



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

**Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**Estructura, diversidad florística y estimación
de carbono almacenado en tres bosques del
municipio El Castillo, Río San Juan,
Nicaragua, 2012**

Autor

Br. Diego Lino Macario

Asesores

Ing. M.Sc. Eduwin Alonzo Serrano

Ing. M.Sc. Emelina Tapia Lorío

MANAGUA, NICARAGUA

Abril, 2014



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y
DEL AMBIENTE**

Tesis para optar al Título de Ingeniero Forestal

**Estructura, diversidad florística y estimación
de carbono almacenado en tres bosques del
municipio El Castillo, Río San Juan,
Nicaragua, 2012**

Autor

Br. Diego Lino Macario

Asesores

Ing. MSc Edwin Alonzo Serrano

Ing. MSc Emelina Tapia Lorío

Managua, Nicaragua

Abril, 2014

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al título profesional de:

Ingeniero Forestal



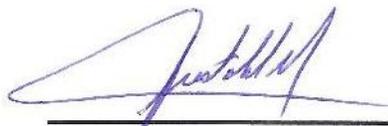
Dr. Guillermo Castro Marin

Presidente



Ing. Claudio Calero

Secretario



Lic. Cristóbal Medina

Vocal

Managua, Nicaragua

24 de abril de 2014

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE ANEXOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico	3
III MATERIALES Y METODOS	4
3.1. Datos generales del municipio de El Castillo	4
3.1.1. Rango de elevación	4
3.1.2. Tipos de suelos	4
3.1.3. Condiciones climáticas	4
3.1.4. Vegetación	4
3.1.5. Actividades económicas	5
3.2. Ubicación de las áreas de estudio	5
3.2.1. Finca La Primavera	6
3.2.2. Finca La Pavona	6
3.2.3. Finca La Perilla	6
3.3. Proceso metodológico	8
3.3.1. I Etapa: Planificación del trabajo	8
<i>Coordinación interinstitucional</i>	9
<i>Selección del sitio a evaluar</i>	9
<i>Diseño de muestreo forestal</i>	10
3.3.2. II Etapa: fase de campo (toma de información)	15
<i>Localización de las líneas de inventario y las parcelas de muestreo</i>	15
<i>Registro de la información o datos</i>	16
3.3.3. III. Etapa: Almacenamiento y procesamiento de datos.	16
<i>Cálculo de las variables estadísticas</i>	17
<i>Procesamiento para el análisis de composición florística</i>	18

	<i>Calculo de diversidad de especies</i>	20
	<i>Ecuación general para la estimación de carbono.</i>	22
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
	4.1. Composición florística	25
	4.1.1. Descripción de la vegetación	25
	4.2. Diversidad florística	33
	4.2.1. Riqueza y equidad	33
	4.3. Estructura horizontal	35
	4.3.1. Abundancia	35
	4.3.2. Área basal	36
	4.3.3. Volumen	37
	4.4. Contenido de carbono	38
	4.4.1. Finca La Primavera	38
	4.4.2. Finca La Pavona	41
	4.4.3. Finca La Perilla	43
V	CONCLUSIONES	46
VI	RECOMENDACIONES	47
VII	LITERATURA CITADA	48
VIII	ANEXOS	52

DEDICATORIA

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por estar con migo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

A mis padres Gregorio Lino Simion y Tomasa Frank López, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo, emocional, económico, psicológico, así como los principios y valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, a pesar de las dificultades y que con su esfuerzo es posible que hoy este plasmando estas palabras en mi trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Al presentar esta tesis quiero expresar mi agradecimiento a todos y todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo de investigación.

En primer lugar de manera especial les agradezco a mis compañeros de estudio Br. Luis Marcial González, Br. Yader Danilo Calix, Br. Camilo Solórzano y Maybelline Espinales; que con mucho esfuerzo y dedicación trabajamos para el levantamiento de datos de esta investigación. De igual forma a mi Padre Gregorio Lino Simión que con mucho sacrificio me ha apoyado brindándome las condiciones para poder culminar este trabajo.

También agradezco a los Coordinadores de la Fundación del Rio (FDR), en especial al Ing. Mario Mayorquín, Lic. Amaru Ruiz y al Ing. Deyling José Brenes, que contribuyeron a la realidad de este trabajo de tesis.

A mis asesores Ing. Msc. Emelina Tapia Lorío y Ing. Msc. Edwin Alonzo Serrano por el apoyo durante el transcurso y realización de este trabajo de tesis.

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Resultados estadísticos de las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012	18
2	Parámetros dendrométricos con su respectivo símbolo y unidad de medida, estudiados, El Castillo Rio San Juan, 2012	19
3	Resultados de familias, géneros y especies, identificados en cada una de las fincas evaluadas con intensidades de muestras diferentes, El Castillo Rio San Juan, 2012	26
4	Clasificación de las especies por tipo de especie y abundancia en las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012	28
5	Clasificaciones de 10 especies comerciales identificados en los tres sitios evaluados, El Castillo Rio San Juan, 2012	31
6	Clasificación de los individuos arbóreos inventariados en abundancia (ER, EPC y EA) por tipo de especie (valor comercial) comparado en cada una de las fincas (resultados en porcentaje), El Castillo Rio San Juan, 2012	33
7	Resultado de equidad (Shannon-Wiener), El Castillo, Rio San Juan, 2012	34
8	Resultados de abundancia, área basal y volumen por hectárea en cada una de las fincas evaluadas, El Castillo, Río San Juan, 2012	35
9	Resultados de abundancia, biomasa y carbono, por categoría diamétrica en La Primavera (resultados por ha), El Castillo Rio San Juan, 2012	39
10	Datos de abundancia, biomasa total y carbono almacenado, por categoría diamétrica en La Primavera, Castillo Rio San Juan, 201	39
11	Representación del almacenamiento de biomasa y carbono por categoría diamétrica en la Pavona, El Castillo Rio San Juan, 2012	41
12	Resultados de especies más representativos en el almacenamiento de biomasa y carbono en La Pavona, El Castillo Rio San Juan, 2012	43
13	Resultado de abundancia, biomasa y carbono por categoría diamétrica en La Perilla, El Castillo Rio San Juan, 2012	44
14	Representación de las especies más representativas por su almacenamiento de biomasa y carbono en La Perilla, El Castillo Rio San Juan, 2012	44

ÍNDICE DE FIGURA

FIGURA		PÁGINA
1	Ubicación geográfica de las tres fincas evaluadas en el municipio El Castillo, Río San Juan, 2012 (Fuente: MAGFOR/FDR, 2011).	7
2	Proceso metodológico implementado para la evaluación y estimación de carbono de las tres fincas ubicadas en El Castillo-Río San Juan, 2012.	8
3	Ubicación de las parcelas de muestreo en la finca La Primavera, comunidad Boca de Escalera, El Castillo Río San Juan, 2012, (Fuente: FDR, 2011).	13
4	Ubicación de las parcelas de muestreo en la finca La Pavona, comunidad Bijagua, El Castillo Río San Juan, 2012, (Fuente: FDR, 2011).	14
5	Ubicación de las parcelas de muestreo en la finca La Perilla, comunidad Bartola, El Castillo Río San Juan, 2012, (Fuente: FDR, 2011).	15
6	Comparación número de especie por área de muestreo en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.	27
7	Relación de las especie y número de muestra: A) La Primavera, B) La Pavona, C) La Perilla, El Castillo Río San Juan, 2012.	31
8	Riqueza de especies en cada una de las fincas evaluadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.	33
9	Distribución del número de árboles muestreados y por hectáreas por clase diamétrica en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.	36
10	Distribución de área basal (G), muestreado y por hectárea por clases diamétricas en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.	37
11	Distribución de volumen (V), muestreado y por hectárea por clases diamétricas en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.	38
12	Comparación de árboles y carbono por hectárea entre dos categorías diamétricas de la especie <i>Virola koschnyi</i> El Castillo, Río San Juan 2012.	40
13	Comportamiento de carbono almacenado (CA) respecto al volumen (V), El Castillo Río San Juan, 2012.	42

