ellos hay tres que contienen carbono en su composición (CO_2 , CO Y CH_4), siendo el más importante el CO_2 tanto en términos de la cantidad presente en la atmósfera como por sus potenciales efectos en el calentamiento global (Ciesla, 1996). Según estudios se estima que el CO_2 , el CH_4 y el N_2O ; ocupan el 50, el 18 y el 16 por ciento, respectivamente del efecto del calentamiento global, derivado de todas las actividades realizadas por los seres humanos (UNFCCC, 2004).

4.3. El carbono

El carbono tiene puntos de fusión muy altos y es insoluble en todos los disolventes a temperaturas ordinarias (Daub y Seese, 1996). Lo podemos encontrar de manera natural en forma sólida en tres formas como: grafito, diamante y carbono amorfo, en forma gaseosa el carbono se encuentra en la atmósfera como CO_2 , donde actúa como uno de los principales gases de efecto invernadero que aumenta cada día más sus niveles de concentración (Ciesla, 1996).

4.3.1. Dióxido de carbono en la atmósfera

El promedio actual de CO₂ en la atmósfera oscila alrededor de 391.05 ppm, o 0.0391%, con un incremento anual (Figura 1) en su concentración que ha pasado de 0,54 ppm/año en 1960 a 1.88 ppm/año en el año 2011, con un mínimo de 0,28ppm/año en 1964 y un máximo de 2.93 ppm/año en 1998 (Mauna Loa Observatory, 2012). Las emisiones antropogénicas mundiales están aumentando cada año, en 2007 las emisiones de CO₂ eran 2 veces mayores que en 1971 y así han venido y seguirán incrementando exponencialmente con el transcurso de los años (IPCC, 2007).

La tasa de emisiones de CO₂ en el aire ha aumentado en gran medida desde 315.97 ppm en 1959 a 391.05 ppm en agosto de 2012 (Mauna Loa Observatory, 2012).

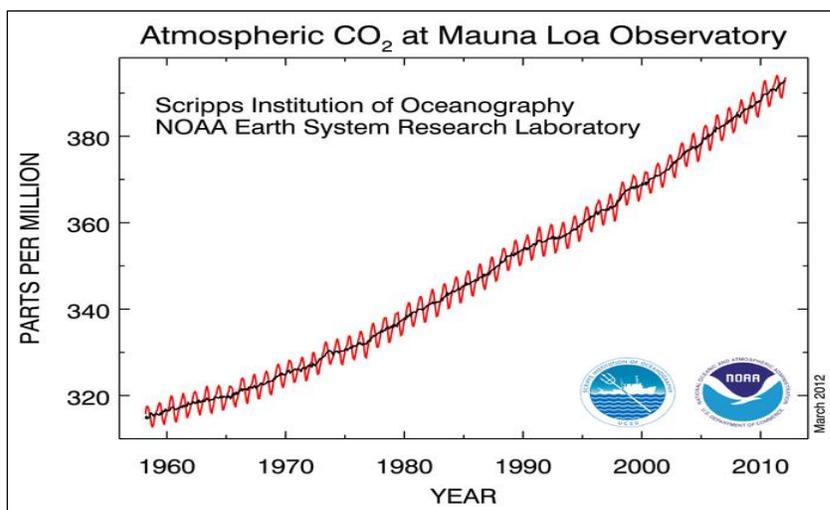


Figura 1. Incremento de CO₂ en la atmósfera 1959-2012 (Fuente: Mauna Loa Observatory, 2012).

4.3.2. Ciclo biológico del carbono.

El carbono es incorporado a las plantas mediante el proceso de fotosíntesis, las cuales lo incorporan en su estructura celular para producir carbohidratos (Percy, 2003). El carbono fijado por el proceso de fotosíntesis se convierte en biomasa. Si las plantas mueren y se descomponen, el CO₂ es liberado y devuelto inmediatamente al depósito atmosférico (PNUMA, 1999 y Gómez y Slijkhuis, 1996).

“Los ecosistemas terrestres influyen significativamente el ciclo mundial del carbono. Se estima que la cantidad de carbono que se intercambia anualmente entre la atmósfera, los suelos y vegetación, es de 125,000 millones de toneladas. Esta cantidad equivale a dos quintos del intercambio total de carbono entre la tierra y la atmósfera” (FAO, 2001, citado por Alberto, 2005)

4.4. Los bosques como reservorios de carbono

Los ecosistemas, sobre todo los bosques ya sean naturales o plantaciones, pueden y tienen la capacidad de fijar y almacenar carbono del CO₂ atmosférico.

4.4.1. Almacenamiento de carbono en masas forestales

Se estima que en promedio la biomasa de bosque de pino y de latifoliado está constituida de un 50.8% y 50% de carbono respectivamente (Alberto *et al.* 2005 e IPCC, 2007).

Las masas forestales pueden almacenar grandes cantidades de carbono y para ello se debe fomentar la conservación y manejo de las mismas ya que de ser destruidas, este sería liberado incrementando los niveles de CO₂ atmosférico (Petre *et al.* 2003 y Carillo *et al.* 2010).

4.4.2. Fijación de carbono

La fijación de carbono se efectúa en los ecosistemas forestales mediante el intercambio de carbono con la atmósfera a través del proceso de fotosíntesis, en donde absorben el carbono del CO₂ y liberan el oxígeno; en los árboles esta capacidad es mucho mayor que en las plantas leñosas pequeñas y que en las herbáceas gracias a su gran tamaño y sus grandes raíces. Con la cantidad de biomasa y su potencial para generar madera, los árboles actúan como verdaderos y eficientes sumideros de carbono (Petre *et al.* 2003)

4.5. Áreas protegidas de Honduras y su importancia ante cambio climático

La definición legalmente de las áreas protegidas, nos permite conservar múltiples recursos de gran importancia para nuestro país, en la que la conservación y protección de las áreas boscosas juega un papel muy importante en el tema de cambio climático; dado que estas fijan y almacenan grandes cantidades de carbono, evitando altas tasas de acumulación de CO₂ en la atmósfera (Carillo *et al.* 2010).

Según resultados obtenidos mediante análisis de cobertura de bosques del país establecido en el anuario estadístico del Instituto de Conservación Forestal de

Honduras (ICF) 2010, basado en el mapa de uso de suelo para Honduras elaborado por ESNACIFOR y UTAH University en 2009, el 59% de nuestro territorio se encuentra cubierto de bosques subdivididos de la siguiente manera: 12.2% (1,361,200 ha) pino denso, 10.3% (1,217,953 ha) pino ralo, 33.3% (3,747,913 ha) bosque latifoliado, 0.4% (25,017ha) bosque seco, 1.4% (115,313 ha) bosque mixto y por último el 1.1% (130,894 ha) de bosque de mangle.

Honduras puede involucrar las áreas protegidas como una estrategia de mitigación y adaptación al cambio climático ya que el 27% de su territorio está cubierto por áreas protegidas del cual el 17% cuenta con cobertura vegetal que podría ser manejada con el propósito de obtener bonos por captura de carbono para aprovechar de una mejor manera este gran potencial (PDRS- GTZ, 2010).

Honduras podría comercializar en el mercado internacional, más de 56 millones de toneladas de carbono durante el periodo de 2003 a finales del 2012, según los resultados del estudio sobre el potencial de mitigación del país realizado por el Proyecto Bosques y Cambio Climático en América Central (PBCC) (Vallejo Larios *et al.* 2003).

4.6. Escenarios sobre cambio climático

Los escenarios son proyecciones de lo que podría ocurrir en el futuro (Figura 2) y constituyen un instrumento importante en el análisis del cambio climático para la evaluación de los impactos y las iniciativas de adaptación y de mitigación, con el propósito de examinar todos los posibles resultados que se obtendrían de una serie de modelos basados en supuestos similares sobre los factores determinantes en las emisiones futuras, y para evaluar el margen de incertidumbre de dicho análisis (IPCC, 2000).

Las principales causas determinantes de las futuras trayectorias de los gases de efecto invernadero seguirán siendo el incremento poblacional sin control, el desarrollo socioeconómico, y la rapidez en el avance de tecnología inadecuada (IPCC, 2007).

El IPCC (2007) realizó unos escenarios de emisiones de GEI y la proyección de las temperaturas en la superficie del planeta de 2000- 2100, en la que la tendencia muestra que incrementarían los niveles de GEI en la atmósfera así mismo la temperatura promedio, si no se llevan a cabo políticas que frenen la tendencia actual como lo muestra la línea de tendencia roja (Figura 2).

Para la simulación de estos escenarios se toma un año de referencia que para el caso de Honduras y la región considerada por REDD-GIZ (C.A. y República Dominicana) es el año 2010 con retrospectiva al año 2000 para observar las tendencias tanto del carbono almacenado, así como las pérdidas de bosque por deforestación y degradación de los mismos.

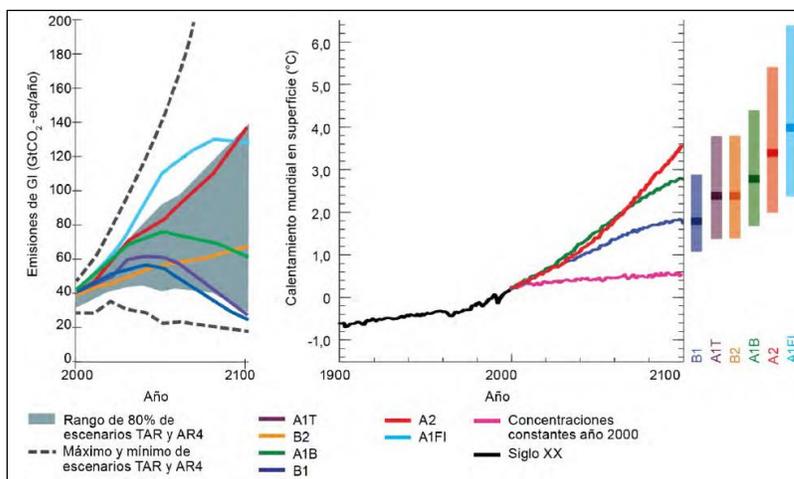


Figura 2. Proyecciones de GEI y temperatura en escenarios (IPCC, 2007).

4.7. Convenios internacionales sobre emisiones de CO²

Muchos países desarrollados han firmado convenios internacionales para establecer normas enfocadas a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial y regional.

En 1988 la Naciones Unidas (ONU) aprobó la resolución 43/53 en la que se pedía la protección del clima para las generaciones actuales y futuras de la humanidad. En ese mismo año la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de la Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), crearon el Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). En 1990, el IPCC publicó su primer informe, en el que se confirmaba que la amenaza del cambio climático era real (UNFCCC, 2004). También en 1990 la ONU creó el Comité Intergubernamental de Negociación de una Convención Marco sobre el Cambio Climático (CIN). La convención se abrió en la cumbre de la Tierra, en Río Janeiro, Brasil, en junio de 1992 en la cual la firmaron jefes de Estado de 154

países. A mediados de 1996, 160 países habían presentado su ratificación de la convención firmada en 1992, comprometiéndose a cumplir las disposiciones que entraron en vigor el 21 de marzo de 1994 (PNUMA, 1999).

En 1997 durante la tercera Conferencia de las Partes en Kyoto Japón (COP-3), se aprobó la implementación del Protocolo de Kyoto (PK) (UNFCCC, 2004). El PK fue adoptado como instrumento adicional jurídicamente vinculante en el cual 39 países desarrollados se comprometen a reducir en un 6% con respecto a los niveles de 1990 las emisiones de gases de efecto invernadero entre 2008 y 2012 (FAO, 2001).

El objetivo principal de estos convenios es lograr la estabilidad de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, para evitar causar un desequilibrio significativo en las actividades de desarrollo económico especialmente en la producción de alimentos (UNFCCC, 2004).

4.8. Convenios nacionales sobre emisiones de CO₂.

Desde que empezó a tomar vigencia el tema del cambio climático, Honduras ha participado en las negociaciones sobre bosques y cambio climático y las conferencias de las partes de la CMCC. En 1997, previo a la tercera conferencia de las partes se creó la Oficina de Implementación Conjunta de Honduras (OICH) bajo el decreto ejecutivo 007-97 para la formulación de estrategias sobre el cambio climático a nivel nacional; posteriormente con el apoyo del Consejo

Nacional de Desarrollo Sostenible (CONADES) y el financiamiento del proyecto Apoyo a la Gestión Sostenible de los Recursos Naturales (PAGS-ACDI) se elaboró el primer estudio para la programación de actividades y organización de la OICH. Posteriormente se preparó la primera comunicación de Honduras a la CMCC la que dio como resultado el proyecto SERNA-PNUD-GEF HON/97/G31 “Cambio Climático”. Uno de los principales logros al organizar la OICH es la promoción de proyectos y capacitación de personal técnico para desarrollar el tema de bosques y cambio climático (Vallejo *et al.* 2003).

4.9. Uso de la teledetección para el estudio de los recursos naturales

Durante más de 100 años la percepción remota se ha venido utilizando para obtener información geográfica en la cual fue muy utilizada la fotografía aérea como el primer dispositivo de percepción remota utilizado para inventariar y cartografiar características de la tierra de modo sistémico (GRAS, 2001). Actualmente existen las imágenes satelitales con gran resolución que registran la energía electromagnética en forma de señales eléctricas que se envían a la tierra y se convierten en dígitos para su procesamiento y así obtener la información necesaria sobre el medio ambiente obteniendo de esta forma la información que deseamos sobre determinado recurso (Navone, 2003).

El uso combinado de la teledetección y SIG representan una potente herramienta para el manejo integrado de los recursos naturales que es un tema de actualidad y para el caso de Honduras lo resalta el plan de nación y visión de país, permitiendo de esta manera el uso racional de los mismos y de esta manera, la

implementación de la tecnología sobre el medio ambiente facilitando el trabajo y haciéndolo económico y rápido (GRAS, 2001).

4.9.1. Características principales de los sensores utilizados para el estudio de los recursos naturales

Las características de las imágenes satelitales son las espaciales, espectrales, temporales y radiométricas. Las características espaciales están determinadas por el tamaño del pixel medido en metros sobre la superficie de la tierra (Landsat TM 30 x 30 m), las características espectrales están determinadas por el número de canales espectrales y su ancho de banda que es capaz de captar un sensor, estas características están asociadas con la cantidad de bandas en que opera el sensor y con el rango de longitudes de onda que abarcan.

Las características temporales es la frecuencia de paso del satélite por un mismo punto de la superficie terrestre (el satélite Landsat pasa cada 16 días por Honduras) y las radiométricas son las características que están definidas por la sensibilidad radiométrica y rango dinámico que se refieren a la cantidad de niveles de grises en que se divide la radiación recibida por el sensor (Navone, 2003).

4.9.2. Análisis de imágenes satelitales para el estudio de los recursos naturales

Comprende un conjunto de técnicas destinadas a diferenciar, reconocer e identificar objetos o fenómenos en una imagen satelital, en interpretar su significado. Los procedimientos para mejorar la interpretación de imágenes

satélites incluyen el tener mejor calidad del material de sensores remotos, mayor entrenamiento de los intérpretes, adecuada elaboración de claves de interpretación, mayor información sobre el área de estudio y especialmente un buen control terrestre, entre otros (Reque y Pérez, 2011).

4.9.3. Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para el análisis de información

Un SIG es un conjunto de herramientas, de programas, equipamientos, metodologías, datos y personas perfectamente integrados, que permiten la colecta, el almacenamiento, el procesamiento y el análisis de datos geográficamente referenciados para un conjunto particular de objetivos (Pesce, 2006).

Los SIG permiten capturar, recuperar, modelar, inventariar y presentar datos referenciados geográficamente, proporcionando diversas soluciones a problemas de compilación, organización, sistematización y explotación de cantidades importantes de información, permitiendo así una mejor planificación de actividades que conlleven al manejo sostenible de las mismas (Durán, 2008).

4.10. Biomasa forestal

Es la cantidad total de materia viva y muerta existente en un área determinada la cual incluye componentes como ser: árboles, arbustos, regeneración, hojarasca y troncos muertos, la cual normalmente es expresada en toneladas de materia seca por superficie (Emanuelli 20011).

4.11. Modelos alométricos para la estimación de biomasa

Los modelos alométricos son generados a partir de datos de biomasa obtenidos a través del método destructivo (corte de los árboles) mediante análisis de regresión entre las variables de biomasa en estado seco de cada componente (fuste, ramas, hojarasca, raíces, regeneración) y variables fáciles de medir como el DAP, la altura total, la profundidad de la hojarasca y el conteo de regeneración. Las ecuaciones resultantes son utilizadas para la estimación de biomasa de otros sitios con ecosistemas similares de vegetación, calculando la cantidad de carbono almacenado en la biomasa, utilizando concentraciones de carbono en biomasa vegetal determinada por estudios específicos (Emanuelli, 2011).

4.12. Parcelas de inventario de biomasa y carbono

Schlegel *et al.* (2001, Citado por Pizzurno, 2010) mencionan que la unidad de muestreo que se utiliza, son parcelas de tipo temporal; sin embargo, en sitios donde se pretendan llevar a cabo proyectos de carbono, con el objetivo de hacer un monitoreo de éste a través del tiempo se establecen parcelas de muestreo permanentes. Se sugiere utilizar un muestreo al azar o sistemático estratificado de la población, ya que éste proporciona estimaciones más precisas para una cantidad de parcelas limitada en comparación con otros inventarios, dado que cada estrato, en que se subdivide la población puede ser definido por el tipo de vegetación, tipo de suelo o topografía obteniendo resultados más similares con menor error en el caso de estratos por tipos de cobertura (Pizzurno, 2010).

El tamaño y la forma de las parcelas de muestreo representan una compensación entre exactitud, precisión, tiempo y costo para la medición, en la que se pueden implementar dos tipos de parcelas: a) parcelas individuales de un tamaño fijo o, b) parcelas concéntricas que contienen pequeñas sub-unidades de diferentes formas y tamaños. La experiencia de algunos investigadores ha demostrado que este tipo de parcelas representan un balance razonable entre esfuerzo y precisión (Pearson *et al.* 2005).

4.13. Estudios similares

Alberto *et al.* (2005) realizaron una investigación sobre la acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa*, donde obtuvieron ecuaciones alométricas a través del método destructivo de 31 árboles para la estimación de biomasa aérea de las cuales obtuvieron que la de mejor ajuste fue la logarítmica combinada que además es utilizada en esta investigación, así también, determinaron que el contenido de carbono en la biomasa aérea es de 51.8%.

Acosta *et al.* (2007) del colegio de Posgrados, Montecillo México, realizaron una investigación sobre un método para la medición del carbono en los compartimientos subterráneos (raíces y suelo) de sistemas forestales y agrícolas en terrenos de ladera en México, en donde obtuvieron que la cantidad de carbono a 30 cm de profundidad en el suelo oscila entre 58-117 TM/ha.

Hernández *et al.* (2009), realizaron una investigación sobre la estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa* en México y determinaron

que el mayor porcentaje de biomasa (84.5 %) se encontró en el fuste, mientras que en las ramas y el follaje fue de 6.9 y 8.6 %, respectivamente.

Rodríguez y Pratt (1998), realizaron una investigación sobre el potencial de fijación de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de Guatemala y de Honduras donde obtuvieron como resultado que los bosques latifoliados y las áreas protegidas de distintos bosques (420 TM/ha) tienen mayor cantidad de carbono por ha almacenado, y estimaron que la cantidad total de carbono almacenado por país era de 774,103,282 para Guatemala y 1,108,278,668 toneladas de carbono para Honduras.

Jordan (2009) estimó la cantidad de carbono aéreo fijado en la zona núcleo de la Reserva de Biosfera El Trifinio (Guatemala), ubicada en los municipios de Concepción las Minas y Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala donde obtuvo como resultado que los estratos del bosque primario y bosque secundario, fueron los que presentaron en promedio la mayor retención de carbono con 424.87 TM/ha y 386.57 TM/ha y para los estratos de arbustos y cultivos, las estimaciones son de 285.73 TM/ha y 71.70 TM/ha, respectivamente.

Schegel (2001) realizó una investigación sobre la estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal siempre verde en la que determinó que en los sitios localizados en la Precordillera de los Andes presentan la acumulación más alta con 662.06 TM de carbono por ha, así también realizó ecuaciones alométricas a partir del método destructivo de los árboles para la estimación de biomasa.