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO		PÁGINA
1	Formato de campo para el levantamiento de datos dendrométrico en las fincas asociadas a FDR/ISA, El Castillo Rio San Juan, 2012	53
2	Representación de la biomasa total y carbono almacenado entre las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012	53
3	Especies forestales identificadas en las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012	54
4	Clasificación de las especies forestales identificadas por su valor comercial y por su abundancia, El Castillo Rio San Juan, 2012	56
5	Relación volumen y almacenamiento de carbono en las tres fincas evaluadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.	58
6	Resultados de la relación entre abundancia (N) y categoría diamétrica (tipificado en tres grupos), en el almacenamiento de biomasa (BT) y carbono (CA) en La Perilla, El Castillo Rio San Juan, 2012	58

RESUMEN

La planificación y manejo integral de fincas es un modelo con tendencias productivas, en Nicaragua la ausencia de metodologías sencillas, flexibles, con alta factibilidad económica y confiabilidad de los resultados, es un factor determinante de la aceptación e implementación de los planes de manejo a nivel de finca. El presente estudio se realizó con la finalidad de contribuir información de metodología para inventarios forestales y resultados florísticos en el almacenamiento de carbono, en tres fincas productivas del bosque húmedo tropical del municipio El Castillo, Río San Juan. El estudio se estableció en tres etapas metodológicas: planificación de trabajo, fase de campo y almacenamiento de datos (procesamiento). Para cumplir los objetivos se implementó un inventario forestal por muestreo sistemático con diferentes intensidades de muestreo en cada finca, se establecieron parcelas de 10m x 50m (0.05 ha), para comparar la diversidad entre fincas se utilizó igual tamaño de parcelas (0.3 ha), mediante el índice de Margalef (riqueza) e índice de Shannon-Weiner (equidad), se analizó la estructura horizontal mediante el cálculo de abundancia, área basal y volumen por hectárea, para la estimación de carbono se optó por el método no destructivo utilizando la ecuación general de biomasa (Brown, 1997) y el factor de carbono según IPCC, 2005. Las variables estudiadas son: nombre botánico de la especie arbórea, DAP (1.30 m sobre el suelo) mayor a 10 cm y altura fustal. Se identificaron 31 familias botánicas, 57 géneros y 68 especies, las familias más representativas, según el número de especie son, Moraceae, Rubiaceae, Fabaceae, Sapotaceae, Anonaceae, Burseraceae, Cumbretaceae, Lauraceae, Meliaceae, Vochysiaceae, Mimosaceae, alta presencia de especies indicadoras de bosques alterados o secundarios y bajo número de especies comerciales. No obstante el estudio demuestra alta riqueza en las tres fincas sin diferencias significativas ($X^2= 0,916$; $P>0,05$) y baja equidad en La Pavona y La Perilla, por el contrario La Primavera presenta mejor representatividad de las especies. El bosque con mayor área basal y volumen (desarrollo estructural), fue La Pavona ($26.51 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ y $365.39 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), también almacenó mayor carbono por hectárea ($195.66 \text{ Mg C ha}^{-1}$), básicamente los resultado de carbono son similares entre las tres fincas (La Perilla con $184.38 \text{ Mg C ha}^{-1}$ y La Primavera con $192.21 \text{ Mg C ha}^{-1}$), también se encontró alta relación entre el estado de desarrollo (clases naturales de edades), abundancia, volumen y el almacenamiento de carbono por la alta cantidad de biomasa.

ABSTRACT

The planning and integrated farm management is a model with production trends in Nicaragua lack of simple, flexible methodologies, with high economic feasibility and reliability of results, is a determining factor for the acceptance and implementation of management plans at farm. The present study was undertaken with the aim of contributing information methodology for forest inventory and floristic results in carbon storage in three productive farms of the tropical rainforest of the municipality of El Castillo, Rio San Juan. The study was set in three methodological stages: planning work, phase field and data storage (processing). To meet the objectives of a forest inventory by systematic sampling with different sampling intensities on each farm was implemented, plots of 10m x 50m (0.05 ha) were established to compare the diversity between farms equally sized plots (0.3 ha) was used, by Margalef index (richness) and Shannon -Weiner index (equity), the horizontal structure was analyzed by calculating abundance, basal area and volume per hectare for estimating carbon opted for the non-destructive method using. General equation of biomass (Brown, 1997) and the carbon factor according to IPCC, 2005 the variables are: botanical name of the tree species, DBH (1.30 m above ground) greater than 10 cm and height fustal. 31 botanical families, 57 genera and 68 species, the most representative families were identified by the number of species are, Moraceae, Rubiaceae, Fabaceae, Sapotaceae, Annonaceae, Burseraceae, Cumbretaceae, Lauraceae, Meliaceae, Vochysiaceae, Mimosaceae, high presence of species indicator of disturbed or secondary forests and low number of commercial species. However the study shows high richness in the three farms without significant ($X^2 = 0.916$, $P > 0.05$) and low equity in La Pavona and Knob, conversely Spring has better representation of species. The forest with greater basal area and volume (structural development) was Pavona (26.51 m² ha⁻¹ and 365.39 m³ ha⁻¹), also stored more carbon per hectare (195.66 Mg C ha⁻¹), basically the result of carbon are similar among the three farms (La Perilla 184.38 Mg C ha⁻¹ and La Primavera with 192.21 Mg C ha⁻¹), also high relationship between the state of development (natural age classes), abundance, volume and were found carbon storage because a high amount of biomass.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques del trópico húmedo han sufrido grandes transformaciones en las últimas décadas, alterando la distribución y dispersión natural de la vegetación, así también el desequilibrio de los ecosistemas y como producto el efecto del cambio climático, Nicaragua es uno de los países de Centroamérica que posee grandes coberturas forestales, sin embargo la ausencia de una gestión y adopción de los sistemas productivos causa el deterioro paulatino de las riquezas naturales de importancia ambiental, social y económico (IICA, 2010).

Los bosques de Río San Juan desde el inicio del siglo pasado ha enfrentado cambios en la estructura, diversidad, así como la disminución de los bienes y servicios que generan estos bosques, basado a estos antecedentes en la actualidad las organizaciones en coordinación con las instituciones locales están implementando proyectos, programas en diferentes disciplinas enfocados a la conservación y sostenibilidad del recurso bosque (CATIE, 2004).

En los últimos años los procesos de certificación han adquirido importancia como mecanismo para mejorar el manejo y ordenación de los bosques, considerando los estudios forestales como herramienta para evaluar el estado del bosque desde el punto de vista ecológico, así como el establecimiento de manejo y aprovechamiento de productos y bienes de manera continua. Enfoques de estudio de estructura, diversidad y biomasa como carbono, posibilitan el análisis de los diferentes elementos del bosque garantizando el manejo y la planificación del manejo y la conservación de los bosques de río San Juan, que son de gran importancia por su ubicación geográfica y función como zona de conectividad entre los bosques de Nicaragua y Costa Rica, así como área de amortiguamiento de la RBIM (Reserva Biológica Indio Maíz) y del corredor biológico mesoamericano (CATIE, 2001).