CAPITULO 2

1. Definición del problema

En nuestro país son pocas las investigaciones científicas que existen sobre la estimación de la capacidad de fijación de carbono así como la cantidad que puede encontrarse almacenada en un área forestal y especialmente para las áreas protegidas que cuentan con cobertura vegetal (Parque Nacional). El 27% de la superficie de Honduras, es ocupada por áreas protegidas (Anuario Estadístico

ICF, 2011), de las cuales en su mayoría están cubiertas por vegetación y pueden ser manejadas con miras en la obtención de bonos por captura de carbono para la mitigación ante el cambio climático. En este sentido en Honduras no se cuenta con estudios de estimaciones específicas sobre la capacidad de almacenamiento de carbono en las zonas núcleo de las áreas protegidas con cobertura para poder aplicar a los proyectos de REDD y así contribuir a la mitigación del cambio climático.

2. Hipótesis

La cantidad estimada de carbono almacenado en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque (PNMC) es similar entre los distintos tipos de cobertura que la componen.

3. Metodología

3.1. Descripción del sitio de estudio

3.1.1. Localización y límites

La zona núcleo del PNMC está localizada en el occidente de Honduras (Figura 3), entre los departamentos de Copán, Ocotepeque y Lempira. Ocupa el 59.4% del Parque Nacional (26,631.65 ha), equivalente a un área de 15,821.82 ha de las

cuales el 73.95% se encuentra en el departamento de Lempira, 25.96% en el departamento de Ocotepeque y solo el 0.09% en el departamento de Copán.

Limitan al PNMC once municipios (Decreto 57-2009), los cuales forman la Mancomunidad de Municipios del Parque Nacional Montaña de Celaque (MAPANCE) (Figura 4) que es la institución encargada de la protección y manejo del parque (Ávila, 2012). De estos once municipios solo cinco tienen influencia en la zona núcleo los cuales son: Gracias, Las Flores y San Manuel Colohete en el departamento de Lempira, Corquín en el departamento de Copán y Belén Gualcho en el departamento de Ocotepeque.

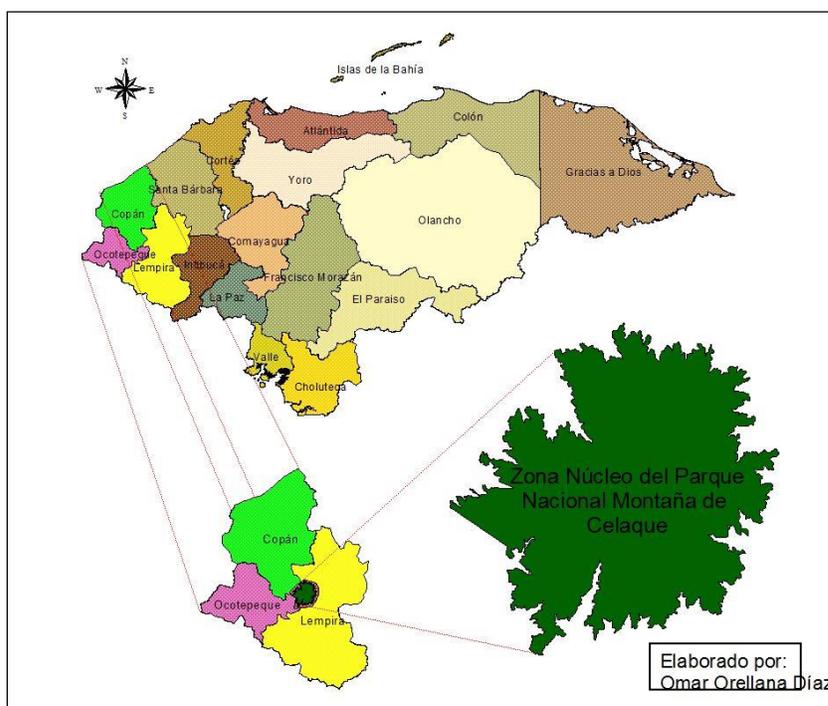


Figura 3. Ubicación geográfica de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.

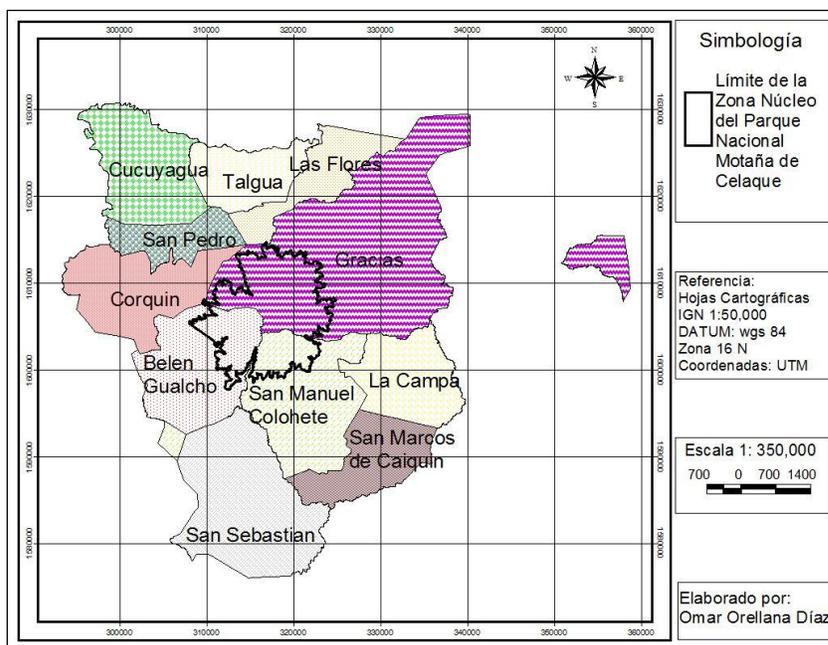


Figura 4. Municipios que integran la Mancomunidad de Municipios del Parque Nacional Montaña de Celaque.

3.1.2. Geología

Según el mapa de geología de Honduras según USGS (2000) la zona núcleo del PNMC en su totalidad pertenece al grupo Padre Miguel y esto se debe a que el origen de los suelos en el occidente del país en su mayoría es volcánico. El PNMC forma parte del sistema montañoso del sur del país que está formado por una serie de rocas metamórficas cubiertas por rocas sedimentarias y depósitos volcánicos terciarios del Mesozoico que es la era que según estudios en sus inicios fue donde se dio la evolución geológica de Honduras propiamente dicha (Ávila, 2012).

3.1.3. Suelos

Según la clasificación de suelos (Anexo 14) de Simmons y Castellanos (1969), los menos predominantes en la zona núcleo del PNMC son los suelos Cocona (0.92%) y los más abundantes son Ojojona (66.58%) y Milile (32.5%) que son suelos poco profundos (<30cm) y que se presentan en altitudes mayores a los 1400 msnm (Plan de manejo del PNMC 2004-2008 y Ávila, 2012).

3.1.4. Topografía

La región de occidente presenta la topografía más quebrada del país y la cordillera de Celaque constituye el macizo montañoso más extenso en Honduras. El perfil longitudinal Oeste – Este del PNMC está constituido por una larga subida gradual desde 1,500 a 1,600 msnm hasta una meseta casi circular en una altura de 2,600 a 2,700 msnm, donde luego se ubica el punto más alto de Honduras que es el Cerro de Las Minas, a 2,849 msnm, seguida por un relieve muy escarpado en la parte Norte y Oriente, hasta llegar a la planicie de la ciudad de Gracias con alturas inferiores a 900 msnm (Cárcamo y León, 2010 y Plan de uso público del PNMC, 2007).

En un 25.68 % de la superficie de la zona núcleo predominan pendientes superiores al 60%, un 21.32% entre 45-60%, 24.35% entre 30-45%, 18.54% entre 15-35% y solo el 10.1% menor al 15% (Anexo 15)

Cuadro 1. Rangos de altitud y áreas de la zona Núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.

No	Rango de altitud (msnm)	Área (ha)	Área en porcentaje (%)
1	1,800-1,900	1,994.12	12.60
2	1,900-2,000	2,546.89	16.10

3	2,000-2,100	2,431.42	15.37
4	2,100-2,200	2,406.14	15.21
5	2,200-2,300	1,683.93	10.64
6	2,300-2,400	1,227.19	7.76
7	2,400-2,500	921.24	5.82
8	2,500-2,600	856.08	5.41
9	2,600-2,700	1,104.83	6.98
10	2,700-2,849	649.97	4.11
Total		15,821.81	100

3.1.5. Clima

Según datos de 17 estaciones meteorológicas aledañas o cercanas al PNMC que tienen la FAO y CIAT, poseen promedios de aproximadamente los últimos 19 años de monitoreo, lo cual nos proporciona que la precipitación promedio anual para el PNMC es de 1,290 mm/año, la evapotranspiración real anual (ETR) promedio es de 880mm y la temperatura máxima promedio alcanza hasta los 35 °C, y la mínima los 18 °C, con una humedad relativa promedio que oscila entre 72% a 78%, mientras que la infiltración promedio es de 13 mm (Ávila 2012, Cárcamo y León, 2010).

3.1.6. Hidrología

La montaña de Celaque es el único bosque nublado del país que se ubica en el curso del parte agua continental entre la cuenca del Río Ulúa y el Río Lempa. En el PNMC se han identificado 9 subcuencas de importancia para la región, las cuales abastecen a un número considerable de comunidades y cabeceras municipales, entre ellos, San Manuel de Colohete, Gracias y Corquín. La mayoría de las sub-cuencas (Julalgua, Aruco, Cospa, Campuca, Arcagual, Arcilaca, Oromilaca) drenan al Atlántico a través del río Ulúa, cuyo principal afluente lo

constituye la cuenca del Río Higuito (Figura 5). El resto (Chiquito, Mocal) drena al Pacífico a través del río Lempa, cuyo principal afluente lo constituye el Río Mocal (Cárcamo y León, 2010).

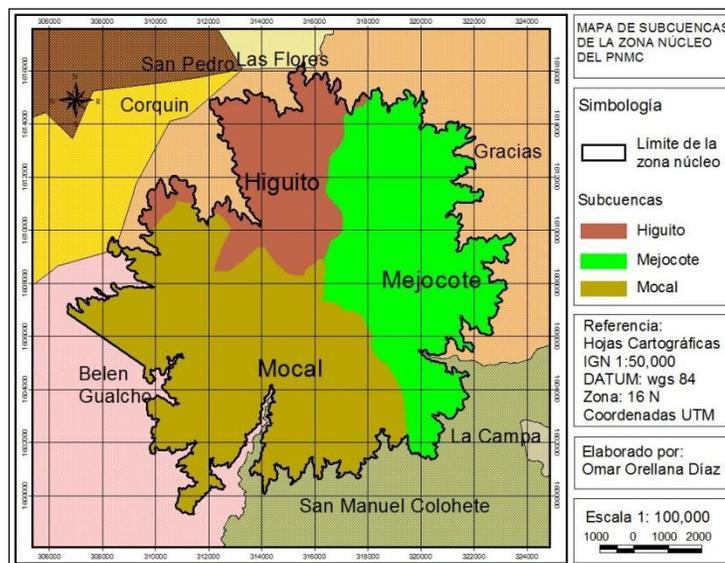


Figura 5. Subcuencas de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.

3.1.7. Zonas de Vida

Según la Clasificación de zonas de vida de Holdridge, en la zona núcleo se encuentran dos zonas de vida que son: bosque húmedo montano bajo subtropical y bosque húmedo subtropical las cuales ocupan el 95.12% (15,050.344 ha) y 4.88% (771.469 ha), respectivamente.

3.1.8. Flora del Parque Nacional Montaña de Celaque

El PNMC presenta la estructura florística más diversa de todos los bosques nublados del país, según la altitud, se encuentran seis especies de pino, de las siete que existen en el país: *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoi*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus tecumumani*, *Pinus hartwegii*, *Pinus ayacahuite*, de los cuales el más común es el *Pinus oocarpa*, que forma pequeños rodales puros en la zona de amortiguamiento. Una de las particularidades del PNMC es que tiene rodales puros de ciprés (*Cupressus lusitanica*) en alturas por encima de 2,500 msnm y la abundancia de epífitas tales como *Clusia spp.*, y el bejuco *Hylocereus spp.*; también se conoce la especie *Oreopanax lempiriana*, como una especie endémica del PNMC (Linares y Cardoza, 2009).

Sobre los 1500 msnm, el bosque puro de coníferas cambia paulatinamente el tipo de cobertura por una mezcla de pino y vegetación de hoja ancha, conocida como bosque mixto; este incluye especies arbóreas de importancia como el lesquín o liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*); zapotillo de montaña (*Clethra sp.*) y el aguacatillo (*Nectandra sp.*) (Briceño, 2010).

Entre 1974 y 2006 diferentes investigadores recolectaron muestras de 833 especies de plantas que pertenecen a 113 familias en el PNMC, estas muestras están almacenadas en el herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR) y reflejan la alta fitodiversidad del área protegida (Ávila, 2012).

3.1.9. Fauna del Parque Nacional Montaña de Celaque

El PNMC cuenta con una gran diversidad de especies de fauna la cual es variada debido a la existencia de diferentes hábitats que el ambiente local proporciona; en un diagnóstico se determinó la presencia de 35 especies de mamíferos distribuidos en 17 familias. 136 especies de aves en 36 familias, y 6 especies de anfibios en 4 familias. Se registran 21 especies de reptiles en 7 familias para un total de 198 especies (Briceño, 2010).

Cuadro 2. Fauna endémica del Parque Nacional Montaña de Celaque.

No.	N. Común	Nombre Científico	Familia
1	salamandra	<i>Bolitoglossa synoria</i>	Plethodontidae
2	salamandra	<i>Bolitoglossa Celaque</i>	Plethodontidae
3	sapito	<i>Eleutherodactylus anciano</i>	Leptodactylidae
4	rana	<i>Hyla salvaje</i>	Hylidae
5	sapito	<i>Leptodactylus silvanimbus</i>	Leptodactylidae
6	culebra	<i>Tantilla lempira</i>	Colubridae
7	quetzal	<i>Pharomachrus mocinno</i>	Trogonidae
8	musaraña	<i>Cyiptotis hondurensis</i>	Soricidae

Fuente: Briceño, 2010 (actualización del diagnóstico biofísico del PNMC).

3.2. Actividades de oficina previo al trabajo de campo

3.2.1. Recopilación de información y obtención de imágenes satelitales

Se obtuvieron del SIG de ESNACIFOR y de la página web del Servicio Geológico de los Estados Unidos, imágenes satelitales Landsat TM, Áster y ortofotos del área de estudio. También se recopiló información temática del sitio de estudio sobre vegetación, suelo, clima, pendientes, accesibilidad e hidrología.

3.2.2. Selección de imágenes satelitales

Se obtuvieron imágenes satelitales del sensor Áster para la generación de curvas de nivel y del sensor Landsat TM del año 2011 para el análisis de vegetación (Anexo 16) tomando en cuenta aspectos como la calidad en cuanto a reflectancia, resolución y menor cantidad de nubes sobre el área de estudio.

3.2.3. Estratificación

Se realizó un corte de la imagen satelital Landsat TM (Path 019 Row 050), dejando una franja de 2000 m de ancho después del límite de la zona núcleo que fue digitalizada previamente en el programa Arc GIS tomando como referencia la cota 1800 msnm (mosaicos de hojas cartográficas en formato digital 1618 y 1626).

Una vez cortada la imagen se realizó una clasificación no supervisada con el software Erdas Imagen dividiendo el área en 14 categorías de resolución espectral que mediante la clasificación supervisada se redujo a 7 categorías mediante la asignación de los tipos de cobertura para la cual se utilizó la información de los puntos de control y el mapa de cobertura del PNMC elaborado por Sánchez (2011) y otros puntos recolectados con GPS durante giras de campo y durante el inventario forestal.

3.3. Trabajo de campo

Se levantaron 367 parcelas (Anexo 13) distribuidas proporcionalmente al área de los siete tipos de cobertura del suelo de la zona núcleo del PNMC. El número de parcelas se determinó mediante un muestreo de 100 parcelas las cuales fueron distribuidas al igual que las del inventario general en forma sistemática entre los diferentes tipos de cobertura y separadas a 250 m entre las mismas tomando en cuenta la accesibilidad.

La superficie de las parcelas circulares para la vegetación arbórea fue de 1000 m² ($r = 17.84$ m) siguiendo la metodología del Programa Reducción de Emisiones de la Deforestación y Degradación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD - CCAD - GIZ) (Emanuelli, 2011) dentro de las cuales se hicieron 2 subparcelas para medición de la regeneración y la hojarasca y un transecto para la madera muerta.

3.3.1. Medición de vegetación arbórea

En cada una de las parcelas de 1000 m² se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP a 1.3 m) de todos los árboles vivos mayores a 10 cm de DAP, así mismo se midió el DAP y la altura total a tres árboles tipo con los cuales se realizó una ecuación DAP-altura, utilizando el DAP como variable independiente.

3.3.2. Medición de la regeneración y hojarasca

Se levantaron también subparcelas de 1 m de radio (3.1416 m²), en el centro de la parcela de 1000 m² (Figura 6), en la que se midió el diámetro en la base y la altura de los árboles menores de 10 cm de DAP, tal y como lo requiere la metodología utilizada. Se levantó una subparcela por cada 10 unidades

muéstrales del inventario general para un total de 38 subparcelas utilizadas en la estimación de biomasa en este componente. Para la medición de la hojarasca se levantaron subparcelas también una cada 10 unidades muéstrales del inventario general (38 parcelas). La subparcela para hojarasca fue cuadrada con lados de 0.5 m por 0.5 m (0.25 m²) ubicadas en el cuadrante nor-este a partir del centro de la parcela de 1000 m² (Figura 6). En cada una se midió la profundidad de la cama de la hojarasca en cm y posteriormente se recolectó toda la hojarasca dentro de la subparcela con la ayuda de un marco de madera y una tijera para cortar la hojarasca en los lados del marco hasta el nivel del suelo y sin diferenciar grado de descomposición.

La hojarasca se colectó en bolsas plásticas etiquetando cada muestra con el número de la unidad muestral del inventario general a la que pertenecía. Las muestras fueron pesadas en estado húmedo con una balanza de precisión en gramos. Posteriormente fueron secadas en un horno a una temperatura aproximada de 60°C hasta alcanzar un peso constante. Con los datos de peso húmedo y peso seco se calculó el contenido de humedad de cada una de las muestras.

3.3.3. Medición de la madera muerta

Se trazó una línea recta del centro de la parcela hacia el oeste (Figura 6) utilizando una distancia de 18 m, en el cual se midió el diámetro a toda rama o tronco muerto mayor a 2 cm de diámetro encontrado sobre la línea del transecto, identificando el grado de descomposición del mismo (sólido, intermedio o descompuesto).

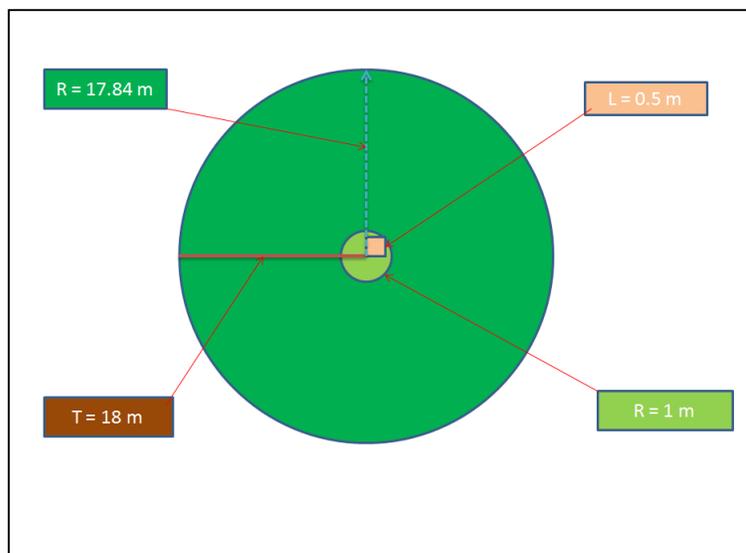


Figura 6. Diseño de las unidades muestrales del inventario utilizado en el estudio.