El programa Inversión en la Sostenibilidad Ambiental (ISA), coordinado por la Fundación del Río (FDR), trabajan con 9 productores locales del municipio de El Castillo, para crear desarrollos sustentables vinculados al enfoque de ordenamiento territorial y la creación de reservas privadas silvestres, misma que vincula el aprovechamiento del servicio ambiental

(captura de carbono forestal) y conservación de biodiversidad, garantizando la mitigación de la fragmentación de los bosques de Río San Juan (FDR, 2012).

Según MARENA (2006), en la cuenca de Río San Juan, no existen datos confiables que describan las características y parámetros principales de las poblaciones arbóreas, estas tendencias apuntan la falta de estudios, con metodologías confiables basadas en análisis estadísticos. Ante estas necesidades la Fundación del Río, mediante el programa Inversión Sostenibilidad Ambiental y en coordinación con la Universidad Nacional Agraria, seleccionaron tres sitios de las 11 fincas que están bajo manejo, para evaluar tres bosques del municipio El Castillo, Río San Juan en base a la estructura (abundancia, área basal y volumen), diversidad (riqueza y equidad), así como estimación de la captura de carbono, utilizando el método no destructivo (Brown, 1997 y IPCC, 2005).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar la estructura, diversidad florística y carbono almacenado en el bosque tropical húmedo secundario del municipio El Castillo, Río San Juan, Nicaragua.

2.2. Objetivos específicos

1. Determinar la diversidad florística de las especies arbóreas en tres fincas del municipio El Castillo, Río San Juan.
2. Caracterizar la estructura horizontal del bosque en tres fincas del municipio El Castillo, Río San Juan.
3. Estimar el carbono fijado en la biomasa aérea y radical de la vegetación arbórea en tres fincas del municipio El Castillo, Río San Juan.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Datos generales del municipio de El Castillo

3.1.1. Rango de elevación

Las elevaciones del municipio El Castillo, Río San Juan oscilan entre 200 y 750 m.s.n.m, la mayor parte del área comprende elevaciones entre 0 y 200 m.s.n.m. (Castillo y Cáceres, 2009).

3.1.2. Tipos de suelos

Los suelos están influenciados por tipos de rocas de origen volcánico (terciarios), así como por acumulaciones de sedimentos recientes muy cercanos a los ríos (aluviales), son arcillosos, de color marrón y con abundante materia orgánica. Los grupos taxonómicos de suelos presentes en la zona son alfisoles, entisoles, inceptisoles, molisoles, oxisoles y ultisoles, predominando los entisoles y los ultisoles, los cuales ocupan más del 50% en el municipio (Castillo y Cáceres, 2009).

3.1.3. Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas de esta región son las más húmeda de Nicaragua, con precipitaciones anuales que oscilan entre 3500- 4000 mm en la parte occidental; hasta extremos de 5000- 6000 mm en la parte oriental, pluviosidad única en Nicaragua. La estación lluviosa se extiende por 9 ó 10 meses en las regiones más lluviosas y por 7-8 meses en las de menor precipitación. Puede identificarse una estación seca entre los meses de febrero a mayo con menor precipitación en el mes de marzo (MARENA/FUNDAR, 2006).

3.1.4. Vegetación

La cuenca de Río San Juan está ubicada en la región ecológica IV sector Sureste del Atlántico y según la clasificación de Holdridge que toma en cuenta las condiciones de temperatura y precipitación corresponden a bosque húmedo tropical y bosque muy húmedo tropical (FUNDAR, 2004).

En términos generales la cobertura vegetal puede ser caracterizada como bosque cerrado con aproximadamente 4 estratos, incluyendo las plantas herbáceas y una cobertura de dosel mayor del 75%, altura promedio aproximada del dosel de 30 metros, con algunos emergentes mayores de 40 metros y área basal promedio oscilando entre 35 y 40 m² ha⁻¹. (FUNDAR, 2004).

3.1.5. Actividades económicas

La principal actividad económica productiva en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio Maíz es la agricultura, produciéndose principalmente: frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.), musáceas (*Musa sp.*), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), malanga (*Colocasia esculenta* Schott), y quequisque (*Xanthosoma sagittifolium* Schott). En el área ha aumentado la actividad ganadera hasta el 6.38% del ganado del país. Además se han establecido desde los años 80, cultivos perennes como, cítricos (*Citrus aurantium* L y *Citrus aurantifolia* L) cacao (*Theobroma cacao* L.) entre otros, algunos a gran escala como la palma africana (*Elaeis guineensis* Jacq) (ProDeSoc, 2009).

3.2. Ubicación de las áreas de estudio

El estudio se desarrolló en el área de conservación de tres fincas La Primavera en la comunidad Boca de Escalera, La Pavona en la comunidad Bijagua y La Perilla en la comunidad Bartola, las tres comunidades están dentro de la zona de manejo e integrable del Corredor Biológico Local El Castillo-Río San Juan y en la zona de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz, políticamente ubicados en la jurisdicción del municipio El Castillo (Figura 1).

La ubicación y selección de las áreas estudiadas se origina dentro del programa de gestión ambiental de 11 fincas productivas para el aprovechamiento de pago por servicio ambiental (CO₂), que dirige la Fundación del Río en el municipio El Castillo, bajo esta membrecía se seleccionó 3 fincas de manera estratégica y sistemática, con la finalidad de extrapolar los datos de almacenamiento de carbono y un panorama general de la estructura y diversidad forestal de la unidades de manejo una vez concluido este estudio.

3.2.1. Finca La Primavera

Ubicado en la sub-cuenca del Río Santa Cruz, específicamente en las coordenadas geográficas 16 P 788950 E y 1231395 N, comunidad Boca de Escalera, al noreste del municipio de El Castillo, posee un área total de 27.15 ha, la cual está dividido en cuatro diferentes zonas de uso, un área de conservación aproximadamente de 10.96 ha, cultivo perenne 2.51 ha, cultivos anuales 3.42 ha y 10.25 ha de pasto (Figura 1).

3.2.2. Finca La Pavona

La finca La Pavona se ubica en la sub-cuenca del Río la Juana, en el sector 1 de la comunidad de Bijagua, en la parte sur-este del Municipio de Castillo, entre las coordenadas geográficas 16 P 793859 E y 1219554 N, posee tres zonas de uso con un total de 34.06 ha, las cuales están clasificados en área de conservación con 22.32 ha, área agrícola 1.96 ha y pasto 9.78 ha (Figura 1).

3.2.3. Finca La Perilla

La Perrilla, se ubica en sub-cuenca Río Bartola, comunidad Bartola en el sector Sur-este del municipio de Castillo, entre las coordenadas geográficas 16 P 790579 E y 1217156 N, posee un área total de 483.38 ha, de los cuales está estructurado en dos zonas de uso, 29.64 ha de pasto y 454.58 ha, como zona de conservación, de los cuales el área de estudio contempló 28.10 ha (Figura 1).

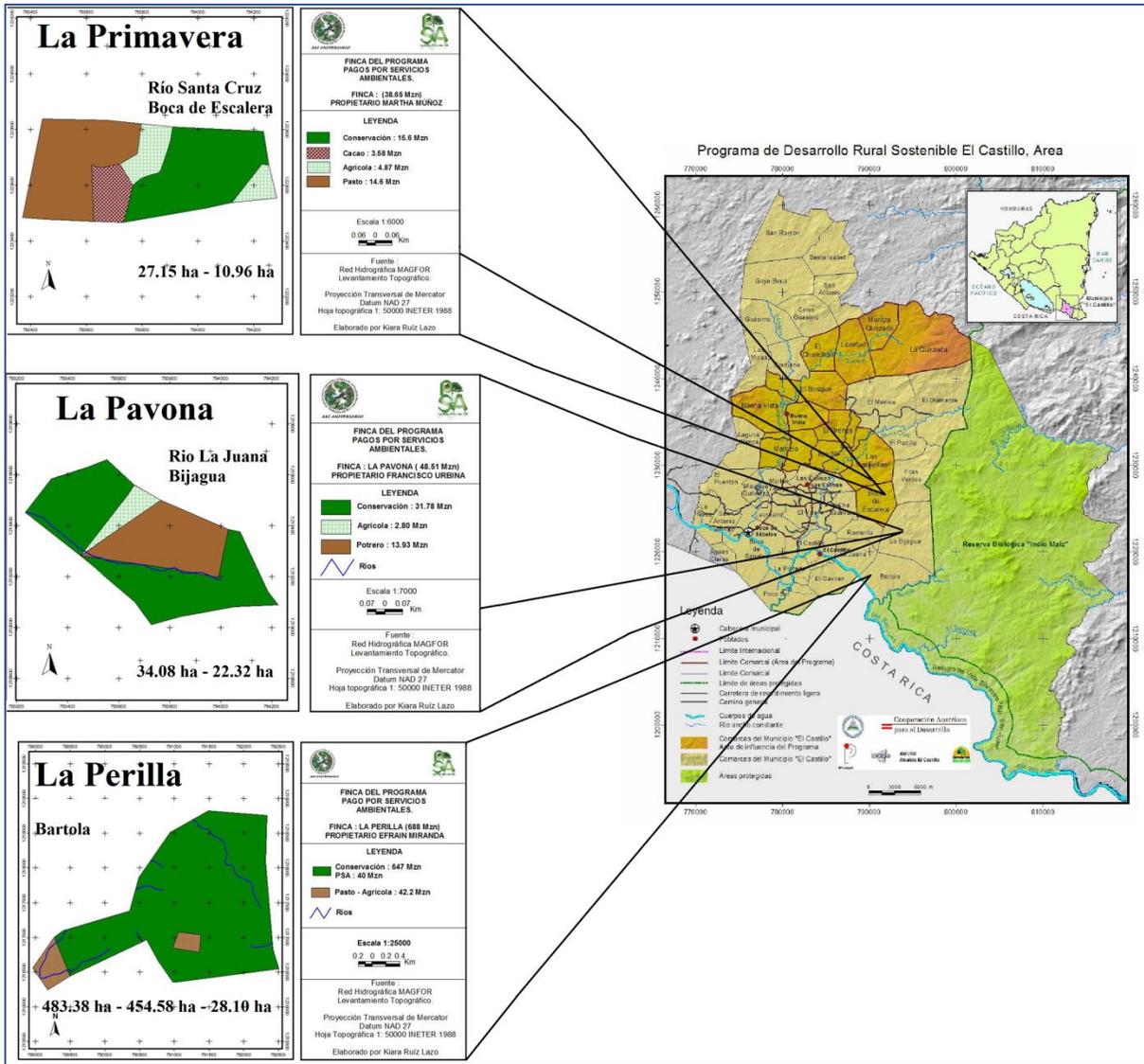


Figura 1. Ubicación geográfica de las tres fincas evaluadas en el municipio El Castillo, Río San Juan, 2012 (Fuente: MAGFOR/FDR, 2011).

3.3. Proceso metodológico

Para alcanzar los objetivos establecidos se establecieron tres etapas metodológicas (Figura 2), que vinculan procedimientos englobando desde la planificación hasta los resultados obtenidos, mismas que se mencionan a continuación:

I Etapa: Planificación del trabajo

II Etapa: Fase de campo (levantamiento de datos)

III. Etapa: Almacenamiento y procesamiento de datos

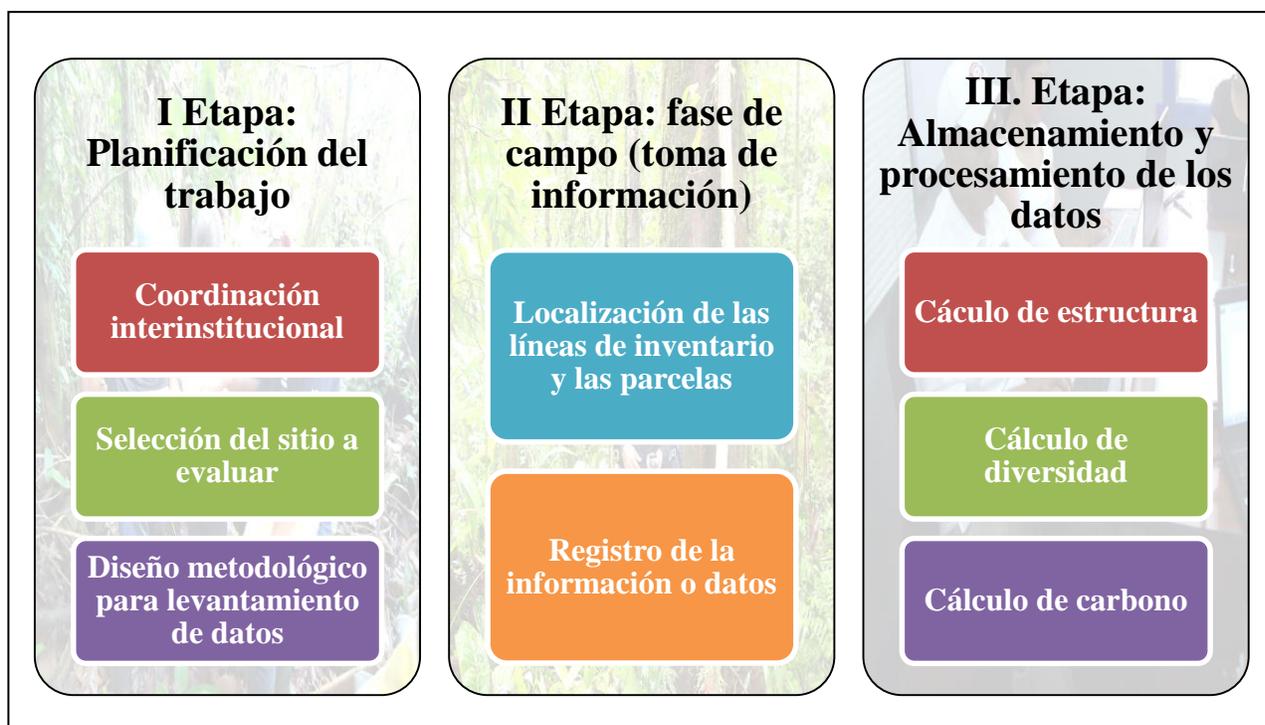


Figura 2. Proceso metodológico implementado para la evaluación y estimación de carbono de las tres fincas ubicadas en El Castillo-Río San Juan, 2012.