3.4. Trabajo de laboratorio y cálculos de oficina

3.4.1. Estimación de volumen

Para la estimación del volumen de los árboles de todos los tipos de cobertura del suelo, se aplicaron dos ecuaciones diferentes, una para coníferas desarrollada por ESNACIFOR 2005 (Fórmula 1) y la otra para latifoliado en general, desarrollada por John Roper (1984) (Fórmula 2), como parte del programa ACDI/COHDEFOR (Ferreira, 2005).

Fórmula 1. Ecuación para la estimación del volumen de árboles de coníferas.

$$V = -0.0025251 + 0.00002842D^2H$$

Donde:

V = Volumen del árbol (m³)

D = Diámetro del árbol (cm)

H = Altura del árbol (m)

Fórmula 2. Ecuación para la estimación del volumen de árboles latifoliados.

$$V = 0.1083372662 + 4.6499 \times 10^{-5}(x) - 3.78846 \times 10^{-12}(x)^2$$

Donde:

V = Volumen (m³)

X = Diámetro (cm) al cuadrado por altura (m)

3.4.2. Estimación de biomasa de la vegetación arbórea

Para estimar la biomasa aérea en la vegetación arbórea se utilizaron dos ecuaciones alométricas, una para coníferas y otra para latifoliados. La ecuación utilizada para estimar la biomasa aérea en árboles de coníferas fue la desarrollada por Alberto *et al.* (2005) a partir de 31 árboles de *Pinus oocarpa* (Fórmula 3) y para estimar la biomasa aérea en árboles de latifoliado la ecuación desarrollada a partir de 269 árboles por Schegel (2001) (Fórmula 4), las cuales utilizan el diámetro y la altura total del árbol como variables independientes para el cálculo de la biomasa aérea.

Fórmula 3. Ecuación desarrollada por Alberto *et al.* (2005) usada para la estimación de la biomasa aérea total para árboles de coníferas.

$$\ln B = -2.18352102 + 0.85091168 * \ln D^2 H$$

Donde:

B = Biomasa (kg)

D = Diámetro del árbol (cm)

H = Altura del árbol (m)

Para el cálculo de la biomasa en los diferentes componentes de los árboles de coníferas se utilizaron los porcentajes obtenidos por Alberto *et al.* (2005) para fuste, ramas, acículas y frutos y por IPCC (2003, citado por Pizzurno, 2010) para raíces.

Fuste = 71%

Ramas = 21%

Acículas y conos = 8%

Raíces = 24% de la biomasa aérea

Fórmula 4. Ecuación desarrollada por Schegel (2001) usada para la estimación de biomasa aérea para árboles latifoliados.

$$\ln B = -2.647 + 2.104 \cdot \ln(\text{DAP}) + 0.502 \ln(H)$$

Donde:

B = Biomasa (kg)

DAP = Diámetro (cm)

H = Altura total (m)

Para el cálculo de la biomasa en los diferentes componentes de los árboles latifoliados, se utilizaron los porcentajes usados por el Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2003 citado por Pizzurno, 2010) para fuste, ramas raíces y follaje.

Fuste = 50%

Ramas = 42%

Hojas = 8%

Raíces = 24% de la biomasa aérea

3.4.3. Estimación de biomasa en regeneración

Para estimar la biomasa existente en este componente, primero se estimó el volumen de los árboles con la fórmula del cono (Fórmula 5) y para el cálculo de la biomasa se multiplicó el volumen por una densidad general (0.45 g/cm³) para

regeneración utilizada por el programa REDD-GIZ y por el IPCC (Emanuelli, 2011); luego para estimar la biomasa total del árbol incluyendo la copa, se multiplicó por un factor de expansión para regeneración (1.26) desarrollado por González (2008).

Fórmula 5. Ecuación para el cálculo de volumen en árboles de regeneración.

$$Vr = \frac{\pi * D^2 * H}{12}$$

Donde:

Vr = Volumen de regeneración

D = Diámetro en la base del árbol

H = Altura total del árbol

3.4.4. Estimación de biomasa en la hojarasca

La biomasa acumulada por la hojarasca se determinó utilizando las muestras en peso seco por unidad de área (subparcela de 0.25 m²). El peso seco por subparcela de 0.25 m² fue expandido (Fe = 40,000) para obtener la biomasa por hectárea en este componente.

3.4.5. Estimación de biomasa para madera muerta

Para el cálculo de biomasa en madera muerta (transepto) primero se calculó el volumen por ha con la ecuación desarrollada por Emanuelli (2011) para cada una de las categorías de descomposición (Fórmula 6). Posteriormente se calculó la

biomasa multiplicando el volumen por la densidad de la madera para cada categoría de descomposición que el IPCC (2003) define por defecto para este tipo de materia que es de 0.45, 0.4 y 0.35 para sólido, intermedio y descompuesto, respectivamente.

Fórmula 6. Ecuación para el cálculo de volumen por ha para madera muerta.

$$V_{mm} = (\pi^2 * \sum D_i^2) / (8 * L)$$

Donde

V_{mm} = Volumen de madera muerta (m^3/ha)

D_i = Diámetro del tronco “i” localizado en la trayectoria del transepto (cm)

L = Longitud del transepto (m)

3.4.6. Estimación de carbono para los tipos de cobertura

Se estimó el carbono acumulado en la biomasa estimada en los componentes raíces, fuste, follaje, hojarasca, regeneración y madera muerta (Fórmula 7). La fracción de carbono utilizada para biomasa aérea para coníferas fue la determinada por Alberto *et al.* (2005) de 51.8% y para latifoliados fue la determinada por el IPCC (2003, citado por Pizzurno, 2010) de 50%.

Fórmula 7. Ecuación para el cálculo de carbono de la biomasa de los árboles.

$$C = B * F_c$$

Donde:

C = Carbono (TM)

B = Biomasa (TM)

F_c = Fracción de carbono en la biomasa (0.518 para coníferas y 0.5 para latifoliados)

3.4.7. Estimación de carbono en el suelo

Este se estimó de acuerdo al tipo de suelo existente en el área mediante estándares ya establecidos por la FAO (2002), que define que para suelos tipo Litosol la cantidad de carbono a una profundidad de 30 cm es de 3.6 kg/m² y para Andosol 11.4 kg/m², que son los dos tipos de suelo encontrados en el área de estudio según la base de datos del SINIT (Anexo 14).

3.4.8. Análisis estadístico

Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskal Wallis utilizando el programa estadístico Minitab, para comprobar si existían diferencias significativas entre las medias de la cantidad de carbono almacenado entre los tipos de cobertura de la zona núcleo del PNMC a un nivel de significancia de 5%. Posteriormente se realizó una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey para saber entre que tipos de cobertura hay diferencias y cuáles de ellos muestran similitud en la cantidad de carbono almacenado. Los supuestos estadísticos de igualdad de varianza y normalidad de datos se analizaron con las pruebas de Bartlett y Kolmogorov Smirnov, respectivamente.

CAPITULO 3

1. Resultados

1.1. Tipos de cobertura de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque

Se encontraron 7 tipos de cobertura del suelo (Figura 7): conífera denso, conífera ralo, guamil, latifoliado, mixto denso, mixto ralo y pastizal y/o agricultura; siendo la cobertura mixto denso la de mayor área (Cuadro 3) y el pastizal y/o agricultura el de menor área.

Cuadro 3. Área de los tipos de cobertura de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.

Tipo Cobertura	Área	Porcentaje (%)
Conífera denso	1,794.187	11.3
Conífera ralo	1,331.706	8.4
Guamil	1,073.083	6.8
Latifoliado	1,387.489	8.8
Mixto denso	7,128.623	45.1
Mixto ralo	2,166.831	13.7
Pastizal y/o Agricultura	939.902	5.9
Total	15,821.821	100.0

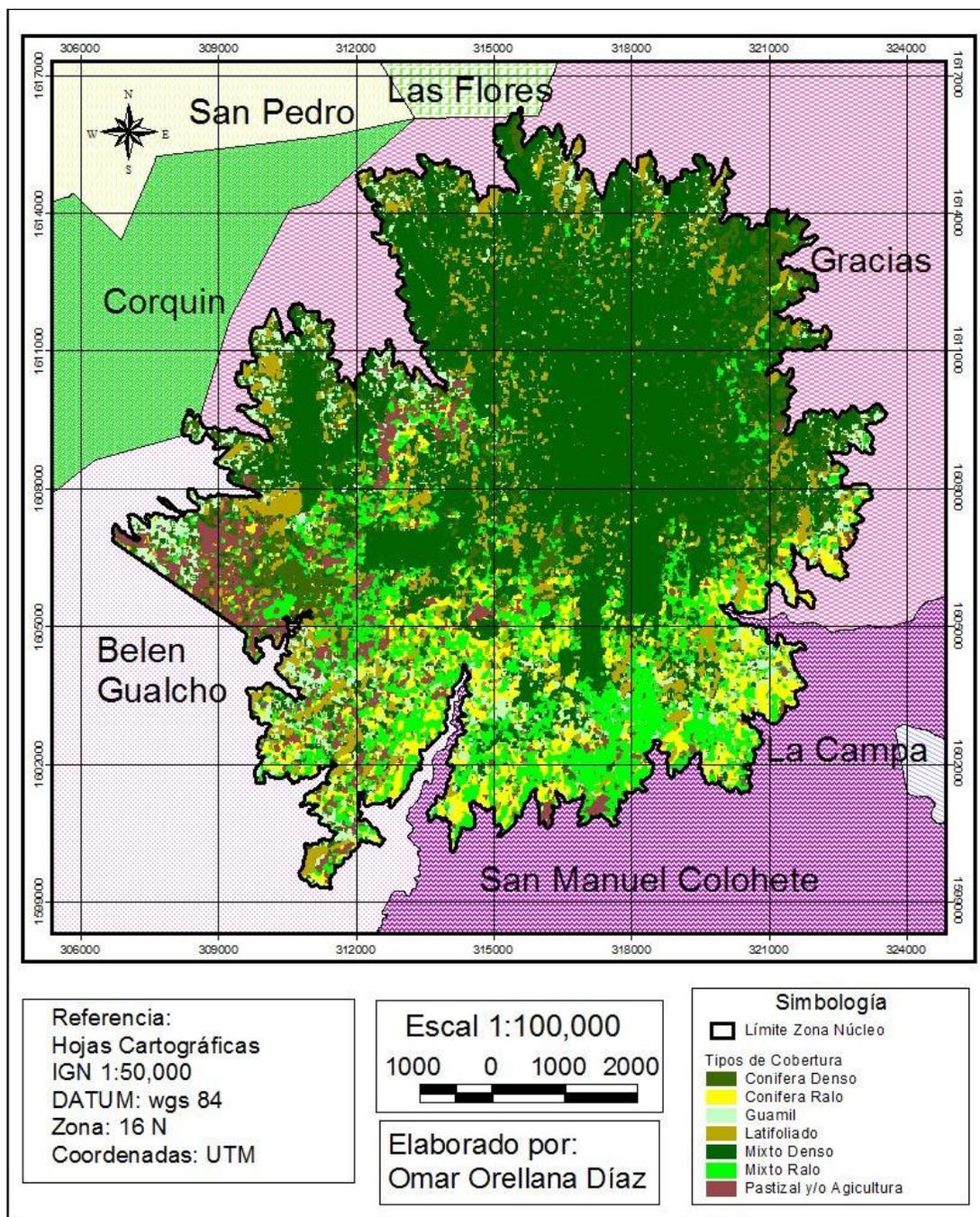


Figura 7. Mapa de tipos de cobertura de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque.

1.2. Cálculo de ecuaciones para la altura de los árboles

Se elaboraron dos ecuaciones DAP-Altura a partir de los árboles tipo; una para conífera y la otra para latifoliado. La ecuación logarítmica fue la que presentó un mejor ajuste mostrando los coeficientes de correlación más altos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Modelo y coeficientes de ecuaciones para el cálculo de altura total.

Descripción	Modelo	N	a	b	C. Correlación
Conífera	$H = a + b \ln DAP$	561	-17.10650704	13.0680028	0.89
Latifoliado	$H = a + b \ln DAP$	457	-7.115782025	10.5580356	0.83

Donde: H = altura total (m), a y b constantes, DAP = diámetro a la altura del pecho (cm) y N= número de árboles utilizados.

1.3. Volumen bruto estimado de madera en pie de los tipos de cobertura

El promedio ponderado de volumen bruto estimado existente en la zona núcleo del PNMC es de 754.3 m³/ha, en el que el tipo de cobertura con mayor cantidad de volumen fue el de conífera denso (Cuadro 5) y el de menor cantidad fue el de pastizal y/o agricultura.

Cuadro 5. Volumen bruto estimado de madera en pie por tipo de cobertura.

Tipo de cobertura	Volumen m ³ /ha	Área (ha)	Volumen total (m ³)
Conífera denso	1,386.9	1,794.2	2,488,391.5
Conífera ralo	105.4	1,331.7	140,317.6
Guamil	131.8	1,073.1	141,398.4
Latifoliado	522.7	1,387.5	725,289.7
Mixto denso	1,139.9	7,128.6	8,125,675.4
Mixto ralo	110.3	2,166.8	238,988.7
Pastizal y/o agricultura	79.0	939.9	74,251.2
Total		15,821.8	11,934,312.6
Media aritmética	496.6		
Media ponderada	754.3		

1.4. Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura conífera denso

Este tipo de cobertura presentó la mayor cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado con 1,198.5 TM/ha y 619.3 TM/ha, respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 7); sumando un total almacenado de 2,150,308 TM y 1,111,090.1 TM de biomasa y carbono, respectivamente.

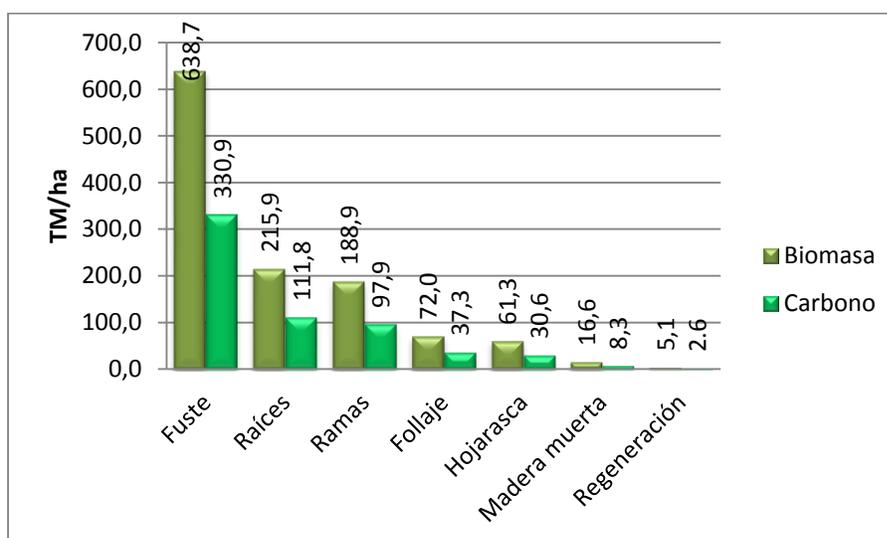


Figura 8. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura conífera denso.

1.5. Biomasa y carbono almacenado en cobertura conífera ralo

La cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado en esta cobertura fue de 116.4 TM/ha y 60 TM/ha, respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 8); sumando un total

almacenado de 155,041.5 TM y 79,939.1 TM de biomasa y carbono, respectivamente.

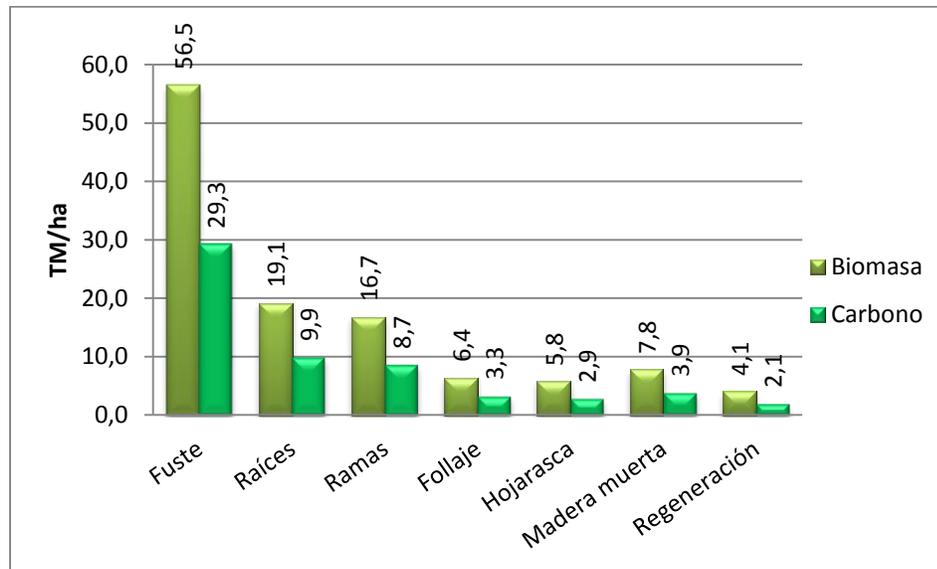


Figura 9. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura conífera ralo.

1.6. Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura de guamil

La cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado en esta cobertura fue de 114 TM/ha y 58 TM/ha respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 9); sumando un total almacenado de 122,322.9 TM y 62,255.5 TM de biomasa y carbono respectivamente.

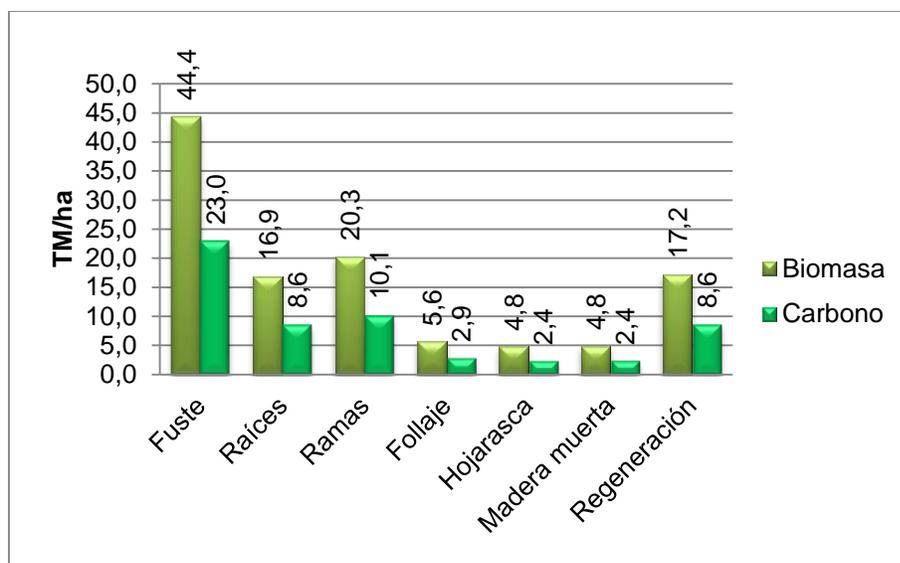


Figura 10. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura de guamil.

1.7. Biomasa y carbono almacenado en cobertura de latifoliado

La cobertura de latifoliado presentó una cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado de 285.8 TM/ha y 142.9 TM/ha respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 10); sumando un total almacenado de 396,492.2 TM y 198,246.1 TM de biomasa y carbono, respectivamente.