3.3.1. I Etapa: Planificación del trabajo

La primera etapa se enfoca en la planificación de los procesos de coordinación, misma que está estructurado en tres fases; Coordinación interinstitucional, Selección del sitio a evaluar y Diseño metodológico para levantamiento de datos.

a) *Coordinación interinstitucional*

La Fundación del Río (FDR), como coordinador del programa gestión en sostenibilidad ambiental (ISA), trabajan en el fomento y promoción de ordenamiento de fincas productivas para una producción sustentable de bienes y servicios ambientales (CO₂), garantizando un nuevo modelo de vida de los productores locales del Municipio El Castillo, como resultado en el periodo de 2006-2012, trabajan con 9 familias de 11 fincas con un área promedio de 200 ha de bosque.

Uno de los objetivos principales de la FDR/ISA, es la incorporación de las fincas aliadas como reserva privada silvestre que sistematiza el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ministerio de los Recursos Naturales y del Ambiente (SINAP/MARENA).

Bajo este enfoque de gestión se estableció una reunión con la Universidad Nacional Agraria (UNA-Managua) y la Fundación del Río (FDR), en el cual se concretó la necesidad de estudios enfocados en la evaluación de la estructura, diversidad florística y la captación de carbono forestal, en las áreas de conservación de tres fincas.

b) *Selección del sitio a evaluar*

Para la selección de las áreas de estudio se tipificó aspectos económicos, acceso a las áreas de estudio, tiempo, características ambientales, antecedentes de uso y ubicación geográfica, ya que las 11 fincas bajo manejo se encuentran en una estación ecológica y climática homogénea, que garantiza la eficacia de una técnica de muestreo relativo, de manera que los datos puedan ser extrapolable al resto de las fincas. Como resultado se seleccionó 3 fincas: La Primavera, La Pavona y La Perilla.

Aspecto económico: el costo es una variable de la eficiencia, en los inventarios forestales este aspecto es fuertemente limitativo porque, pequeños incrementos en precisión elevan considerablemente el costo al aumentar el tamaño de la muestra.

Acceso a las áreas de estudio: la falta y el estado de las vías de acceso fue un aspecto determinante para seleccionar las áreas de estudio, ya que, las vías de acceso en mal estado aumenta el tiempo de desplazamiento, incrementando el costo y la factibilidad del estudio.

Tiempo: según el plan para realizar la evaluación se programó en un mes la etapa de campo, este corto tiempo no se podía evaluar las 11 fincas, sino hacer una selección de fincas tomando en consideración los otros aspectos como acceso y aspecto económico.

Características ambientales y antecedentes de uso: de acuerdo a la ubicación geográfica de las fincas, están situado en la estación ecológica II, con características climáticas, edáficas y biodiversidad muy similar, de igual manera los antecedentes de uso y aprovechamiento, básicamente es homogéneo en esta zona, por lo tanto, era factible implementar una metodología relativo y relacionable al resto de las fincas.

c) Diseño de muestreo forestal

Para la selección de la metodología se tomó en cuenta criterios, basado al método (muestreo al azar y muestreo sistemático), grado de detalle (inventario de reconocimiento, exploratorio, semi-detallado y detallado), y de acuerdo con el objetivo (para potencial maderero, plan de extracción, plan de manejo, estudios de dinámica de bosques), para garantizar alta confiabilidad de los resultados, a la vez que sea ambientalmente adecuado y económicamente factible que cumpla con los objetivos establecidos.

Tomando en cuenta los criterios establecidos se decidió realizar un inventario forestal por muestreo sistemático en cada una de las fincas, que consiste en distribuir una red de parcelas ordenadas conforme a una geometría regular, sobre el área a muestrear. El ordenamiento de las parcelas puede ser rectangulares o cuadrado en la cual la primera parcela se ubica al azar y todas las demás automáticamente determinadas de la dicha parcela.

Este tipo de inventario garantiza recabar datos dendrométricos para el análisis estructural, diversidad florística, así como, la estimación de carbono forestal utilizando el método no

destruccion calculando la biomasa mediante la relación de volumen y densidad de cada una de las especies inventariadas. El inventario Forestal fue aplicado en las áreas de conservación en cada una de las fincas (figura 3, 4 y 5).

Tamaño y forma de las parcelas

En los inventarios forestales se utilizan diferentes tamaño y forma de parcela para obtener estimaciones aceptables de un parámetro dendrométrico en particular, sin embargo, la precisión y el costo puede variar significativamente el tipo de parcelas a utilizar. La forma de parcela está relacionado al tipo de monte (artificial o natural) y distribución (regular o irregular), así como las clases naturales de edades, las parcelas circulares y cuadradas obedecen más a plantaciones y las rectangulares a montes naturales. Obedeciendo a las particularidades y la eficacia de la forma de las unidades de muestreo (parcelas), se decidió trabajar con parcelas rectangulares de 10 m de ancho y 50 m de largo equivalente a 500 m².

Numero de las parcelas

El número de parcelas se refiere al área total a inventariar, expresados en parcelas de un tamaño definido. Existen diferentes métodos para definir el número de parcelas, entre ellas las más utilizadas en los bosques húmedos tropicales son: relación área-especie, intensidad de muestreo y error de muestreo. Cada uno de ellos obedece a características particulares tanto de la variabilidad del bosque como del tamaño y forma de las parcelas (CATIE, 2001).

Para poder calcular el número de parcelas en función del error de muestreo, se debe conocer primero un estimado de la desviación estándar de la población y un estimado de la media poblacional utilizando resultados de bosques similares o haciendo un muestreo preliminar, los cuales nos permiten calcular el coeficiente de variación, con este dato se establece un error máximo para determinar las parcelas necesarias en una población.

Por el contrario la intensidad de muestreo básicamente es la relación entre el tamaño del área a muestrear y el área total de la población, esta relación es representada en valor porcentual, según Dauber 1995, para los bosques de Bolivia propone evaluar siempre 100 unidades de

muestreo, el tamaño de las parcelas de inventario dependerá del tamaño del bosque. Básicamente ambos métodos buscan recoger datos cercanos a la media real de la población, apegado al error de muestreo establecido para cada país.

Para realizar este estudio se utilizó la intensidad de muestreo para definir el número de parcelas, ya que, no se contaba con información de inventarios forestales, que reflejaran los parámetros y variables que se necesita para calcular el coeficiente de variación, por lo tanto mediante la relación porcentual del área inventariado y el área poblacional se definió el número de parcela, utilizando la siguiente ecuación:

$$IM = \frac{n * a}{A} * 100$$

Donde:

IM: Intensidad de Muestreo (%)

n: Numero de las parcelas

a: Área de la cada una de las parcelas (ha)

A: Área total del bosque (ha)

La Primavera

$$IM = \frac{6 * 0.05 \text{ ha}}{10.9 \text{ ha}} * 100 = 2.7 \%$$

La Pavona

$$IM = \frac{10 * 0.05 \text{ ha}}{22.32 \text{ ha}} * 100 = 2.2 \%$$

La Perilla

$$IM = \frac{12 * 0.05 \text{ ha}}{28.10 \text{ ha}} * 100 = 2.1 \%$$

Diseño de inventario forestal en la finca La Primavera

Se estableció una línea base de manera estratégico de un punto conocido y representativo del área, orientado de Oeste a Este, con un azimut de 100° y una distancia 300 m, (figura 3); de manera perpendicular a la línea base se establecieron tres líneas de inventario en dirección sur a norte, con una distancia de 50 m entre línea de inventario y 50 m entre centro de cada parcela, proyectando un total de 6 parcelas, con una intensidad de muestreo de 2.7 %.