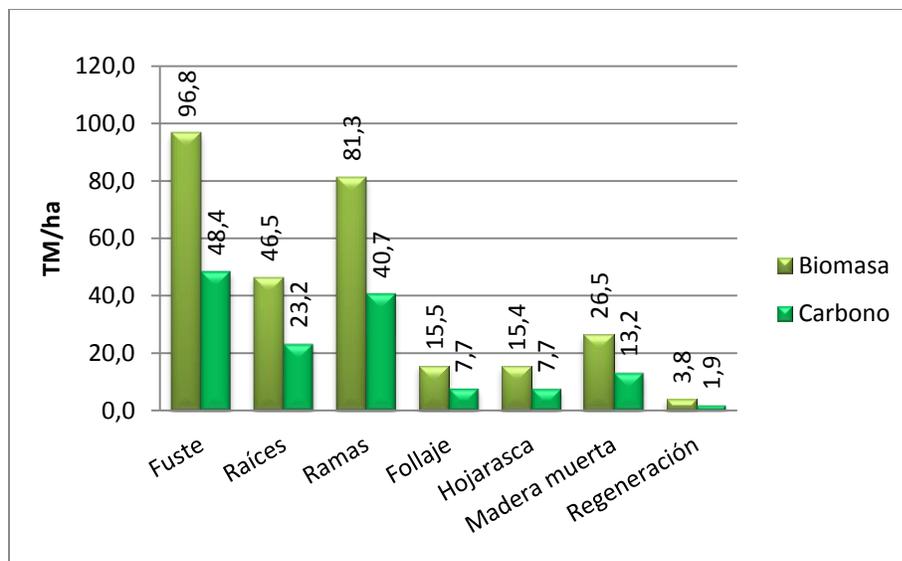


Figura 11. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura de latifoliado.

1.8. Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura mixto denso

La cobertura de mixto denso presentó el segundo lugar en cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado con 932.3 TM/ha y 479.6 TM/ha respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 11); sumando un total almacenado de 6,645,722.0 TM y 3,418,685.3 TM de biomasa y carbono, respectivamente.

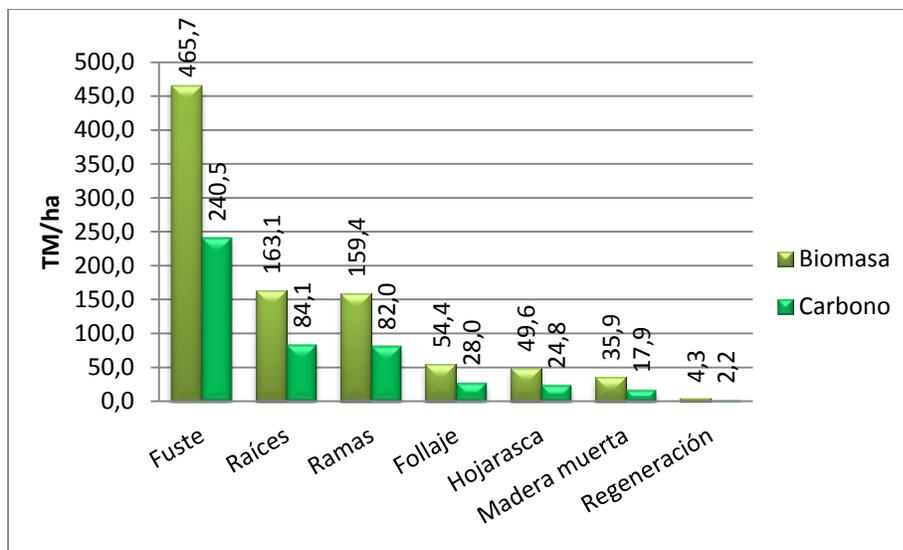


Figura 12. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura mixto denso.

1.9. Biomasa y carbono estimado almacenado en cobertura mixto ralo

La cobertura de mixto ralo presentó una cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado de 105.8 TM/ha y 54.3 TM/ha respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 12); sumando un total almacenado de 229,322 TM y 117,598.6 TM de biomasa y carbono, respectivamente.

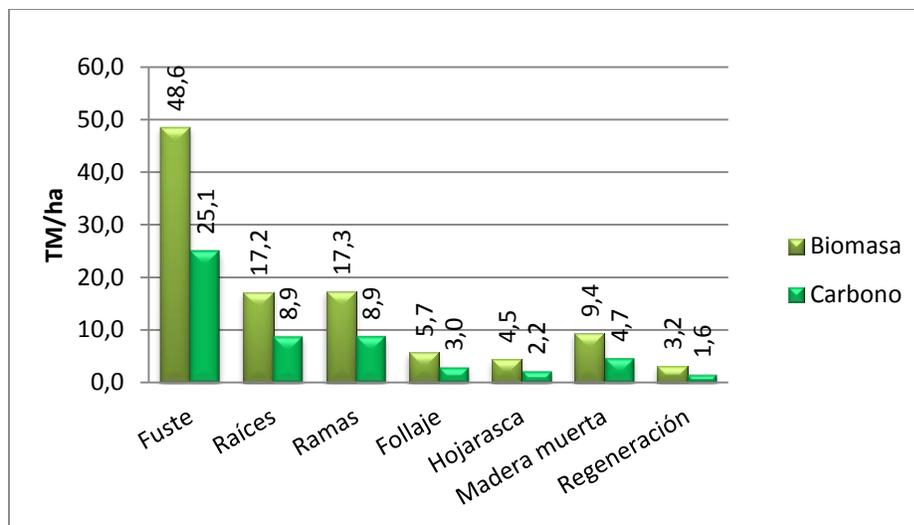


Figura 13. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura mixto ralo.

1.10. Biomasa y carbono estimado almacenado en pastizal y/o agricultura

Este tipo de cobertura presentó la menor cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado con 46.5 TM/ha y 23.5 TM/ha respectivamente, distribuidas en fuste, ramas, follaje, raíces, hojarasca, regeneración y madera muerta (Figura 13); sumando un total almacenado de 43,687.3 TM y 22,071.3 TM de biomasa y carbono, respectivamente.

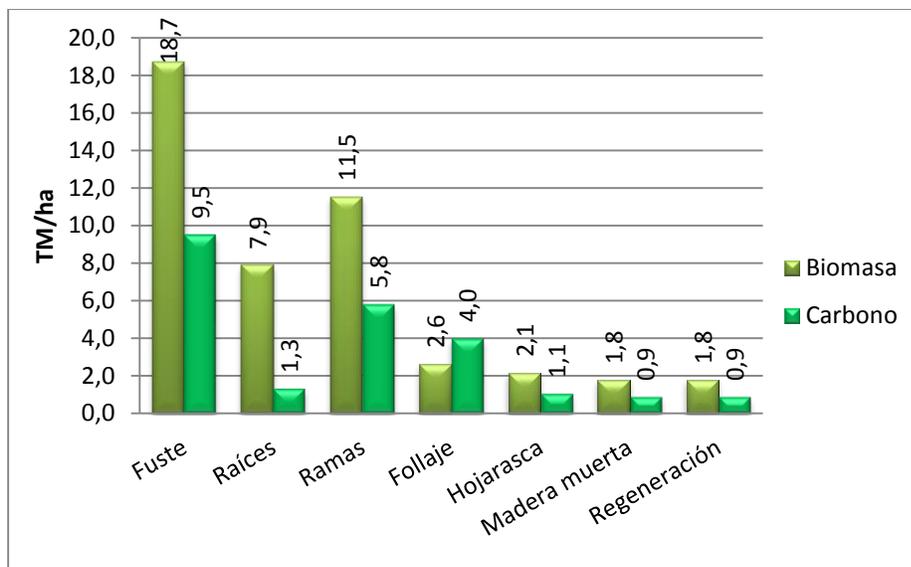


Figura 14. Distribución de biomasa y carbono estimado por componente en cobertura pastizal y/o agricultura.

1.11. Carbono estimado almacenado en el suelo de la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque

De acuerdo al mapa de suelos de Simmons (1969), se encontraron dos tipos de suelo distribuidos en los siete tipos de cobertura, el primero Litosol y el segundo Andosol; dividiendo el área de estudio en 14 partes proporcionando los siguientes resultados de carbono (Cuadro 6) a una profundidad de 30 cm.

Cuadro 6. *Carbono por tipo de suelo y cobertura de la zona núcleo del PNMC.*

Tipo de cobertura	Suelo	Área (ha)	C (TM/ha)	Total
Conífera denso	Andosol	748.02	114	85,274.05
Conífera denso	Litosol	1,046.17	36	37,662.08
Conífera ralo	Andosol	91.14	114	10,389.96
Conífera ralo	Litosol	1,240.57	36	44,660.38
Guamil	Andosol	353.19	114	40,263.55
Guamil	Litosol	719.89	36	25,916.18
Latifoliado	Andosol	441.71	114	50,354.94
Latifoliado	Litosol	945.78	36	34,048.04
Mixto denso	Andosol	2,918.91	114	332,755.74
Mixto denso	Litosol	4,209.71	36	151,549.67
Mixto ralo	Andosol	269.88	114	30,765.98
Mixto ralo	Litosol	1,896.95	36	68,290.34
Pastizal y/o agricultura	Andosol	401.10	114	45,725.51
Pastizal y/o agricultura	Litosol	538.80	36	19,396.84
Total		15,821.82		977,053.27

1.12. Biomasa y carbono total almacenado en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque

La biomasa total almacenada en la zona núcleo es de 9,742,895.9 TM, el carbono vegetal total almacenado es de 5,009,886 TM y el carbono en el suelo a 30 cm de profundidad de 977,053.27 TM para un total de carbono en los diferentes componentes de 5,986,939.27 TM.

1.13. Comparación de resultados para los tipos de cobertura

Mediante la aplicación de la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis a un nivel de significancia de 5% existen diferencias significativas entre las medias de la cantidad de carbono almacenado en los tipos de cobertura ($p = 0.00$); y mediante la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey (Cuadro 7) existen similitudes entre mixto ralo, conífera ralo y guamil.

Cuadro 7. Prueba de comparación múltiple de Tukey.

Tipos de cobertura	N	Media	Agrupación
Conífera denso	50	577.83	*
Mixto denso	146	434.66	*
Latifoliado	55	120.07	*
Conífera ralo	30	51.16	*
Mixto ralo	41	45.74	*
Guamil	20	44.59	*
Pastizal Y/o agricultura	25	20.64	*

Nota: Los tipos de cobertura que comparten el “*” presentan similitudes en la cantidad de carbono almacenado.

2. Discusión

Honduras tiene un gran potencial para ayudar a estabilizar los niveles de CO₂ atmosférico, dado que cuenta con una gran cantidad de áreas boscosas, entre las que resaltan las áreas protegidas con cobertura vegetal, las cuales albergan grandes cantidades de biomasa y por ende de carbono. La conservación y el manejo de estas áreas, permite tener almacenada una gran cantidad de carbono y de esta manera contribuir a evitar las altas concentraciones de CO₂ atmosférico y así poder aplicar a los programas de REDD para obtener bonos por servicios ambientales en esta área, fortaleciendo de esta manera la parte económica para poder atender la parte social, ambiental y cultural involucrada en las áreas protegidas.

La biomasa y carbono de los árboles se puede dividir en aéreo y subterráneo. La biomasa y carbono aéreo también se puede subdividir en los componentes: fuste, ramas y follaje. Se estima que para bosques tropicales el 76% de la biomasa y el carbono de un árbol está en la parte aérea y el 24% restante se encuentra en las raíces y es el menos estudiado debido a la dificultad para hacer una medición confiable es por esa razón que se usan porcentajes en base a la biomasa y carbono aéreo para hacer este tipo de estimaciones y así optar a bonos por captura de carbono (IPCC, 2007).

Los resultados de la cantidad estimada de biomasa y carbono por ha almacenado en los tipos de cobertura de conífera denso y mixto denso de la zona núcleo del PNMC fueron bastante altos pero son justificados dado a la alta densidad y sobre

todo los grandes diámetros y alturas que presentan los árboles ya que son bosques que no han sido intervenidos. La cantidad de carbono almacenado en cobertura conífera denso fue de 619.3 TM/ha, resultados similares a los obtenidos por Gayoso (s.f.), en Chile para bosque siempre verde que fue de 606.80 TM/ha.

La cobertura mixto denso presentó una cantidad de carbono almacenado de 479.6 TM/ha, resultado similar al obtenido por Jordán (2009) en el área protegida el trifinio Guatemala que fue de 463.7 TM/ha y a los encontrados por Gasparri y Manghi (2004) en el bosque andino patagónico en Argentina, donde el carbono almacenado fue de 483.7 TM/ha.

Así también este resultado es menor al obtenido en bosque latifoliado del sur del Lago Atitlán Guatemala que sumando un 24% del carbono de raíces es de 507.1 TM/ha (citado por Jordán, 2009)

Esto demuestra el potencial que tienen las áreas boscosas para almacenar grandes cantidades de carbono y que Honduras no es la excepción, por lo que se deben de iniciar más estudios en otras áreas protegidas y bosques del país para cuantificar la fijación y captura de carbono y poder ofertar este servicio ante los organismos internacionales.

CAPITULO 4

1. Conclusiones

La cantidad total estimada de biomasa y carbono almacenado en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque fue de 9,742,895.9 TM y 5,986,939.3 TM, respectivamente.

Los tipos de cobertura presentes en la zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque son conífera denso, conífera ralo, guamil, latifoliado, mixto denso, mixto ralo y pastizal y/o agricultura de los cuales el que presenta la mayor área es el mixto denso y el de menor área el pastizal y/o agricultura.

El tipo de cobertura que almacena la mayor cantidad estimada de biomasa y carbono por ha es la cobertura de conífera denso, seguido por el mixto denso y el que almacena la menor cantidad es la cobertura pastizal y/o agricultura.

El componente arbóreo que presentó la mayor cantidad estimada de biomasa y carbono almacenado es el fuste.

No existen diferencias significativas entre las medias de las cantidades estimadas de biomasa y carbono almacenado por ha entre los tipos de cobertura conífera ralo, mixto ralo y guamil.

La zona núcleo del Parque Nacional Montaña de Celaque cuenta con un gran potencial de almacenaje de carbono para poder aplicar a la obtención de bonos por servicios ambientales de esta índole ante los programas de REDD.

2. Recomendaciones

Actualmente se realiza un plan de manejo forestal para el PNMC orientado al tema de cambio climático y captura de carbono en el cual se debe incluir los resultados obtenidos en esta investigación tomando en cuenta que el estudio únicamente se realizó en la zona núcleo, pero que puede proyectarse esta información a la zona de amortiguamiento usando las similitudes de tipos de cobertura mediante el análisis de vegetación con SIG y haciendo uso de imágenes de alta resolución.

Existe la necesidad de diseñar ecuaciones alométricas que relacionen variables estructurales que se puedan medir fácilmente con la biomasa de un árbol para estimar carbono en bosques nativos de Honduras y no tener que utilizar ecuaciones elaboradas para bosques de otros países.

Dentro de las causas directas de la deforestación de la zona núcleo del PNMC, la agricultura migratoria y la ganadería son las de mayor importancia junto con las obras de infraestructura como la construcción de brechas para transitar y viviendas por lo que se recomienda formular un plan estratégico que permita frenar dicha problemática, amparados en las leyes que prohíben estas actividades en las áreas protegidas.

La metodología del estudio de carbono permite arrojar resultados preliminares que podrán servir para diseñar estudios posteriores y para tener una primera idea sobre la línea de base de un posible proyecto de generación y venta de servicios de mitigación del cambio climático mediante el programa REDD.

BIBLIOGRAFIA

ACOSTA MIRELES, M., CARRILLO ANZURES, F., DÍAZ LAVARIEGA, M. 2009.

Determinación del carbono total en bosques mixtos de *Pinus patula*. Tierra Latinoamericana. 27 (2): 105 – 114.

ÁGUILA et al. 2011. ¿Cuánto valen los bosques Amazónicos en el Perú?: una aproximación a la valoración económica desde la perspectiva de los usuarios locales en el área de influencia de la carretera Iquitos Nauta. Universidad del Pacífico, Perú. 56 p. Consultado el 10 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://www.ibcperu.org/doc/isis/13662.pdf>

ALCOBÉ, F. 2005. Aspectos metodológicos en las actividades REDD. Cambio Climático. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Argentina. Consultado el 05 de marzo de 2012. En línea disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UCC/file/09_aspectos_metodologicos.pdf

ALBERTO MEJÍA, D. M. 2005. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en bosques naturales de Cabañas, La Paz. **Tesis Ing. For.** Escuela Nacional de Ciencias Forestales. Siguatepeque, Honduras. 61 p.

ALBERTO MEJÍA et al. 2005. Acumulación y fijación de carbono en biomasa aérea de *Pinus oocarpa* en bosques naturales de Cabañas, La Paz. *Tatascán* 17 (2): 3-12 p.

- ÁVILA, R. R.** 2012. Validación y actualización de los diagnósticos físico y biológico en apoyo a la formulación del plan de manejo del Parque Nacional Montaña de Celaque: período 2012-2016. MAPANCE-PROCELAQUE. Gracias, Lempira, Honduras. 106 p.
- BEAUMONT, R. y MERENSON, C.** 1999. El Protocolo de Kyoto y el mecanismo para un desarrollo limpio: nuevas posibilidades para el sector forestal de América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y El Caribe. FAO, Roma. 16 p.
- BEN PENDONES, R.** 2003. Energía de la biomasa. **Tesis M.sc.** en Energías Renovables y Mercado Energético. Escuela de Organización Industrial. Madrid España. En línea Consultado 01 de Marzo de 2012. http://www.jornadastecnicas.com/docpdf/Energia_Rafael_Ben_Pendones2_mod.pdf
- BRICEÑO, C.** 2010. Actualización y competición del diagnóstico biológico del Parque Nacional Montaña de Celaque y su área de influencia. 44 p.
- CÁRCAMO, J. A. LEÓN, J. A.** 2010. Estimación del balance hídrico, Parque Nacional Montaña de Celaque. MAPANCE-PROCELAQUE. Gracias, Lempira, Honduras. 29 p.
- CARILLO et al.** 2010. Áreas protegidas como respuesta al cambio climático. PDRS – GTZ. Lima, Perú. Consultado el 05 de marzo de 2012. En línea,

disponible en: http://www.conservationdevelopment.net/rsFiles/Datei/FOLLETO_APCC_PDRS_GIZ.pdf

CIESLA, M. W. 1996. Cambio climático, bosques y ordenación forestal: una visión de conjunto. FAO. Roma Italia. 146 p.

COLEGIO OFICIAL DE FÍSICOS. 2010. Cambio climático: hacia un nuevo modelo energético. Trad. Eduvela. Colegio Oficial de Físicos. Madrid, España. 122 p.

DAUB, G. W. Y SEESE, W.S. 1996. Química. Trad. Esther, Fernández Alvarado. 7. ed. Pearson Educación. México. 652 p.

DURÁN C. Sistemas de Información geográfica: casos de uso para el análisis del turismo en el ámbito local: el conocimiento valor referencial destinos turísticos. Secretaría de turismo de México. Consultado el 05 de abril de 2012. En línea, disponible en: http://dtxtq4w60xqpw.cloudfront.net/sites/all/files/pdf/duran_sp.pdf

EMANUELLI, P. 2011. Bases para ejecución de inventarios de recursos forestales en el contexto REDD: estimación de carbono, biodiversidad, degradación. 42 p.

ENCC. 2010. Estrategia nacional de cambio climático de Honduras: síntesis para tomadores de decisiones. SERNA. Tegucigalpa, Honduras 48 p.

ESTRADA PORRÚA, M. 2001. Cambio climático global: causas y consecuencias.

Revista de información y análisis No 16. Consultado el 11 de marzo de 2012. En línea, disponible en:

<http://www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/espanol/prensa/contenidos/articulos/ambientales/climatico.pdf>

FAO. 2001. Situación de los bosques del mundo: el cambio climático y los bosques. FAO. Roma, Italia. 60 p.

2002. Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra.

Basado en el trabajo de Michel Robert Institut national de recherche agronomique Paris, Francia. FAO, Roma, Italia. 83 p. Consultado el 12 de septiembre de 2012. Disponible en:

<ftp://ftp.fao.org/aql/agll/docs/wsrr96s.pdf>

FERREIRA ROJAS, O. 2005. Inventario forestal: herramienta para el manejo de bosques. Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), Siguatepeque, Comayagua, Honduras, 148 p.

GASPARRI, I. y MANGHI E. 2004. Estimación de volumen, biomasa y contenido de carbono de las regiones forestales Argentinas: informe final. Unidad de Manejo del Sistema de Evaluación Forestal, Argentina 26 p. Consultado el 10 de septiembre de 2012. Disponible en: http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/UMSEF/File/volumen_biomasa_carbono.pdf

GAYOSO, J. s.f. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques nativos y plantaciones de Chile. *Revista Forestal Iberoamericana* 1 (1): 1-13. Consultado el 28 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://www.forest.ula.ve/rforibam/archivos/DOC1.pdf>

GÓMEZ ALEMAN, R. y SLIJKHUIS A., J. S. 1996. Ecología forestal: manual de clase para los estudiantes de Dasonomía II. ESNACIFOR, Siguatepeque. 108 p.

GONZALES, M. 2008. Estimación de la biomasa aérea y la captura de carbono en regeneración natural de *Pinus maximinoi* H.E. Moore, *Pinus oocarpa* var. *ochoterenai* Mtz. Y *Quercus* sp. En el norte del Estado de Chiapas, México. **Tesis M.Sc.** CATIE. Turrialba, Costa Rica, 97 p. Consultado el 22 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2922e/A2922e.pdf>

GRAS. 2001. La teledetección y los sistemas de información geográfica, algunas aplicaciones en Uruguay. GRAS. Consultado el 14 de abril de 2012. En línea, disponible en: http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/sistemas/teledeteccion_gis_uy.pdf

HERNANDEZ et al. 2009. Estimación de biomasa y carbono en un bosque de *Abies religiosa*. *Redalyc*. 32(3): 233-238, consultada el 25 de Febrero de 2012. En línea, disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=61011739008>

HONDURAS. LEYES. DECRETOS, ETC. 2009. Ley de Fomento y Protección del Parque Nacional Montaña de Celaque: decreto 57-2009. La Gaceta, Tegucigalpa, Honduras, diciembre. 8 p.

INSTITUTO DE CONSERVACION FORESTAL. 2010. Uso del suelo: anuario estadístico forestal 2010. V. 25. P. 11- 14.

IPCC. 2000. Resumen para responsables de políticas y escenarios de emisiones. Informe especial del Grupo de trabajo III del IPCC. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). 27 p.

2007. Cambio climático 2007. Informe de síntesis: contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 p.

JORDAN, AGUIRRE, M.D. 2010. Estimación del carbono fijado en la zona núcleo de la reserva de biosfera Trifinio (Guatemala), ubicada en los municipios de Concepción Las Minas y Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala. **Tesis Ing. Agr.** Universidad de San Carlos de Guatemala Centro Universitario de Oriente Agronomía. Guatemala, Guatemala, 79 p. Consultado el 25 de septiembre de 2012. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/86992252/Resumen-CarbonoFijado-en-Reserva-de-Biosfera-Trifinio-Guatemala2>

LINARES, J. Y SULLYVAN CARDOZA, F. 2009. Guía de especies vegetales de importancia y de potencial interpretativo en el Parque Nacional Montaña de Celaque. Gracias, Lempira, Honduras. 130 p.

MAUNA LOA OBSERVATORY. 2012. Incremento del CO₂. Observatorio de Mauna Loa, Hawái. Consultado el 20 de marzo de 2012. En línea, disponible en: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/webdata/ccgg/trends/co2_trend_mlo.pd

MARTINEZ, J. Y FERNÁNDEZ, A. 2004. Cambio Climático: una visión desde México. 1. ed. Instituto Nacional de Ecología y la Secretaría de Recursos Naturales. México. 525 p.

NAVONE, S. M. 2003. Sensores remotos aplicados al estudio de los recursos naturales. Trad. Antonio J. Pascale. 1. ed. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 190 p.

PDRS-GTZ. 2010. Áreas protegidas como respuesta al cambio climático. GTZ Y SERNANP. 16p.

PEARSON, T. WALKER, S. y BROWN, S. 2005. Sourcebook for land use, landuse change and forestry projects. USA: Bio Carbon Fund / Winrock International. 64 p.

- PEDRINACI, E.** 2008. Cambio Climático. Algo más que un riesgo. Consultado el 10 de marzo 2012. En línea, disponible en: <http://www.cienciasnaturals.com/GlobalWarming/CanviClimEmiliPedrinaci.pdf>
- PERCY, K. E.** 2003. El papel de los bosques en ciclo, la captura y el almacenamiento de carbono Servicio forestal de Canadá. Los bosques y el ciclo de carbono a nivel mundial: fuentes y sumideros No 1. Canadá. Consultado 11 de marzo de 2012. En línea, disponible en: http://iufro-archive.boku.ac.at/iufro/taskforce/tfcs/issue1_march31_Spanisch.pdf
- PESCE, F.** 2006. Los sistemas de información geográficos como herramientas para la gestión integrada de recursos naturales en cuencas hidrográficas. 14 Diap. Consultado el 03 de abril de 2012. En línea, disponible en: <http://tecrenat.fcien.edu.uy/Evaluacion%20de%20recursos%20naturales/Materiales/ERRNN/SIG-Gestion%20Ambiental.pdf>
- PETRE *et al.*** 2003. Proyectos de investigación aplicada a los recursos forestales nativos: Alternativas de sustentabilidad del bosque nativo del espinal. PIARFON. Argentina. 15 p.
- PIZZURNO MAIDANA, M.C.** 2010. Estimación preliminar del stock de carbono en diferentes tipos de bosques en el parque nacional Caazapá, departamento Caazapá. **Tesi Ing. For.** Universidad Nacional de asunción. San Lorenzo, Paraguay, 87 p. Consultado el 12 de septiembre de 2012. Disponible en:

<http://araucaria.seam.gov.py/attachments/article/69/tesisceciliapizzurno.pdf>

PLAN DE USO PÚBLICO PNMC. 2007. MAPANCE-PROCELAQUE. Gracias, Lempira, Honduras. 110 p.

PLAN GENERAL DE MANEJO DEL PNMC. 2004-2008. MAPANCE-PROCELAQUE. Gracias, Lempira, Honduras. 135 p.

PNUMA. 1999. Reducción de emisiones de carbono: una guía para empresarios de energía renovable. PNUMA. Consultado el 25 de marzo, de 2012. En línea, disponible en: http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADJ942.pdf

2005. Cambio climático: manual de ciudadanía ambiental global. PNUMA. México. Consultado en 05 de marzo de 2012. En línea, disponible en: http://ambiental.agenciapulsar.org/cambi_climatico.pdf

REQUE, J. A. Y PÉREZ, R. A. 2011. Del monte al rodal: manual SIG de Inventario forestal. Universidad de Valladolid. España. Consultado el 02 de abril de 2012. En línea, disponible en: <http://lifeboscos.cime.es/documents/docs/LifeBoscos%5CE1X0053%5CEV0.pdf>

RODRIGUEZ, L. Y PRATT, L. 1998. Potencial de carbono y fijación de dióxido de carbono de la biomasa en pie por encima del suelo en los bosques de Honduras. CLACDS. Honduras. Consultado el 20 de marzo de 2012. En

línea, disponible en: <http://www.incae.edu/ES/clacds/publicaciones/pdf/cen741.pdf>

ROJAS, A. V., RODRÍGUEZ, J., GUZMÁN, J. 2003. Centroamérica frente al cambio climático. FAO. Serie Centroamericana de bosques y cambio climático. 68 p.

SANCHEZ, A. 2011. Cartografía temática del Parque Nacional Montaña de Celaque y límite de influencia. Lempira, Honduras.

SCHEGEL, B. 2001. Estimación de la biomasa y carbono de bosques del tipo forestal siempre verde. Universidad Austral, Chile, 13 p. Consultado el 23 de noviembre de 2012. Disponible en: http://www.uach.cl/procarbono/pdf/simposio_carbono/45_schlegel.PDF

UNFCCC. 2004. Cuidar el clima: guía de la convención sobre el cambio climático y el protocolo de Kyoto. Trad. Joanna Depledge y Robert Lamb. Bonn, Alemania. 26 p.

2003. Convención marco sobre el cambio climático: informe de la junta ejecutiva del mecanismo para un desarrollo limpio. En línea, disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop9/cp902a01s.pdf>.

VALLEJO LARIOS, M., CRUZ GUERRERO, A., MENDIETA, M. R., SÁNCHEZ, A. A. 2003. Honduras frente al cambio climático. FAO. Serie Centroamericana de bosques y cambio climático. 60 p.

VALLEJO A. 2008. Bosques y cambio climático: diseño de actividades REDD para la mitigación del cambio climático. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Consultado 01 me marzo de 2012. Disponible en: http://iufroarchive.boku.ac.at/iufro/taskforce/tfcs/issue1_march31_Spanish.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Datos de parcelas de cobertura conifera denso.

No	Biomasa TM/ha					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	637.4	188.5	71.8	215.5	1113.2	330.2	97.7	37.2	111.6	576.6
2	671.5	198.6	75.7	227.0	1172.7	347.8	102.9	39.2	117.6	607.5
3	654.5	193.6	73.7	221.2	1143.0	339.0	100.3	38.2	114.6	592.1
4	650.7	192.5	73.3	219.9	1136.4	337.1	99.7	38.0	113.9	588.7
5	664.4	196.5	74.9	224.6	1160.3	344.2	101.8	38.8	116.3	601.1
6	650.6	192.4	73.3	219.9	1136.3	337.0	99.7	38.0	113.9	588.6
7	639.9	189.3	72.1	216.3	1117.5	331.5	98.0	37.3	112.0	578.9
8	644.3	190.6	72.6	217.8	1125.2	333.7	98.7	37.6	112.8	582.9
9	638.6	188.9	72.0	215.9	1115.3	330.8	97.8	37.3	111.8	577.7
10	587.7	173.8	66.2	198.7	1026.4	304.4	90.0	34.3	102.9	531.7
11	668.6	197.8	75.3	226.0	1167.7	346.3	102.4	39.0	117.1	604.9
12	687.1	203.2	77.4	232.3	1200.0	355.9	105.3	40.1	120.3	621.6
13	545.9	161.5	61.5	184.5	953.5	282.8	83.6	31.9	95.6	493.9
14	561.2	166.0	63.2	189.7	980.1	290.7	86.0	32.8	98.3	507.7
15	654.3	193.5	73.7	221.2	1142.8	339.0	100.3	38.2	114.6	592.0
16	648.1	191.7	73.0	219.1	1132.0	335.7	99.3	37.8	113.5	586.4
17	669.8	198.1	75.5	226.4	1169.7	346.9	102.6	39.1	117.3	605.9
18	641.7	189.8	72.3	216.9	1120.6	332.4	98.3	37.5	112.4	580.5
19	633.9	187.5	71.4	214.3	1107.1	328.4	97.1	37.0	111.0	573.5
20	634.1	187.6	71.5	214.4	1107.5	328.5	97.2	37.0	111.0	573.7
21	663.9	196.4	74.8	224.4	1159.5	343.9	101.7	38.8	116.3	600.6
22	523.4	154.8	59.0	176.9	914.1	271.1	80.2	30.5	91.6	473.5
23	630.0	186.3	71.0	213.0	1100.3	326.3	96.5	36.8	110.3	569.9
24	592.8	175.3	66.8	200.4	1035.4	307.1	90.8	34.6	103.8	536.3
25	674.9	199.6	76.0	228.1	1178.6	349.6	103.4	39.4	118.2	610.5
26	670.8	198.4	75.6	226.7	1171.5	347.5	102.8	39.2	117.5	606.9
27	748.2	221.3	84.3	252.9	1306.8	387.6	114.6	43.7	131.0	676.9
28	652.8	193.1	73.6	220.7	1140.1	338.1	100.0	38.1	114.3	590.6
29	544.3	161.0	61.3	184.0	950.7	282.0	83.4	31.8	95.3	492.5
30	643.8	190.4	72.5	217.6	1124.4	333.5	98.6	37.6	112.7	582.5
31	691.2	204.4	77.9	233.6	1207.2	358.0	105.9	40.3	121.0	625.3
32	631.1	186.7	71.1	213.3	1102.3	326.9	96.7	36.8	110.5	571.0
33	652.7	193.1	73.5	220.6	1140.0	338.1	100.0	38.1	114.3	590.5
34	651.0	192.6	73.4	220.1	1137.0	337.2	99.7	38.0	114.0	589.0
35	659.2	195.0	74.3	222.8	1151.3	341.5	101.0	38.5	115.4	596.4

36	714.0	211.2	80.5	241.4	1247.0	369.8	109.4	41.7	125.0	645.9
37	675.5	199.8	76.1	228.3	1179.8	349.9	103.5	39.4	118.3	611.1
38	658.5	194.8	74.2	222.6	1150.0	341.1	100.9	38.4	115.3	595.7
39	693.4	205.1	78.1	234.4	1211.0	359.2	106.2	40.5	121.4	627.3
40	613.1	181.3	69.1	207.3	1070.8	317.6	93.9	35.8	107.4	554.7
41	668.9	197.9	75.4	226.1	1168.3	346.5	102.5	39.0	117.1	605.2
42	589.4	174.3	66.4	199.2	1029.4	305.3	90.3	34.4	103.2	533.2
43	635.0	187.8	71.5	214.6	1109.0	328.9	97.3	37.1	111.2	574.5
44	666.2	197.0	75.1	225.2	1163.5	345.1	102.1	38.9	116.6	602.7
45	641.6	189.8	72.3	216.9	1120.5	332.3	98.3	37.4	112.3	580.4
46	673.5	199.2	75.9	227.7	1176.2	348.9	103.2	39.3	117.9	609.3
47	672.2	198.8	75.7	227.2	1173.9	348.2	103.0	39.2	117.7	608.1
48	520.1	153.8	58.6	175.8	908.4	269.4	79.7	30.4	91.1	470.5
49	543.5	160.8	61.2	183.7	949.3	281.5	83.3	31.7	95.2	491.7
50	556.6	164.6	62.7	188.1	972.0	288.3	85.3	32.5	97.5	503.5
P.	638.7	188.9	72.0	215.9	1115.5	330.9	97.9	37.3	111.8	577.8

Anexo 2. Datos de parcelas de cobertura conifera ralo.

No	Biomasa (TM/ha)					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	57.8	17.1	6.5	19.5	100.9	29.9	8.9	3.4	10.1	52.3
2	58.1	17.2	6.5	19.6	101.4	30.1	8.9	3.4	10.2	52.5
3	54.5	16.1	6.1	18.4	95.2	28.2	8.4	3.2	9.5	49.3
4	57.8	17.1	6.5	19.5	100.9	29.9	8.9	3.4	10.1	52.3
5	50.3	14.9	5.7	17.0	87.8	26.0	7.7	2.9	8.8	45.5
6	61.4	18.2	6.9	20.7	107.2	31.8	9.4	3.6	10.7	55.5
7	51.5	15.2	5.8	17.4	90.0	26.7	7.9	3.0	9.0	46.6
8	53.1	15.7	6.0	17.9	92.7	27.5	8.1	3.1	9.3	48.0
9	62.0	18.3	7.0	21.0	108.2	32.1	9.5	3.6	10.9	56.1
10	63.1	18.6	7.1	21.3	110.1	32.7	9.7	3.7	11.0	57.0
11	67.3	19.9	7.6	22.8	117.6	34.9	10.3	3.9	11.8	60.9
12	66.1	19.6	7.4	22.3	115.5	34.2	10.1	3.9	11.6	59.8
13	68.1	20.2	7.7	23.0	119.0	35.3	10.4	4.0	11.9	61.6
14	61.1	18.1	6.9	20.7	106.7	31.7	9.4	3.6	10.7	55.3
15	50.7	15.0	5.7	17.1	88.5	26.3	7.8	3.0	8.9	45.9
16	55.7	16.5	6.3	18.8	97.3	28.9	8.5	3.3	9.8	50.4
17	55.3	16.4	6.2	18.7	96.6	28.6	8.5	3.2	9.7	50.0
18	53.0	15.7	6.0	17.9	92.6	27.5	8.1	3.1	9.3	48.0
19	52.0	15.4	5.9	17.6	90.8	26.9	8.0	3.0	9.1	47.0

20	53.6	15.9	6.0	18.1	93.6	27.8	8.2	3.1	9.4	48.5
21	43.7	12.9	4.9	14.8	76.4	22.6	6.7	2.6	7.7	39.6
22	52.8	15.6	5.9	17.8	92.2	27.4	8.1	3.1	9.2	47.8
23	62.6	18.5	7.1	21.2	109.4	32.4	9.6	3.7	11.0	56.6
24	57.3	17.0	6.5	19.4	100.1	29.7	8.8	3.3	10.0	51.9
25	50.4	14.9	5.7	17.1	88.1	26.1	7.7	2.9	8.8	45.6
26	68.9	20.4	7.8	23.3	120.4	35.7	10.6	4.0	12.1	62.3
27	45.3	13.4	5.1	15.3	79.2	23.5	6.9	2.6	7.9	41.0
28	47.9	14.2	5.4	16.2	83.7	24.8	7.3	2.8	8.4	43.3
29	63.8	18.9	7.2	21.6	111.4	33.1	9.8	3.7	11.2	57.7
30	51.1	15.1	5.8	17.3	89.3	26.5	7.8	3.0	9.0	46.2
P.	56.5	16.7	6.4	19.1	98.8	29.3	8.7	3.3	9.9	51.2

Anexo 3. Datos de parcelas de cobertura de guamil.

No	Biomasa TM/ha					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	34.1	20.0	4.7	14.1	72.9	17.3	10.1	2.4	7.1	36.9
2	22.0	18.5	3.5	10.5	54.5	11.0	9.2	1.8	5.3	27.2
3	46.1	19.6	5.7	17.1	88.4	23.7	10.0	2.9	8.8	45.3
4	51.3	18.9	6.1	18.3	94.7	26.5	9.7	3.1	9.4	48.7
5	61.4	21.4	7.2	21.6	111.6	31.7	11.0	3.7	11.1	57.5
6	46.0	21.3	5.9	17.6	90.7	23.6	10.8	3.0	9.0	46.4
7	23.5	19.7	3.8	11.3	58.2	11.7	9.9	1.9	5.6	29.1
8	37.4	19.0	4.9	14.7	76.0	19.1	9.6	2.5	7.5	38.7
9	43.8	21.0	5.6	16.9	87.3	22.4	10.6	2.9	8.6	44.6
10	44.5	19.4	5.6	16.7	86.1	22.8	9.9	2.8	8.5	44.1
11	48.4	19.9	5.9	17.8	92.1	24.9	10.2	3.0	9.1	47.3
12	30.5	25.6	4.9	14.6	75.7	19.1	9.5	2.5	7.5	38.6
13	41.7	20.7	5.4	16.3	84.1	21.3	10.5	2.8	8.3	42.9
14	70.3	24.3	8.2	24.7	127.4	36.3	12.5	4.2	12.7	65.7
15	53.6	21.2	6.5	19.5	100.9	27.6	10.8	3.3	10.0	51.8
16	67.9	28.0	8.3	25.0	129.2	34.9	14.3	4.3	12.8	66.3
17	48.5	18.1	5.8	17.4	89.7	25.0	9.3	3.0	8.9	46.2
18	44.1	15.5	5.2	15.5	80.3	22.7	8.0	2.7	8.0	41.4
19	57.2	20.4	6.8	20.3	104.7	29.5	10.5	3.5	10.4	53.9
20	15.6	13.1	2.5	7.5	38.6	7.8	6.5	1.2	3.7	19.3
P.	44.4	20.3	5.6	16.9	87.1	23.0	10.1	2.9	8.6	44.6

Anexo 4. Datos de parcelas de cobertura de latifoliado.