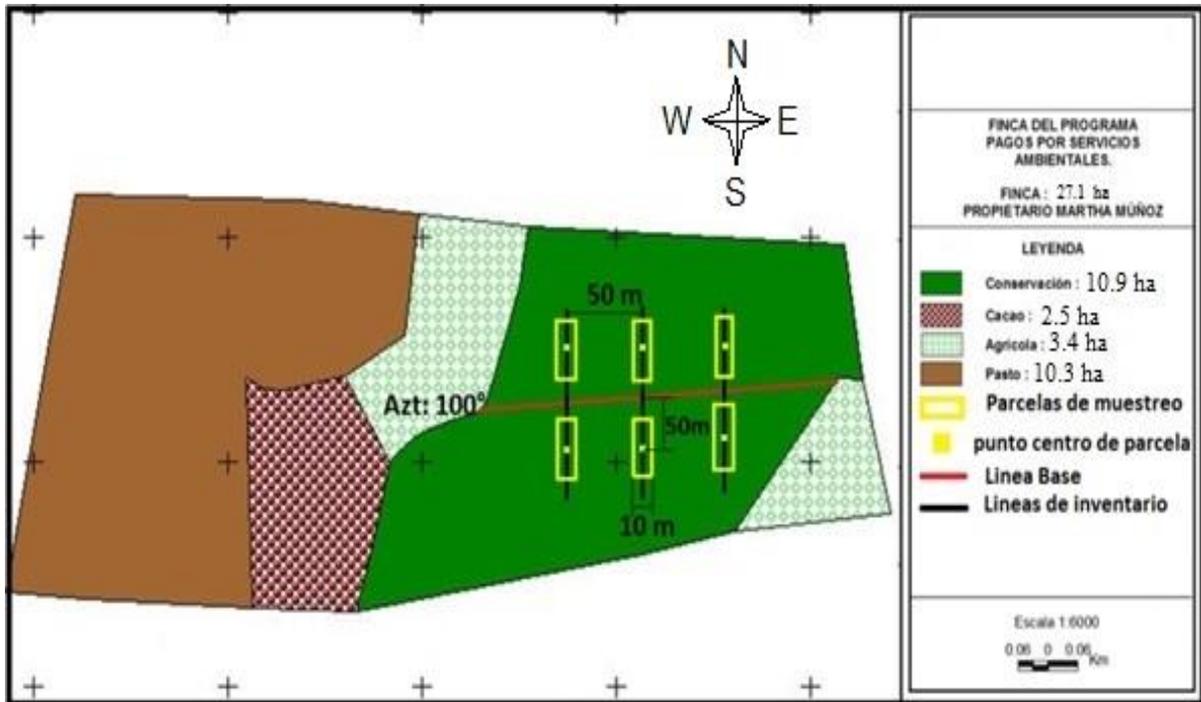


Figura 3. Ubicación de las pácelas de muestreo en la finca La Primavera, comunidad Boca de Escalera, El Castillo Rio San Juan, 2012, (Fuente: FDR, 2011).

Diseño de inventario forestal en la Finca La Pavona

De acuerdo a las características del área y el comportamiento de la distribución del bosque se clasifico en dos sub-áreas para muestrear de manera individual, básicamente se establecieron dos líneas bases, la primera orientado en un azimut de 308° con una distancia de 200 m y de manera perpendicular a la línea base se implementó dos líneas de inventario las cuales tienen un azimut de 50° y una distancia de 100 m entre líneas, el centro entre parcelas con una distancia de 100 m (Figura 4).

La segunda línea base es orientado de Oeste a Este con un azimut de 74° , de igual forma las líneas inventario fueron orientados perpendicular a la línea base con un azimut de 320° ; entre las dos sub-áreas se estableció 10 parcelas de muestreo y 2.2 % la intensidad de muestreo.

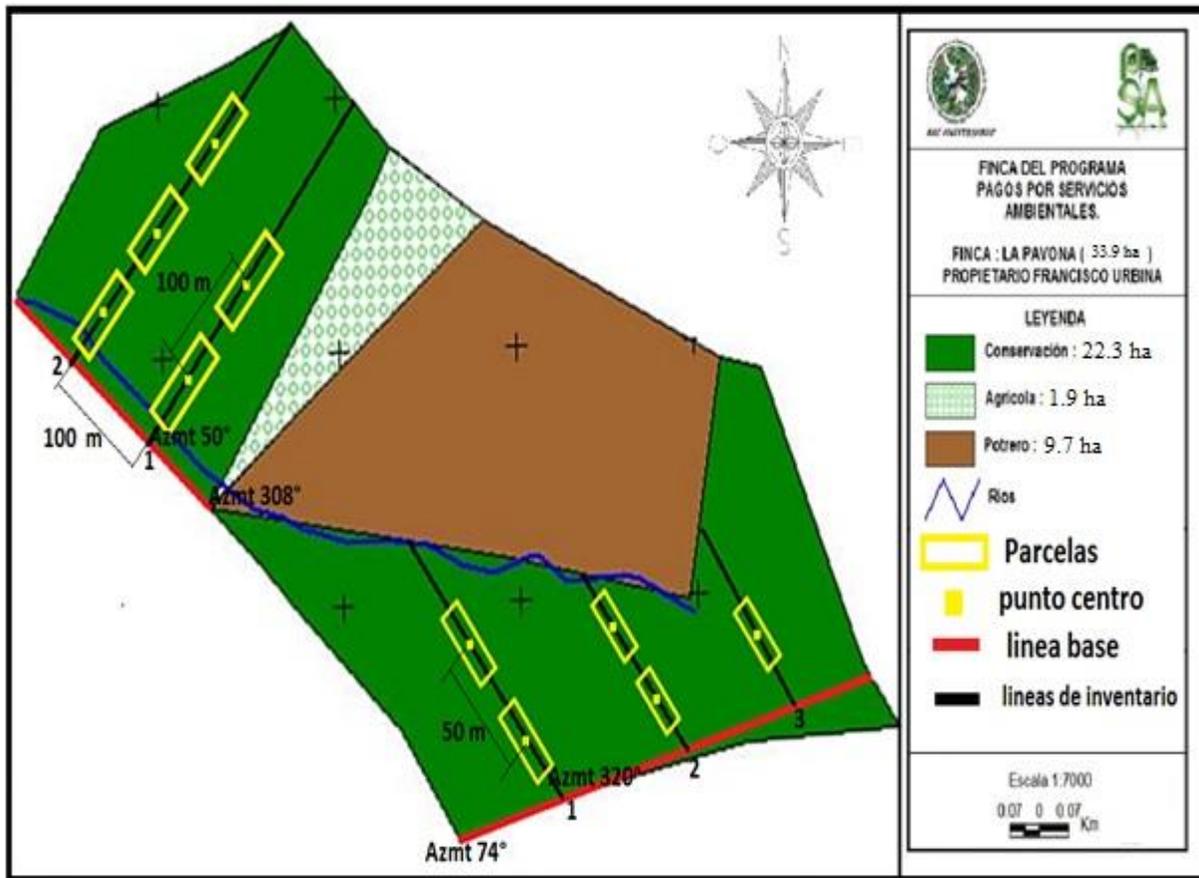


Figura 4. Ubicación de las parcelas de muestreo en la finca La Pavona, comunidad Bijagua, El Castillo Rio San Juan, 2012, (Fuente: FDR, 2011).