No	Biomasa TM/ha					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	97.5	81.9	15.6	46.8	241.9	48.8	41.0	7.8	23.4	120.9
2	91.0	76.4	14.6	43.7	225.7	45.5	38.2	7.3	21.8	112.8
3	101.3	85.1	16.2	48.6	251.2	50.6	42.5	8.1	24.3	125.6
4	92.1	77.4	14.7	44.2	228.5	46.1	38.7	7.4	22.1	114.2
5	96.0	80.6	15.4	46.1	238.0	48.0	40.3	7.7	23.0	119.0
6	92.2	77.4	14.7	44.2	228.6	46.1	38.7	7.4	22.1	114.3
7	92.8	77.9	14.8	44.5	230.1	46.4	39.0	7.4	22.3	115.0
8	95.4	80.1	15.3	45.8	236.6	47.7	40.1	7.6	22.9	118.3
9	108.4	91.1	17.3	52.0	268.9	54.2	45.5	8.7	26.0	134.4
10	101.8	85.5	16.3	48.8	252.4	50.9	42.7	8.1	24.4	126.2
11	94.2	79.1	15.1	45.2	233.6	47.1	39.6	7.5	22.6	116.8
12	95.3	80.1	15.2	45.7	236.3	47.6	40.0	7.6	22.9	118.2
13	95.4	80.1	15.3	45.8	236.6	47.7	40.1	7.6	22.9	118.3
14	96.3	80.9	15.4	46.2	238.9	48.2	40.5	7.7	23.1	119.4
15	95.9	80.6	15.3	46.0	237.8	48.0	40.3	7.7	23.0	118.9
16	94.7	79.6	15.2	45.5	234.9	47.4	39.8	7.6	22.7	117.4
17	93.8	78.8	15.0	45.0	232.6	46.9	39.4	7.5	22.5	116.3
18	98.1	82.4	15.7	47.1	243.3	49.1	41.2	7.8	23.5	121.7
19	99.6	83.7	15.9	47.8	247.0	49.8	41.8	8.0	23.9	123.5
20	96.0	80.6	15.4	46.1	238.1	48.0	40.3	7.7	23.0	119.0
21	104.3	87.6	16.7	50.0	258.6	52.1	43.8	8.3	25.0	129.3
22	95.7	80.4	15.3	45.9	237.4	47.9	40.2	7.7	23.0	118.7
23	95.3	80.0	15.2	45.7	236.3	47.6	40.0	7.6	22.9	118.1
24	94.6	79.5	15.1	45.4	234.6	47.3	39.7	7.6	22.7	117.3
25	100.6	84.5	16.1	48.3	249.6	50.3	42.3	8.1	24.2	124.8
26	95.8	80.5	15.3	46.0	237.7	47.9	40.2	7.7	23.0	118.8
27	95.5	80.2	15.3	45.8	236.9	47.8	40.1	7.6	22.9	118.4
28	94.7	79.6	15.2	45.5	234.9	47.4	39.8	7.6	22.7	117.4
29	96.8	81.3	15.5	46.5	240.0	48.4	40.6	7.7	23.2	120.0
30	93.7	78.7	15.0	45.0	232.3	46.8	39.3	7.5	22.5	116.1
31	95.8	80.5	15.3	46.0	237.7	47.9	40.2	7.7	23.0	118.8
32	95.7	80.4	15.3	45.9	237.3	47.8	40.2	7.7	23.0	118.6
33	96.0	80.7	15.4	46.1	238.2	48.0	40.3	7.7	23.0	119.1
34	98.6	82.8	15.8	47.3	244.5	49.3	41.4	7.9	23.7	122.3
35	105.7	88.8	16.9	50.7	262.1	52.8	44.4	8.5	25.4	131.0
36	100.0	84.0	16.0	48.0	247.9	50.0	42.0	8.0	24.0	124.0
37	84.8	71.2	13.6	40.7	210.2	42.4	35.6	6.8	20.3	105.1
38	94.2	79.1	15.1	45.2	233.7	47.1	39.6	7.5	22.6	116.8

39	90.0	75.6	14.4	43.2	223.2	45.0	37.8	7.2	21.6	111.6
40	108.6	91.2	17.4	52.1	269.2	54.3	45.6	8.7	26.1	134.6
41	98.2	82.5	15.7	47.2	243.6	49.1	41.3	7.9	23.6	121.8
42	103.8	87.2	16.6	49.8	257.5	51.9	43.6	8.3	24.9	128.7
43	99.1	83.2	15.9	47.6	245.7	49.5	41.6	7.9	23.8	122.8
44	97.2	81.7	15.6	46.7	241.1	48.6	40.8	7.8	23.3	120.6
45	100.2	84.2	16.0	48.1	248.6	50.1	42.1	8.0	24.1	124.3
46	102.7	86.3	16.4	49.3	254.8	51.4	43.1	8.2	24.7	127.4
47	95.9	80.6	15.3	46.0	237.8	48.0	40.3	7.7	23.0	118.9
48	91.4	76.8	14.6	43.9	226.8	45.7	38.4	7.3	21.9	113.4
49	98.2	82.5	15.7	47.1	243.6	49.1	41.2	7.9	23.6	121.8
50	94.3	79.2	15.1	45.3	233.9	47.2	39.6	7.5	22.6	117.0
51	95.0	79.8	15.2	45.6	235.6	47.5	39.9	7.6	22.8	117.8
52	97.8	82.2	15.6	46.9	242.6	48.9	41.1	7.8	23.5	121.3
53	98.7	82.9	15.8	47.4	244.8	49.3	41.5	7.9	23.7	122.4
54	89.2	74.9	14.3	42.8	221.2	44.6	37.5	7.1	21.4	110.6
55	99.6	83.7	15.9	47.8	247.0	49.8	41.8	8.0	23.9	123.5
P.	96.8	81.3	15.5	46.5	240.1	48.4	40.7	7.7	23.2	120.1

Anexo 5. Datos de parcelas de cobertura mixto denso.

No	Biomasa TM/ha					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	455.6	150.1	52.7	158.0	816.5	235.5	77.3	27.2	81.6	421.7
2	457.0	150.2	52.8	158.4	818.4	236.2	77.4	27.3	81.8	422.7
3	460.7	149.9	53.1	159.3	822.9	238.2	77.2	27.4	82.3	425.1
4	447.1	147.4	51.7	155.1	801.2	231.1	75.9	26.7	80.1	413.8
5	412.0	144.5	48.4	145.2	750.2	212.7	74.2	25.0	74.9	386.7
6	413.6	141.6	48.3	144.8	748.3	213.6	72.8	24.9	74.7	386.1
7	512.3	159.7	58.4	175.3	905.8	265.1	82.5	30.2	90.7	468.5
8	422.1	159.7	50.6	151.8	784.2	217.5	81.8	26.0	78.1	403.4
9	414.4	157.9	49.8	149.3	771.3	213.5	80.8	25.6	76.8	396.7
10	399.0	159.8	48.6	145.8	753.2	205.3	81.6	24.9	74.8	386.7
11	470.8	155.6	54.5	163.4	844.2	243.3	80.1	28.1	84.4	435.9
12	439.0	145.7	50.8	152.5	788.1	226.9	75.0	26.3	78.8	406.9
13	442.2	146.8	51.2	153.7	793.9	228.5	75.6	26.4	79.3	409.9
14	421.6	143.3	49.1	147.4	761.4	217.8	73.7	25.3	76.0	392.9
15	425.7	141.0	49.3	147.9	763.9	220.0	72.6	25.4	76.3	394.5
16	371.6	138.9	44.4	133.2	688.1	191.6	71.1	22.8	68.5	354.1
17	288.6	99.8	33.8	101.3	523.4	149.0	51.3	17.4	52.2	269.9
18	449.0	149.7	52.1	156.2	806.9	232.0	77.1	26.9	80.6	416.6

19	419.9	161.1	50.5	151.6	783.1	216.3	82.4	26.0	77.9	402.6
20	394.2	149.3	47.3	141.8	732.5	203.1	76.4	24.3	72.9	376.8
21	431.7	149.4	50.5	151.6	783.2	222.9	76.8	26.1	78.2	403.9
22	449.7	145.3	51.7	155.2	802.0	232.5	74.9	26.7	80.2	414.4
23	377.1	146.4	45.5	136.6	705.6	194.2	74.9	23.4	70.2	362.7
24	504.4	167.2	58.4	175.2	905.1	260.7	86.1	30.2	90.5	467.4
25	448.3	149.8	52.0	156.0	806.1	231.7	77.1	26.8	80.5	416.1
26	484.1	152.6	55.4	166.1	858.2	250.5	78.8	28.6	85.9	443.8
27	466.1	149.5	53.5	160.6	829.7	241.0	77.1	27.7	83.0	428.8
28	440.9	150.7	51.4	154.3	797.4	227.7	77.5	26.5	79.6	411.4
29	526.3	181.4	61.5	184.6	953.9	271.8	93.3	31.7	95.2	492.0
30	502.9	174.6	58.9	176.7	913.2	259.6	89.7	30.4	91.1	470.9
31	563.1	184.5	65.0	195.0	1007.7	291.1	95.1	33.6	100.7	520.5
32	521.9	171.1	60.3	180.8	934.0	269.8	88.2	31.1	93.4	482.5
33	519.3	163.4	59.4	178.1	920.1	268.7	84.4	30.7	92.1	475.8
34	539.2	174.1	62.0	186.1	961.4	278.8	89.8	32.1	96.2	496.8
35	513.0	158.3	58.4	175.1	904.7	265.5	81.8	30.2	90.6	468.1
36	509.3	170.3	59.1	177.3	916.0	263.2	87.7	30.5	91.5	472.9
37	535.4	165.3	60.9	182.8	944.4	277.1	85.4	31.5	94.6	488.6
38	519.0	161.4	59.2	177.5	917.1	268.6	83.4	30.6	91.8	474.4
39	465.4	153.5	53.8	161.5	834.2	240.6	79.1	27.8	83.4	430.8
40	468.2	152.4	54.0	161.9	836.4	242.1	78.5	27.9	83.6	432.1
41	382.3	167.2	47.8	143.3	740.6	196.2	85.1	24.5	73.4	379.2
42	454.4	152.4	52.8	158.3	817.9	234.8	78.5	27.2	81.7	422.2
43	391.1	156.1	47.6	142.8	737.6	201.3	79.8	24.4	73.3	378.8
44	420.6	164.3	50.9	152.6	788.3	216.6	84.0	26.1	78.4	405.1
45	500.8	167.1	58.1	174.2	900.2	258.8	86.0	30.0	89.9	464.7
46	538.6	167.8	61.4	184.3	952.2	278.7	86.7	31.8	95.3	492.5
47	520.7	163.9	59.5	178.6	922.7	269.4	84.6	30.8	92.3	477.1
48	549.0	170.3	62.5	187.6	969.5	284.1	88.0	32.4	97.1	501.5
49	510.8	170.7	59.3	177.8	918.6	263.9	87.9	30.6	91.8	474.2
50	550.5	169.4	62.6	187.8	970.3	284.9	87.6	32.4	97.2	502.1
51	466.9	173.7	55.7	167.1	863.5	240.7	89.0	28.7	86.0	444.3
52	543.4	169.4	62.0	185.9	960.7	281.2	87.5	32.1	96.2	496.9
53	459.4	170.3	54.8	164.3	848.8	236.8	87.3	28.2	84.5	436.8
54	397.3	166.6	49.0	147.1	760.1	204.2	85.0	25.1	75.4	389.7
55	435.8	157.6	51.6	154.8	799.7	224.8	80.8	26.6	79.7	411.9
56	448.7	164.3	53.3	159.9	826.2	231.4	84.2	27.4	82.3	425.4
57	442.7	151.7	51.7	155.0	801.0	228.6	78.0	26.7	80.0	413.2
58	366.4	156.2	45.4	136.3	704.3	188.2	79.6	23.3	69.9	360.9
59	483.4	158.9	55.9	167.6	865.7	249.8	81.9	28.8	86.5	447.1
60	314.3	117.5	37.6	112.7	582.1	162.0	60.2	19.3	58.0	299.5

61	510.0	159.1	58.2	174.6	901.9	263.9	82.2	30.1	90.3	466.5
62	485.0	160.3	56.1	168.3	869.8	250.7	82.6	29.0	86.9	449.2
63	458.9	143.1	52.4	157.1	811.4	237.5	73.9	27.1	81.2	419.7
64	525.1	171.0	60.5	181.6	938.3	271.5	88.2	31.3	93.8	484.7
65	455.8	184.9	55.7	167.1	863.5	234.4	94.4	28.6	85.8	443.2
66	502.8	170.4	58.5	175.6	907.3	259.7	87.7	30.2	90.6	468.2
67	432.8	157.6	51.3	154.0	795.8	223.2	80.8	26.4	79.3	409.8
68	534.1	165.5	60.8	182.5	942.9	276.4	85.5	31.5	94.4	487.8
69	527.6	168.9	60.6	181.7	938.8	272.9	87.1	31.3	93.9	485.2
70	441.2	158.1	52.1	156.3	807.7	227.6	81.1	26.8	80.5	416.1
71	515.4	158.4	58.6	175.8	908.2	266.8	81.9	30.3	91.0	470.0
72	507.1	159.6	58.0	173.9	898.6	262.4	82.4	30.0	89.9	464.7
73	528.8	171.0	60.8	182.5	943.2	273.4	88.2	31.4	94.3	487.4
74	440.9	168.4	53.0	159.0	821.3	227.1	86.2	27.2	81.7	422.3
75	421.6	167.0	51.2	153.6	793.4	217.0	85.3	26.3	78.9	407.5
76	471.9	157.2	54.7	164.1	847.8	243.8	80.9	28.2	84.7	437.7
77	465.7	155.4	54.0	162.0	837.2	240.6	80.0	27.9	83.7	432.2
78	461.4	150.9	53.2	159.7	825.3	238.5	77.7	27.5	82.5	426.3
79	399.6	158.1	48.5	145.5	751.7	205.7	80.8	24.9	74.7	386.1
80	483.3	152.6	55.3	165.9	857.0	250.0	78.8	28.6	85.8	443.1
81	423.5	181.6	52.6	157.8	815.6	217.5	92.5	27.0	80.9	417.8
82	470.7	156.3	54.5	163.6	845.1	243.3	80.5	28.2	84.5	436.4
83	460.8	144.7	52.7	158.0	816.1	238.4	74.7	27.2	81.7	422.1
84	423.4	154.0	50.2	150.6	778.2	218.4	79.0	25.9	77.6	400.7
85	422.2	166.3	51.2	153.5	793.3	217.3	85.0	26.3	78.9	407.5
86	436.1	153.6	51.3	153.8	794.8	225.1	78.9	26.4	79.3	409.7
87	440.3	151.7	51.5	154.4	797.9	227.4	78.0	26.6	79.7	411.6
88	426.4	148.9	50.0	150.1	775.3	220.1	76.5	25.8	77.4	399.8
89	469.1	145.6	53.5	160.4	828.5	242.8	75.2	27.7	83.0	428.6
90	462.1	162.7	54.3	163.0	842.2	238.5	83.6	28.0	84.0	434.1
91	438.0	150.8	51.2	153.6	793.5	226.2	77.5	26.4	79.2	409.3
92	447.0	144.0	51.4	154.2	796.6	231.2	74.2	26.6	79.7	411.7
93	440.6	159.1	52.2	156.5	808.3	227.3	81.6	26.9	80.6	416.4
94	427.8	156.3	50.8	152.4	787.2	220.6	80.1	26.2	78.5	405.4
95	459.3	183.7	55.9	167.7	866.6	236.3	93.8	28.7	86.1	445.0
96	443.1	173.1	53.6	160.8	830.6	228.1	88.5	27.5	82.6	426.8
97	454.6	149.1	52.5	157.5	813.6	235.0	76.8	27.1	81.3	420.3
98	465.5	151.2	53.6	160.9	831.2	240.7	78.0	27.7	83.1	429.5
99	433.6	153.4	51.0	153.1	791.2	223.8	78.8	26.3	78.9	407.8
100	440.8	181.7	54.1	162.4	839.1	226.7	92.7	27.8	83.3	430.5
101	419.3	166.6	50.9	152.8	789.7	215.8	85.1	26.2	78.5	405.6
102	427.7	172.0	52.1	156.4	808.3	220.1	87.8	26.8	80.3	415.0

103	482.4	162.0	56.0	168.1	868.6	249.3	83.4	28.9	86.8	448.3
104	441.2	158.1	52.1	156.3	807.7	227.6	81.1	26.8	80.5	416.1
105	448.1	150.7	52.1	156.2	807.1	231.5	77.6	26.9	80.6	416.6
106	398.0	172.8	49.6	148.9	769.4	204.4	88.0	25.4	76.3	394.0
107	467.4	153.1	54.0	161.9	836.3	241.6	78.9	27.9	83.6	432.0
108	449.2	150.8	52.2	156.5	808.6	232.1	77.6	26.9	80.8	417.4
109	438.5	150.0	51.2	153.5	793.2	226.5	77.1	26.4	79.2	409.2
110	423.8	150.8	50.0	149.9	774.4	218.7	77.4	25.7	77.2	399.0
111	451.3	150.0	52.3	156.9	810.6	233.2	77.3	27.0	81.0	418.5
112	509.5	158.2	58.1	174.2	899.9	263.7	81.7	30.0	90.1	465.5
113	525.3	168.2	60.3	180.9	934.7	271.7	86.8	31.2	93.5	483.1
114	465.4	175.7	55.7	167.2	864.1	239.8	90.0	28.7	86.0	444.5
115	550.9	168.9	62.6	187.8	970.2	285.2	87.3	32.4	97.2	502.1
116	492.3	154.5	56.2	168.7	871.7	254.7	79.8	29.1	87.3	450.8
117	531.3	171.7	61.1	183.4	947.6	274.7	88.5	31.6	94.8	489.6
118	535.0	172.9	61.6	184.7	954.2	276.7	89.2	31.8	95.4	493.1
119	495.3	179.2	58.7	176.0	909.1	255.5	91.9	30.2	90.6	468.2
120	509.0	175.2	59.5	178.5	922.2	262.8	90.1	30.7	92.1	475.7
121	438.3	159.3	52.0	155.9	805.4	226.0	81.7	26.8	80.3	414.8
122	534.8	165.6	60.9	182.7	944.0	276.8	85.6	31.5	94.5	488.4
123	510.6	163.9	58.6	175.9	909.0	264.0	84.5	30.3	90.9	469.8
124	487.2	179.5	58.0	173.9	898.5	251.2	92.0	29.8	89.5	462.5
125	566.0	173.4	64.3	192.9	996.6	293.0	89.6	33.3	99.8	515.7
126	540.1	169.9	61.7	185.2	956.9	279.5	87.7	31.9	95.8	494.9
127	542.8	174.0	62.3	187.0	966.1	280.7	89.8	32.2	96.6	499.3
128	459.4	169.6	54.7	164.1	847.9	236.9	86.9	28.2	84.5	436.4
129	475.3	165.0	55.7	167.0	863.0	245.4	84.8	28.7	86.1	445.0
130	456.8	147.5	52.6	157.7	814.6	236.2	76.1	27.2	81.5	420.9
131	480.2	150.3	54.8	164.5	849.9	248.5	77.6	28.4	85.1	439.5
132	457.2	147.1	52.6	157.7	814.6	236.4	75.9	27.2	81.5	421.0
133	399.6	158.1	48.5	145.5	751.7	205.7	80.8	24.9	74.7	386.1
134	480.0	149.7	54.8	164.3	848.8	248.4	77.3	28.3	85.0	439.0
135	442.5	167.6	53.1	159.2	822.4	228.0	85.8	27.3	81.9	423.0
136	466.0	150.2	53.6	160.7	830.5	241.0	77.4	27.7	83.1	429.2
137	441.4	145.9	51.1	153.2	791.6	228.0	75.3	26.4	79.1	408.7
138	509.8	166.2	58.8	176.4	911.2	263.6	85.7	30.4	91.1	470.7
139	425.1	169.5	51.7	155.1	801.5	218.8	86.6	26.6	79.7	411.6
140	468.8	146.7	53.5	160.6	829.5	242.6	75.8	27.7	83.0	429.0
141	489.0	162.7	56.7	170.0	878.3	252.7	83.8	29.3	87.8	453.5
142	460.0	156.4	53.6	160.8	830.8	237.6	80.4	27.7	83.0	428.7
143	490.8	154.6	56.1	168.4	869.9	253.9	79.8	29.0	87.1	449.8
144	483.8	156.3	55.7	167.0	862.8	250.2	80.6	28.8	86.3	445.9

145	548.0	169.6	62.4	187.2	967.1	283.6	87.6	32.3	96.8	500.4
146	549.6	173.8	62.9	188.7	975.0	284.3	89.7	32.5	97.6	504.1
P.	465.7	159.4	54.4	163.1	842.5	240.5	82.0	28.0	84.1	434.7

Anexo 6. Datos de parcelas de cobertura mixto ralo.

No	Biomasa TM/ha					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	61.6	21.0	7.2	21.6	111.4	31.8	10.8	3.7	11.1	57.5
2	61.1	19.7	7.0	21.1	108.9	31.6	10.1	3.6	10.9	56.3
3	44.5	15.7	5.2	15.7	81.2	23.0	8.1	2.7	8.1	41.9
4	44.6	15.5	5.2	15.7	81.0	23.0	7.9	2.7	8.1	41.8
5	42.3	14.1	4.9	14.7	76.0	21.9	7.2	2.5	7.6	39.2
6	44.3	16.7	5.3	15.9	82.3	22.8	8.6	2.7	8.2	42.3
7	34.5	15.9	4.4	13.1	67.8	17.7	8.1	2.2	6.7	34.7
8	39.4	14.3	4.7	14.0	72.3	20.3	7.3	2.4	7.2	37.2
9	44.0	13.9	5.0	15.1	78.0	22.8	7.2	2.6	7.8	40.3
10	41.9	14.6	4.9	14.7	76.2	21.7	7.5	2.5	7.6	39.3
11	47.4	16.1	5.5	16.6	85.6	24.5	8.3	2.8	8.5	44.2
12	58.9	17.6	6.6	19.9	103.1	30.5	9.1	3.4	10.3	53.4
13	41.9	15.3	5.0	14.9	77.1	21.6	7.9	2.6	7.7	39.7
14	43.9	16.5	5.2	15.7	81.4	22.6	8.4	2.7	8.1	41.9
15	55.0	18.0	6.4	19.1	98.4	28.4	9.3	3.3	9.8	50.8
16	41.9	13.2	4.8	14.4	74.3	21.7	6.8	2.5	7.4	38.4
17	32.9	17.0	4.3	13.0	67.3	16.8	8.6	2.2	6.6	34.3
18	45.2	13.8	5.1	15.4	79.6	23.4	7.1	2.7	8.0	41.2
19	52.6	18.0	6.1	18.4	95.1	27.2	9.2	3.2	9.5	49.1
20	47.8	14.8	5.4	16.3	84.4	24.8	7.6	2.8	8.5	43.7
21	49.2	15.3	5.6	16.8	86.9	25.5	7.9	2.9	8.7	45.0
22	52.6	16.3	6.0	18.0	92.9	27.2	8.4	3.1	9.3	48.1
23	46.0	14.6	5.3	15.8	81.7	23.8	7.6	2.7	8.2	42.3
24	51.2	16.4	5.9	17.6	91.1	26.5	8.5	3.0	9.1	47.1
25	52.0	17.6	6.0	18.1	93.7	26.8	9.0	3.1	9.4	48.4
26	46.0	21.3	5.8	17.5	90.7	23.6	10.8	3.0	9.0	46.3
27	49.3	18.0	5.9	17.6	90.7	25.4	9.2	3.0	9.0	46.7
28	59.0	19.8	6.9	20.6	106.3	30.5	10.2	3.5	10.6	54.9
29	64.8	20.9	7.4	22.3	115.5	33.5	10.8	3.8	11.5	59.7
30	49.3	21.6	6.2	18.5	95.6	25.3	11.0	3.2	9.5	48.9
31	51.1	20.3	6.2	18.6	96.3	26.3	10.4	3.2	9.6	49.4
32	46.3	16.6	5.5	16.4	84.9	23.9	8.5	2.8	8.5	43.7
33	51.4	18.1	6.0	18.1	93.7	26.5	9.3	3.1	9.3	48.3

34	51.1	21.1	6.3	18.8	97.3	26.3	10.7	3.2	9.7	49.9
35	53.1	19.8	6.3	19.0	98.4	27.4	10.2	3.3	9.8	50.6
36	46.5	16.5	5.5	16.4	84.9	24.0	8.5	2.8	8.5	43.8
37	53.7	22.9	6.7	20.0	103.2	27.6	11.7	3.4	10.2	52.9
38	46.6	18.0	5.6	16.9	87.1	24.0	9.2	2.9	8.7	44.8
39	34.2	12.7	4.1	12.2	63.2	17.6	6.5	2.1	6.3	32.5
40	64.8	21.3	7.5	22.5	116.1	33.5	11.0	3.9	11.6	60.0
41	46.7	18.9	5.7	17.1	88.5	24.0	9.7	2.9	8.8	45.4
P.	48.6	17.3	5.7	17.2	88.8	25.1	8.9	3.0	8.9	45.7

Anexo 7. Datos de parcelas de cobertura de pastizal y/o agricultura.

No	Biomasa TM/ha					Carbono TM/ha				
	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total	Fust.	Ram.	Foll.	Raíc.	Total
1	15.9	10.1	2.3	6.8	35.0	8.0	5.1	1.1	3.4	17.7
2	10.8	9.0	1.7	5.2	26.7	5.4	4.5	0.9	2.6	13.3
3	16.1	13.5	2.6	7.7	39.8	8.0	6.7	1.3	3.9	19.9
4	22.5	14.2	3.2	9.6	49.4	11.4	7.1	1.6	4.8	25.0
5	40.4	14.3	4.8	14.3	73.7	20.9	7.3	2.5	7.4	38.0
6	17.8	14.9	2.8	8.5	44.1	8.9	7.5	1.4	4.3	22.0
7	16.1	8.0	2.1	6.3	32.5	8.2	4.1	1.1	3.2	16.6
8	9.8	8.2	1.6	4.7	24.3	4.9	4.1	0.8	2.4	12.2
9	10.2	8.6	1.6	4.9	25.4	5.1	4.3	0.8	2.5	12.7
10	12.9	10.8	2.1	6.2	31.9	6.4	5.4	1.0	3.1	15.9
11	12.2	10.3	2.0	5.9	30.3	6.1	5.1	1.0	2.9	15.1
12	26.9	10.2	3.2	9.7	50.0	13.9	5.2	1.7	5.0	25.7
13	19.4	13.0	2.8	8.5	43.7	9.8	6.5	1.4	4.3	22.1
14	29.3	11.5	3.5	10.6	54.9	15.1	5.9	1.8	5.5	28.2
15	25.8	10.4	3.1	9.4	48.8	13.3	5.3	1.6	4.8	25.0
16	22.3	10.3	2.8	8.5	44.0	11.4	5.2	1.5	4.4	22.5
17	16.5	13.8	2.6	7.9	40.8	8.2	6.9	1.3	4.0	20.4
18	9.9	8.3	1.6	4.8	24.6	5.0	4.2	0.8	2.4	12.3
19	36.9	23.6	5.3	15.8	81.5	18.7	11.9	2.7	8.0	41.2
20	11.3	9.5	1.8	5.4	28.0	5.7	4.7	0.9	2.7	14.0
21	31.7	13.5	3.9	11.8	60.9	16.3	6.9	2.0	6.0	31.2
22	12.4	10.4	2.0	5.9	30.7	6.2	5.2	1.0	3.0	15.3
23	14.5	9.6	2.1	6.3	32.5	7.3	4.8	1.1	3.2	16.4
24	15.1	12.7	2.4	7.2	37.4	7.5	6.3	1.2	3.6	18.7
25	11.6	9.7	1.9	5.6	28.7	5.8	4.9	0.9	2.8	14.4
P.	18.7	11.5	2.6	7.9	40.8	9.5	5.8	1.3	4.0	20.6

Anexo 8. Datos de regeneración para todos los tipos de cobertura.

Tipo de cobertura	No parcela	Biomasa TM/ha	Carbono TM/ha
Conífera denso	1	24.48	12.24
Conífera denso	10	0.00	0.00
Conífera denso	20	0.00	0.00
Conífera denso	30	0.00	0.00
Conífera denso	40	6.27	3.13
Conífera denso	50	0.00	0.00
Conífera ralo	1	1.97	0.98
Conífera ralo	10	0.00	0.00
Conífera ralo	20	0.00	0.00
Conífera ralo	30	14.53	7.26
Guamil	1	27.08	13.54
Guamil	10	10.03	5.01
Guamil	20	14.53	7.26
Latifoliado	1	12.97	6.48
Latifoliado	10	0.00	0.00
Latifoliado	20	4.38	2.19
Latifoliado	30	0.00	0.00
Latifoliado	40	0.00	0.00
Latifoliado	50	5.65	2.83
Mixto denso	1	0.00	0.00
Mixto denso	10	0.00	0.00
Mixto denso	20	17.37	8.69
Mixto denso	30	0.00	0.00
Mixto denso	40	0.00	0.00
Mixto denso	50	0.00	0.00
Mixto denso	60	13.27	6.64
Mixto denso	70	0.00	0.00
Mixto denso	80	0.00	0.00
Mixto denso	90	0.48	0.24
Mixto denso	100	34.04	17.02
Mixto denso	110	0.00	0.00
Mixto denso	120	0.00	0.00
Mixto denso	130	0.00	0.00
Mixto denso	140	0.00	0.00
Mixto ralo	1	1.78	0.89
Mixto ralo	10	0.00	0.00
Mixto ralo	20	0.32	0.16
Mixto ralo	30	13.98	6.99
Mixto ralo	40	0.00	0.00

Pastizal y/o agricultura	1	0.00	0.00
Pastizal y/o agricultura	10	7.06	3.53
Pastizal y/o agricultura	20	0.00	0.00
Pastizal y/o agricultura	25	0.00	0.00

Anexo 9. Datos de hojarasca para todos los tipos de cobertura.

Tipo de cobertura	No parcela	Biomasa TM/ha	Carbono TM/ha
Conífera denso	1	56.48	28.24
Conífera denso	10	60.48	30.24
Conífera denso	20	60.00	30.00
Conífera denso	30	61.16	30.58
Conífera denso	40	63.32	31.66
Conífera denso	50	66.28	33.14
Conífera ralo	1	4.56	2.28
Conífera ralo	10	5.88	2.94
Conífera ralo	20	8.12	4.06
Conífera ralo	30	4.48	2.24
Guamil	1	5.12	2.56
Guamil	10	5.28	2.64
Guamil	20	4.04	2.02
Latifoliado	1	15.56	7.78
Latifoliado	10	12.48	6.24
Latifoliado	20	13.96	6.98
Latifoliado	30	14.04	7.02
Latifoliado	40	17.92	8.96
Latifoliado	50	18.28	9.14
Mixto denso	1	52.80	26.40
Mixto denso	10	35.56	17.78
Mixto denso	20	31.04	15.52
Mixto denso	30	39.92	19.96
Mixto denso	40	51.28	25.64
Mixto denso	50	45.36	22.68
Mixto denso	60	56.92	28.46
Mixto denso	70	50.08	25.04
Mixto denso	80	49.56	24.78
Mixto denso	90	42.60	21.30
Mixto denso	100	63.24	31.62
Mixto denso	110	42.52	21.26
Mixto denso	120	59.92	29.96

Mixto denso	130	63.96	31.98
Mixto denso	140	58.56	29.28
Mixto ralo	1	4.64	2.32
Mixto ralo	10	4.04	2.02
Mixto ralo	20	3.96	1.98
Mixto ralo	30	5.32	2.66
Mixto ralo	40	4.44	2.22
Pastizal y/o agricultura	1	2.00	1.00
Pastizal y/o agricultura	10	2.56	1.28
Pastizal y/o agricultura	20	2.36	1.18
Pastizal y/o agricultura	25	1.64	0.82

Anexo 10. Datos de madera muerta para todos los tipos de cobertura.

Tipo de cobertura	No parcela	Biomasa TM/ha	Carbono TM/ha
Conífera denso	1	20.08	21.08
Conífera denso	10	17.33	27.33
Conífera denso	20	14.02	34.02
Conífera denso	30	16.47	46.47
Conífera denso	40	7.61	47.61
Conífera denso	50	23.91	73.91
Conífera ralo	1	6.24	7.24
Conífera ralo	10	4.10	14.10
Conífera ralo	20	12.13	32.13
Conífera ralo	30	8.64	38.64
Guamil	1	2.59	1.29
Guamil	10	7.29	3.64
Guamil	20	4.61	2.31
Latifoliado	1	39.92	19.96
Latifoliado	10	15.90	7.95
Latifoliado	20	33.03	16.52
Latifoliado	30	39.18	19.59
Latifoliado	40	9.42	4.71
Latifoliado	50	21.25	10.63
Mixto denso	1	38.71	19.36
Mixto denso	10	24.71	12.35
Mixto denso	20	31.25	15.62
Mixto denso	30	65.92	32.96
Mixto denso	40	72.19	36.10
Mixto denso	50	44.52	22.26

Mixto denso	60	16.05	8.03
Mixto denso	70	19.08	9.54
Mixto denso	80	11.08	5.54
Mixto denso	90	41.78	20.89
Mixto denso	100	46.41	23.20
Mixto denso	110	18.97	9.48
Mixto denso	120	30.92	15.46
Mixto denso	130	33.20	16.60
Mixto denso	140	43.38	21.69
Mixto ralo	1	4.40	2.20
Mixto ralo	10	3.77	1.89
Mixto ralo	20	16.80	8.40
Mixto ralo	30	5.81	2.91
Mixto ralo	40	16.11	8.05
Pastizal y/o agricultura	1	1.21	0.60
Pastizal y/o agricultura	10	0.58	0.29
Pastizal y/o agricultura	20	3.06	1.53
Pastizal y/o agricultura	25	2.28	1.14

Anexo 11. Coordenadas de parcelas del inventario.

No	X	Y	Cobertura	No	X	Y	Cobertura
1	316750	1601750	CD	185	317500	1607500	MD
2	310750	1605250	CD	186	317750	1607500	MD
3	311000	1605250	CD	187	318000	1607500	MD
4	311750	1605250	CD	188	317000	1607750	MD
5	311250	1605400	CD	189	317250	1607750	MD
6	311500	1605500	CD	190	317500	1607750	MD
7	311000	1605500	CD	191	318000	1607750	MD
8	311750	1605500	CD	192	319250	1607750	MD
9	311253	1605514	CD	193	310500	1608000	MD
10	311250	1605600	CD	194	310750	1608000	MD
11	311306	1605729	CD	195	311000	1608000	MD
12	310750	1605750	CD	196	317000	1608000	MD
13	311000	1605750	CD	197	319250	1608000	MD
14	311500	1605750	CD	198	319500	1608000	MD
15	310000	1606000	CD	199	310750	1608250	MD
16	310750	1606000	CD	200	311000	1608250	MD
17	311000	1606000	CD	201	317000	1608250	MD
18	311250	1606000	CD	202	317500	1608250	MD
19	310500	1606000	CD	203	319250	1608250	MD

20	311250	1606250	CD	204	319500	1608250	MD
21	309750	1606500	CD	205	310750	1608500	MD
22	310000	1607000	CD	206	311000	1608500	MD
23	322750	1609000	CD	207	319250	1608500	MD
24	323000	1609000	CD	208	319500	1608500	MD
25	322012	1609467	CD	209	319750	1608500	MD
26	321250	1610000	CD	210	310750	1608750	MD
27	321141	1610866	CD	211	311000	1608750	MD
28	321250	1613500	CD	212	319250	1608750	MD
29	321250	1613250	CD	213	319500	1608750	MD
30	321500	1613250	CD	214	319750	1608750	MD
31	321000	1613000	CD	215	318000	1608800	MD
32	321250	1613000	CD	216	310750	1609000	MD
33	321000	1612750	CD	217	311000	1609000	MD
34	321250	1612750	CD	218	319250	1609000	MD
35	321750	1612500	CD	219	319500	1609000	MD
36	322000	1612500	CD	220	323000	1609250	MD
37	321250	1612250	CD	221	310750	1609250	MD
38	321500	1612250	CD	222	311000	1609250	MD
39	316500	1607250	CD	223	317500	1609250	MD
40	316750	1607250	CD	224	319250	1609250	MD
41	316250	1607000	CD	225	322250	1609500	MD
42	316250	1606750	CD	226	322500	1609500	MD
43	316500	1606750	CD	227	323000	1609500	MD
44	310500	1606500	CD	228	310750	1609500	MD
45	316000	1606500	CD	229	311000	1609500	MD
46	316250	1606500	CD	230	317500	1609500	MD
47	316500	1606500	CD	231	317750	1609500	MD
48	310500	1606250	CD	232	318000	1609500	MD
49	311500	1606000	CD	233	319500	1609500	MD
50	311250	1605250	CD	234	320079	1609642	MD
51	314750	1601250	CR	235	310750	1609750	MD
52	316250	1601500	CR	236	311000	1609750	MD
53	316500	1601500	CR	237	318000	1609750	MD
54	317000	1601500	CR	238	319750	1609750	MD
55	317500	1601500	CR	239	320500	1610000	MD
56	320250	1601500	CR	240	321000	1610000	MD
57	314750	1601750	CR	241	318000	1610000	MD
58	319750	1601750	CR	242	321398	1610177	MD
59	318000	1602000	CR	243	321000	1610250	MD
60	320500	1602000	CR	244	321250	1610250	MD
61	319000	1602250	CR	245	317500	1610250	MD

62	319250	1602250	CR	246	317750	1610250	MD
63	320000	1602250	CR	247	318000	1610250	MD
64	319988	1602269	CR	248	318250	1610250	MD
65	318750	1602500	CR	249	320685	1610265	MD
66	319000	1602500	CR	250	321250	1610500	MD
67	319500	1602500	CR	251	317750	1610500	MD
68	319750	1602500	CR	252	318000	1610500	MD
69	320000	1602500	CR	253	317750	1610750	MD
70	320314	1602702	CR	254	318000	1610750	MD
71	319937	1602760	CR	255	320000	1610750	MD
72	319230	1602970	CR	256	320250	1610750	MD
73	311500	1605250	CR	257	321096	1610754	MD
74	309500	1605500	CR	258	317750	1611000	MD
75	310750	1606250	CR	259	318000	1611000	MD
76	320250	1603250	CR	260	320250	1611000	MD
77	320500	1603250	CR	261	317750	1611250	MD
78	320750	1603250	CR	262	320250	1611250	MD
79	321000	1603250	CR	263	320500	1611250	MD
80	321000	1603000	CR	264	320500	1612000	MD
81	307750	1607250	G	265	319250	1612500	MD
82	320500	1602250	G	266	319250	1612750	MD
83	309500	1605750	G	267	319250	1613000	MD
84	309500	1606000	G	268	319500	1613000	MD
85	307750	1606250	G	269	319250	1613250	MD
86	308250	1606250	G	270	319500	1613250	MD
87	309750	1606250	G	271	320500	1613500	MD
88	310000	1606250	G	272	320750	1613500	MD
89	307500	1606500	G	273	321000	1613500	MD
90	310750	1606500	G	274	320500	1613250	MD
91	308500	1606500	G	275	320750	1613250	MD
92	309500	1606750	G	276	321000	1613250	MD
93	307750	1607000	G	277	319250	1612250	MD
94	310250	1607000	G	278	319500	1612250	MD
95	311250	1607000	G	279	319750	1612250	MD
96	309500	1607000	G	280	320750	1612250	MD
97	309250	1607250	G	281	321000	1612250	MD
98	309500	1607250	G	282	317000	1612000	MD
99	320800	1610223	G	283	317250	1612000	MD
100	320750	1610250	G	284	317500	1612000	MD
101	309000	1605500	L	285	317750	1612000	MD
102	309250	1606000	L	286	318000	1612000	MD
103	310250	1606250	L	287	318250	1612000	MD

104	309500	1606500	L	288	319250	1612000	MD
105	311000	1606500	L	289	319500	1612000	MD
106	310250	1606500	L	290	319750	1612000	MD
107	307500	1606750	L	291	320750	1612000	MD
108	307750	1606750	L	292	321000	1612000	MD
109	308000	1606750	L	293	319250	1611750	MD
110	308250	1606750	L	294	319500	1611750	MD
111	310250	1606750	L	295	319750	1611750	MD
112	311250	1606750	L	296	320750	1611750	MD
113	309750	1607000	L	297	321000	1611750	MD
114	309250	1607000	L	298	314500	1610750	MD
115	310500	1607250	L	299	314750	1610750	MD
116	310500	1607500	L	300	314500	1610500	MD
117	310750	1607500	L	301	314750	1610500	MD
118	310500	1607750	L	302	317000	1601000	MR
119	310750	1607750	L	303	315000	1601250	MR
120	311000	1607750	L	304	315250	1601250	MR
121	320054	1609393	L	305	315500	1601250	MR
122	322671	1609649	L	306	317250	1601250	MR
123	320750	1610000	L	307	315750	1601500	MR
124	320957	1610170	L	308	316000	1601500	MR
125	320574	1610213	L	309	317250	1601500	MR
126	321008	1610419	L	310	317750	1601500	MR
127	321091	1610424	L	311	318000	1601500	MR
128	320884	1610706	L	312	316250	1601750	MR
129	321000	1610750	L	313	316500	1601750	MR
130	320000	1613000	L	314	317000	1601750	MR
131	319750	1612750	L	315	317250	1601750	MR
132	320000	1612750	L	316	317500	1601750	MR
133	320250	1612750	L	317	317750	1601750	MR
134	320500	1612750	L	318	318000	1601750	MR
135	321250	1612750	L	319	320250	1601750	MR
136	321500	1612750	L	320	320263	1601972	MR
137	319750	1612500	L	321	316750	1602000	MR
138	320000	1612500	L	322	317250	1602000	MR
139	320250	1612500	L	323	317500	1602000	MR
140	320500	1612500	L	324	317750	1602000	MR
141	321250	1612500	L	325	316250	1602250	MR
142	310000	1609750	L	326	316500	1602250	MR
143	310250	1609750	L	327	316750	1602250	MR
144	310250	1609250	L	328	317000	1602250	MR
145	309250	1608750	L	329	317250	1602250	MR