Diseño de inventario forestal en la Finca La Perilla

Se estableció una línea base con un azimut de 40° y una distancia de 600 m; de manera perpendicular se establecieron las líneas de inventario con un azimut de 330° , la distancia entre líneas de inventario son de 150 m y distancia entre centro de parcela 100 m; proyectando un total de 12 parcelas y 2.1% la intensidad de muestreo (figura 5).

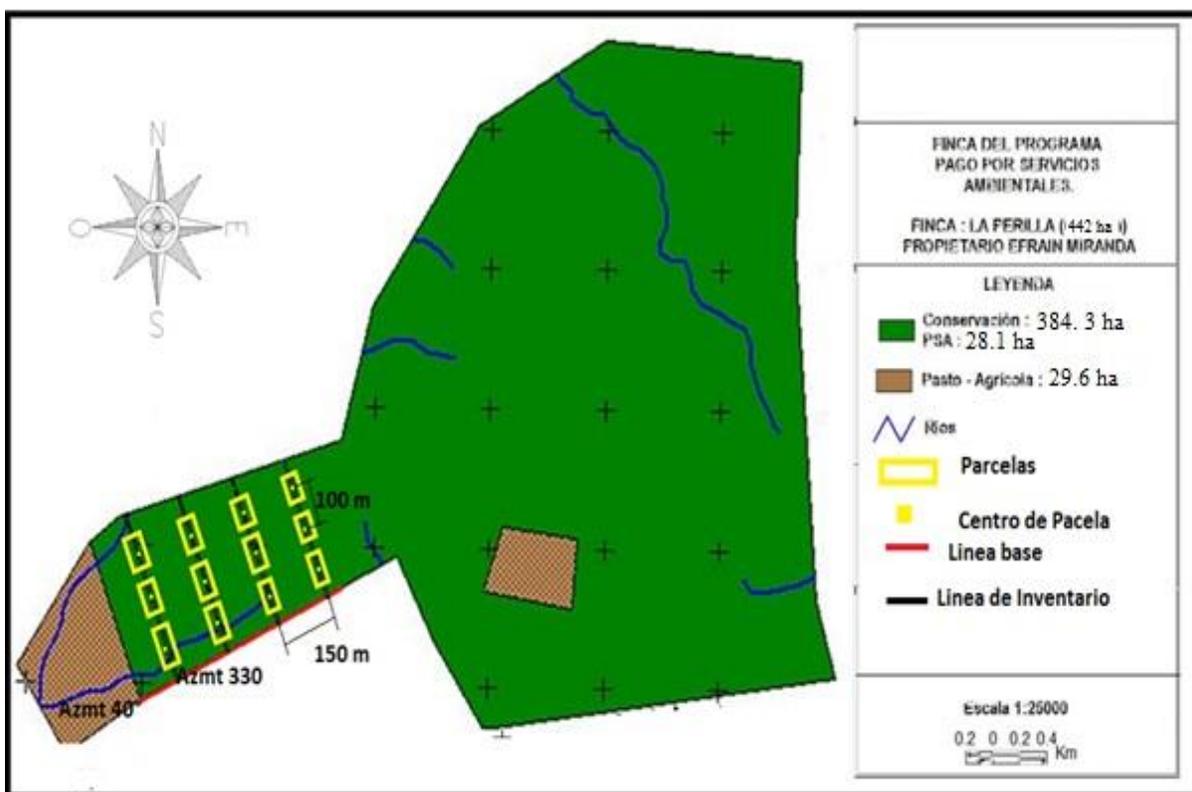


Figura 5. Ubicación de las parcelas de muestreo en la finca La Perilla, comunidad Bartola, El Castillo, Rio San Juan, 2012, (Fuente: FDR, 2011).

3.3.2. II Etapa: fase de campo (toma de información)

En esta etapa se describen los diferentes procedimientos y operaciones puntuales para el levantamiento de datos.

a) *Localización de las líneas de inventario y las parcelas de muestreo*

En el campo primeramente se ubicó la línea base, utilizando el diseño de inventario por finca acompañado de un baqueano reconocedor del área; ubicado cada punto de inicio se proyectó la dirección de la línea base, siguiendo la metodología mientras se abría la línea base también se iba trazando las líneas de inventario.

Mediante el uso de la brújula y el azimut (diseño del inventario), se ubicó las parcelas de muestreo rectangular, con un ancho de 10 m (5 m a cada lado de la brecha o línea de inventario) y una longitud de 50 m, de modo que cada parcela abarcara 0.05 ha.

b) Registro de la información o datos

Identificación de especies

El baquiano era el encargado de identificar el árbol por su nombre común utilizando sus conocimientos y una lista unificada de nombres comunes de la zona, según las proyecciones de los estudios anteriores.

Diámetro

En las parcelas se midieron todos las especies arbóreas mayor o igual a 10 cm de diámetro normal, esta variable se midió a una altura de 1.30 m sobre el nivel del suelo, a este se le conoce como diámetro a la altura del pecho (DAP), utilizando para ello cinta diamétrica (unidad de medida en cm). La persona encargada de medir dictaba al anotador sin usar decimales; es decir que se aproximó al entero mayor o menor según la cercanía de la medida real; esta técnica se utilizara con la finalidad de ahorrar tiempo y por ende el ámbito económico.

Altura fustal y total

La altura fustal y altura total del árbol en pie se midió haciendo uso de un Clinómetro Suunto. La altura fustal, es la distancia del tocón del árbol hasta donde comienza las ramificaciones del árbol. Por el contrario la altura total del árbol es la distancia medida a partir de la base del árbol a la punta o ápice del árbol, la unidad de medida se calculara en metros.

3.3.3. III. Etapa: Almacenamiento y procesamiento de datos

En esta etapa se ordenaron los datos en tablas de Excel por finca y se realizaron los cálculos correspondientes a la diversidad florístico, abundancia, área basal y volumen (estructura horizontal), composición florística y carbono arbóreo; también se buscó información de los nombres científicos de las especies forestales inventariadas tomando como base los resultados de Inventario Nacional Forestal (INAFOR, 2008), (MARENA, 2006), (MERENA/INAFOR, 2002) y (OFI/CATIE, 2003, citado por MARENA, 2006).

En la revisión de literaturas, se identificó problemas de los nombres botánicos, asociados al nombres comunes para la misma especie, mismo nombre común para la misma especie, se aplica el nombre científico equivocado a un nombre común, por lo tanto se decide trabajar con información confiable de las publicaciones de las instituciones y compilaciones de las especies forestales a nivel de Centroamérica, para fomentar y garantizar una información adoptable a nivel nacional e internacional.

Para el procesamiento de las variables y parámetros dendrométricos se utilizó la tabla dinámica de Microsoft Excel, Infostat y las ecuaciones básicas planteado por Dauber, (1995), para el cálculo de área basal, volumen, abundancia; el cálculo de diversidad florístico (riqueza y equidad), se utilizó el programa BioDiversity Pro y para la estimación de carbono se tomó como base la ecuación general de biomasa planteado por Brown, 1997 y factor de carbono según IPCC, 2005.

a) Cálculo de las variables estadísticas

Para el cálculo de los datos estadísticos se tomó como base el área basal promedio por hectáreas, con un nivel de confiabilidad al 95% y un error de muestreo máximo de 20%, apegados a la legislación ambiental de Nicaragua, sin embargo, en este estudio para definir el número de parcelas se trabajó con la intensidad de muestreo, este método a pesar de su eficacia, un mínimo error del diseño aumenta proporcionalmente el error de muestreo, como el caso de la finca La Primavera (24% de Error), según los resultados y análisis se pudo observar mayor variación del bosques (estructura y diversidad), en esta finca, lo cual indicó mayor número de muestra para disminuir el error, aumentando costo y tiempo que no era factible para este estudio, decidiendo aceptar este margen de error.