146	309500	1607750	L	330	317500	1602250	MR
147	309750	1607750	L	331	317750	1602250	MR
148	310000	1607750	L	332	318000	1602250	MR
149	310250	1607750	L	333	319750	1602250	MR
150	309500	1607500	L	334	320311	1602334	MR
151	309750	1607500	L	335	318250	1602500	MR
152	310000	1607500	L	336	319250	1602500	MR
153	310250	1607500	L	337	320250	1602500	MR
154	310250	1607250	L	338	320500	1602500	MR
155	310500	1606750	L	339	320500	1602750	MR
156	315750	1601250	MD	340	319698	1602807	MR
157	319000	1602000	MD	341	309750	1606000	MR
158	319750	1602000	MD	342	309750	1606500	MR
159	320000	1602000	MD	343	310127	1605147	P y/o A
160	311750	1605750	MD	344	311000	1606250	P y/o A
161	310250	1606000	MD	345	308250	1606500	P y/o A
162	311500	1606250	MD	346	312126	1606907	P y/o A
163	311750	1606500	MD	347	312650	1607777	P y/o A
164	311250	1606500	MD	348	317500	1601000	P y/o A
165	311500	1606500	MD	349	316250	1601250	P y/o A
166	310000	1606500	MD	350	313000	1602000	P y/o A
167	316750	1606500	MD	351	313000	1602500	P y/o A
168	317000	1606500	MD	352	313000	1603000	P y/o A
169	308500	1606750	MD	353	309956	1604999	P y/o A
170	310750	1606750	MD	354	310750	1605500	P y/o A
171	311250	1606750	MD	355	309250	1605750	P y/o A
172	316750	1606750	MD	356	309250	1605750	P y/o A
173	310500	1607000	MD	357	311630	1605918	P y/o A
174	310000	1607000	MD	358	308250	1606000	P y/o A
175	316500	1607000	MD	359	308750	1606000	P y/o A
176	316750	1607000	MD	360	311745	1606210	P y/o A
177	317000	1607000	MD	361	308000	1606250	P y/o A
178	309750	1607250	MD	362	309750	1606250	P y/o A
179	311000	1607250	MD	363	308750	1606250	P y/o A
180	310750	1607250	MD	364	308750	1606750	P y/o A
181	311250	1607500	MD	365	309250	1606750	P y/o A
182	311000	1607500	MD	366	309000	1607000	P y/o A
183	310750	1607500	MD	367	312665	1608472	P y/o A
184	317250	1607500	MD				

Donde: CD = conífera denso, CR = conífera ralo, G = guamil, L = latifoliado, MD = mixto denso, MR = mixto ralo, P y/o A = pastizal y/o agricultura

Anexo 12. Formato para toma de datos de campo.

parcela _____ Cobertura _____

Coordenadas: X _____ y _____

Parcela de 1000 m² (r=17.84m)

No	DAP (cm)	Altura (m) (tipos)	Especie (C ó L)	Observaciones

Sub parcela para hojarasca (marco de madera (0.5 mX0.5 m)).

Profundidad de la cama de hojarasca	Peso húmedo (kg)	Peso seco (Kg)

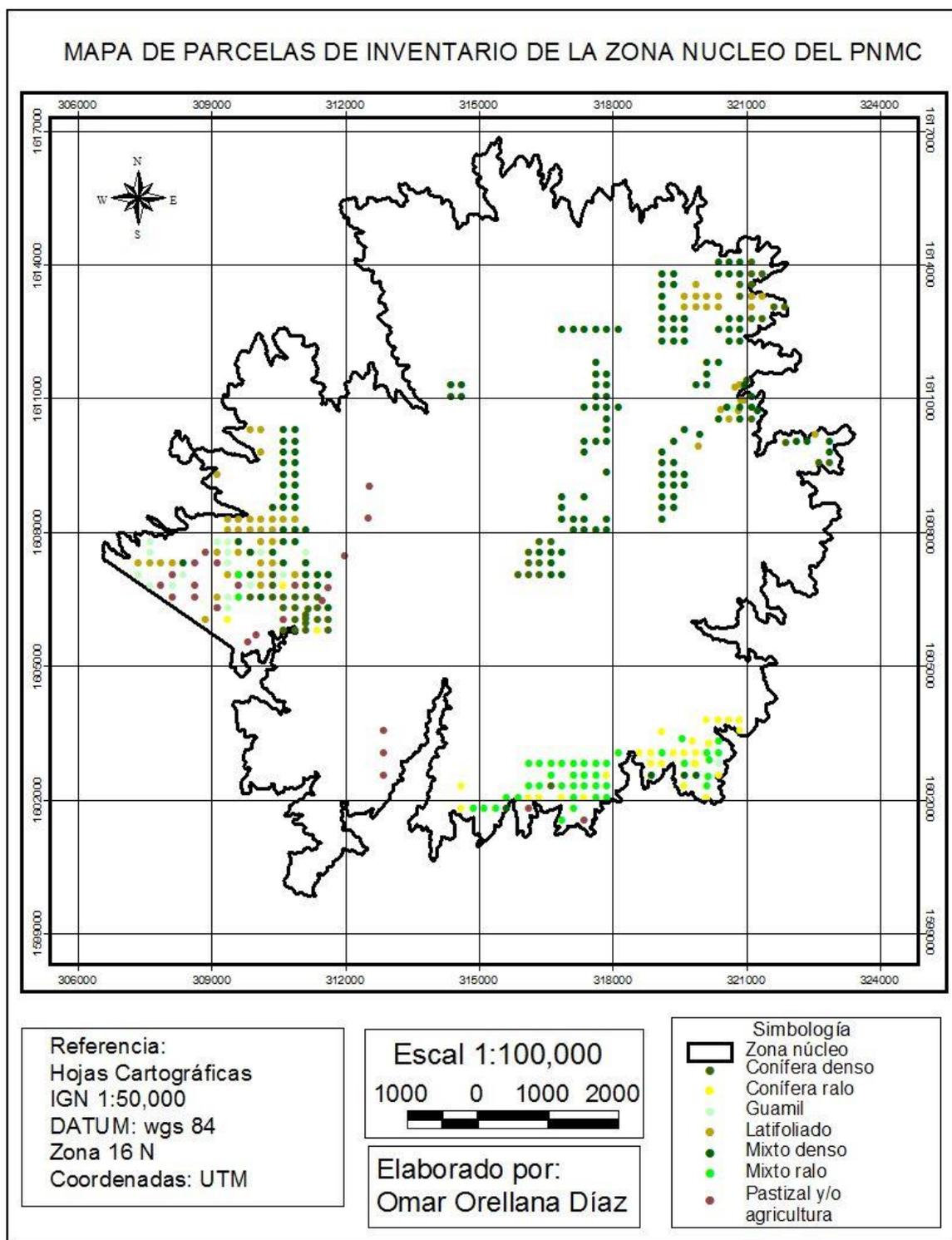
Sub parcela de regeneración 3.15m² (r= 1m)

No	Diámetro (cm)	Altura (m)

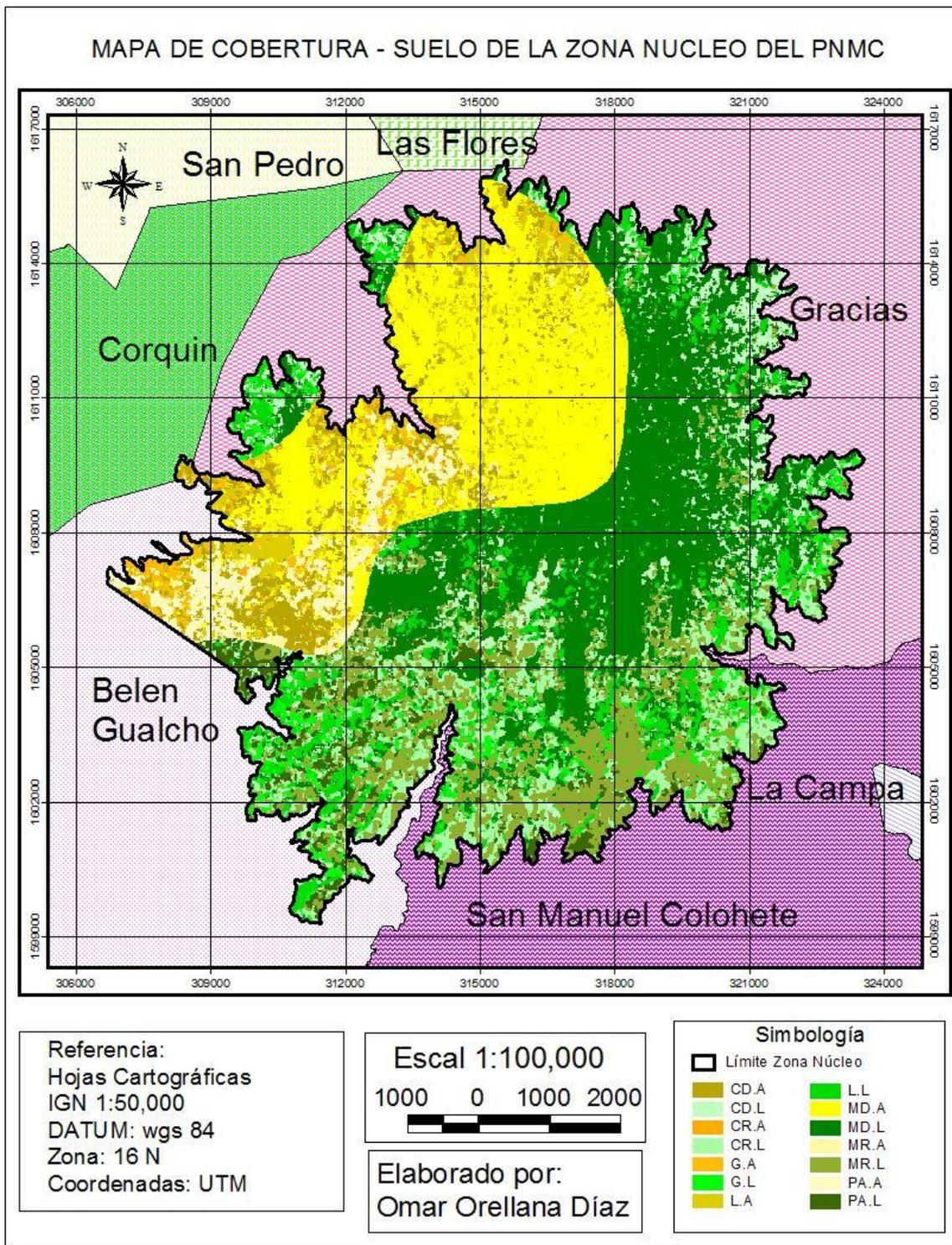
Transecto de madera muerta

No	Longitud del transecto	Diámetro (cm)	Descomposición (1, 2, 3)

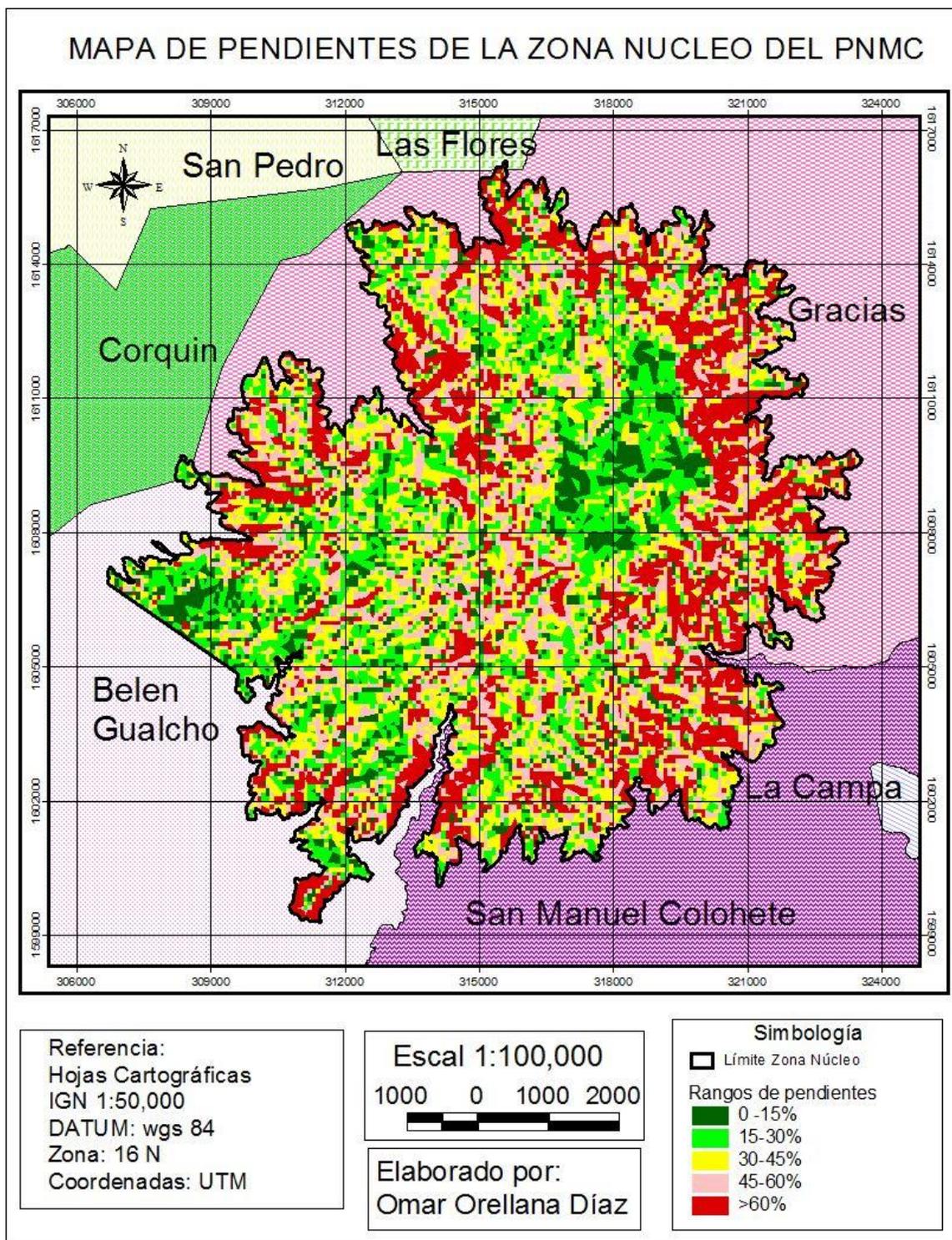
Anexo 13. Mapa de parcelas distribuidas por tipo de cobertura.



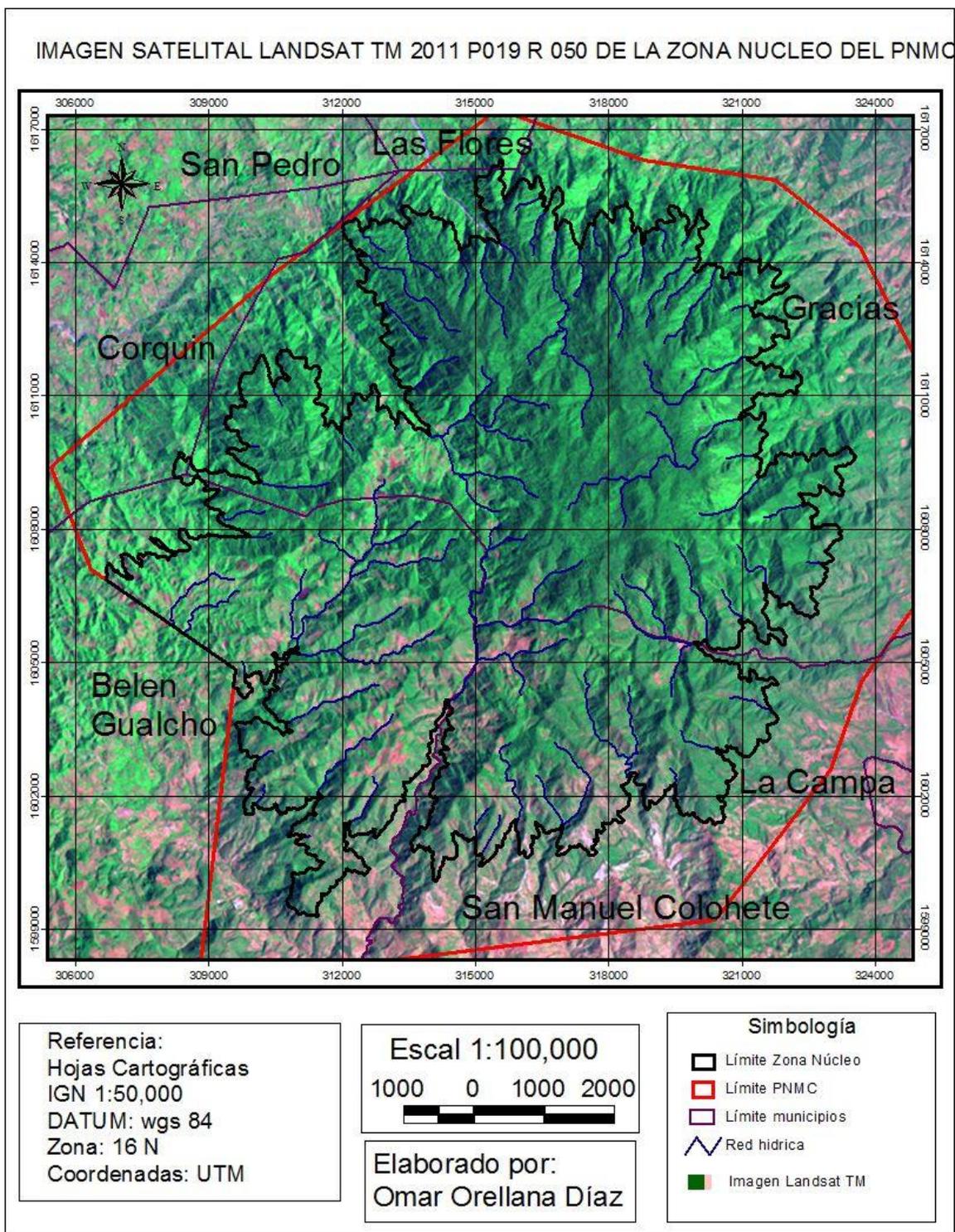
Anexo 14. Mapa de cobertura-suelo de la zona núcleo del PNMC.



Anexo 15. Mapa de pendientes de la zona núcleo del PNMC.



Anexo 16. Mapa de la imagen satelital utilizada para el estudio.



Anexo 17. Medición de diámetro de los árboles.



DECLARACIÓN

Yo, Omar Orellana Díaz, por este medio declaro que este estudio de investigación titulado, **ESTIMACIÓN DEL CARBONO ALMACENADO EN LA ZONA NÚCLEO DEL PARQUE NACIONAL MONTAÑA DE CELAQUE (PNMC) HONDURAS, UTILIZANDO LA TELEDETECCIÓN Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA** ha sido elaborado a través de mi propia iniciativa, y realizando la revisión de literatura de las referencias citadas.

Es de mi conocimiento que este estudio de investigación no es duplicado de ningún trabajo previamente presentado a una universidad, institución o casa de estudios superiores.

Omar Orellana Díaz

Siguatepeque, Comayagua

Noviembre, 2012