Es importante establecer los análisis del error de muestreo, en los estudios que vinculan toma de decisión, ya que indica el intervalo de variación respecto a la media real de la población, el error de muestreo es un indicador, el cual aumenta cuando un bosque es heterogéneo en cuanto a la estructura y para recoger datos más cercanos a la media real de la población es necesario establecer una intensidad de muestra bastante considerado, como el caso de La Primavera (cuadro 1), sin embargo, para estos casos hay que tomar encuentra otros aspectos muy importante como tiempo, parte económico y la finalidad del estudio (CATIE, 2002).

Cuadro 1. Resultados estadísticos de las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012

PARÁMETROS	LA PRIMAVERA	LA PAVONA	LA PERILLA	FORMULA
Tamaño de parcela	0.05 ha	0.05 ha	0.05 ha	$A= 10 \text{ m} * 50 \text{ m}$
Numero de parcela	6	10	12	$T_{0.95}= 1.48; 1.38; 1.36$
Intensidad de muestreo	2.72 %.	2.23 %	2.1%	$IM= (n*a/A)*100$
Área Basal promedio	4.3 m ² /ha	2.7 m ² /ha	2.1 m ² /ha	μ
Varianza	49.97	0.93	0.27	$S^2= [\sum(xi-\mu)^2]/n-1$
Desviación estándar	6.63	0.96	0.51	$S= \sqrt{S^2}$
Coefficiente de variación	41 %	35 %	24 %	$C.V= (S/\mu)*100$
Error estándar	0.2	0.09	0.04	$S_x= S/n$
Límites de confianza	5.33	3.10	3.99	$LC= \mu \pm S_x * t$
	3.26	2.29	0.21	
Error de muestreo	24 %	15 %	9 %	$EM= (t*S/\sqrt{n}*100)/\mu$
μ : promedio; n: número de parcelas				

b) Procesamiento para el análisis de composición florística

Agrupamiento de especies según su importancia comercial y abundancia

Las especies forestales inventariadas en las tres fincas se clasificó en tres grupos comerciales, según la demanda del mercado nacional e internacional establecidos por (INAFOR, 2008), el cual describe tres tipos de uso: especies comerciales (1), especies potencialmente comerciales (2) y las no comerciales (3).

También se tipificó las especies según su abundancia, González, *et al.*, (2005), considera especies raras a aquellas que presentan una abundancia menor de 4 individuos por hectárea, las especies poco comunes son las que presentan abundancias entre 4 y 24 individuos por hectárea y por último las especies abundantes son las que presentan abundancia mayor de 24 individuos por hectárea.

La clasificación de las especies a partir de la abundancia y su valor comercial, se realizó para determinar y relacionar parámetro de equidad (distribución de abundancia por especies), así como el almacenamiento de carbono por tipo de especies (valor comercial).

Parámetros dendrométricos

Los datos fueron procesados mediante programas computarizados (Infostat y Microsoft Excel), los parámetros dendrométricos (estructura horizontal), calculados fueron los siguientes: abundancia, área basal y volumen (Cuadro 2).

Cuadro 2. Parámetros dendrométricos con su respectivo símbolo y unidad de medida, estudiados, El Castillo Rio San Juan, 2012

PARÁMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD
Abundancia	N	Arb/ha
Área basal	G	m ² /ha
Volumen	V	m ³ /ha

Según Dauber (1995), establece que la abundancia se define como la cantidad de individuos de una especie determinada que se distribuye en una determinada comunidad, basado en este fundamento se utilizó la tabla dinámica, el cual ayuda a agrupar, ordenar el número de individuo por especies, la distribución de los individuos por categoría diamétrica, a la vez esta herramienta facilita un mejor entendimiento y análisis de los aspectos en estudio. Las ecuaciones utilizadas se describen a continuación:

$$N = (1 / a * n) * x$$

Donde:

N= abundancia (arb. ha⁻¹)

a= tamaño de la parcela (ha)

n= número de parcelas

x= Variable dendrométrico (N, G, V).

Para el procesamiento del área basal se basó según la NTON (2004), en el cual establece que el diámetro de un árbol se mide a 1.3 m. de altura sobre el nivel del suelo, a éste diámetro se le conoce como: diámetro a la altura del pecho (DAP), calculado mediante la siguiente fórmula.

$$G = \pi/4 (DAP)^2$$

Donde:

$$G = \text{Área basal (m}^2 \text{ ha}^{-1}\text{)}$$

$$\pi = 3.1416;$$

$$DAP = \text{Diámetro a la altura del pecho (m)}$$

Para los cálculos de volumen se utilizó las ecuaciones utilizados en el inventario nacional forestal, el cálculo de volumen se estimó tomando el área basal (m²) por individuo multiplicado por la altura fustal (m) y con un factor de forma 0.7, aplicando de la siguiente forma:

$$V = \pi /4 * DAP^2 * Hf * Ff$$

Donde:

$$\pi = 3.1416$$

$$Vf = \text{Volumen (m}^3 \text{ ha}^{-1}\text{)}$$

$$DAP = \text{Diámetro a la altura del pecho (m)}$$

$$Hf = \text{Altura fustal (m)}$$

$$Ff = \text{Factor de forma 0.7 para bosques latifoliados en Nicaragua según, INAFOR (2008).}$$

c) Cálculo de diversidad de especies

Como parte del análisis de la estructura se calculó la diversidad de especies tomando como base dos componentes, el número de especies presente, que se puede llamar riqueza y la abundancia relativa de las especies, llamada en general la regularidad o equitatividad (Qinghong, 1995).

Índice de diversidad: riqueza de especie (Margalef)

El índice de Margalef, cuantifica el número de especie presente en una comunidad transformando el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra al resto de la población. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S = k\sqrt{N}$ donde k es constante, Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad (Magurran, 1988).

$$D_{Mg} = S - 1/\ln N$$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

ln = Logaritmo natural

Índice de regularidad o equitatividad (Shannon-Wiener).

Para determinar la distribución de las abundancias relativas entre las especies, se utilizó el índice de Shannon-Wiener, el cual expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Peet, 1974; Baev y Penev, 1995 citado por Moreno, 2001). Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H' = es el valor del índice de Shannon

p_i = es la abundancia proporcional de los individuos de una especie

\ln = es el logaritmo natural aplicado a la abundancia proporcional de los individuos de cada especie. Para ello se utilizó en la tabla de Excel.

Para cada especie se calculó el índice de diversidad ponderado (H_p) en función de la frecuencia de cada especie, para determinar de manera individual la equitatividad respecto a las especies de la población.

$$HP = \frac{(N \log N) - (\sum f_i \log f_i)}{N}$$

Donde:

HP = diversidad ponderada

N = número total de individuo

f_i = frecuencia (número de individuos) registrada para la especie i Para el caso de la selva.

Para cada muestra calculamos la varianza del índice de diversidad ponderado:

$$Var = \frac{[\sum f_i \log^2 f_i - (\sum f_i \log f_i)^2]}{N}$$

Se calcula la diferencia de las varianzas de ambas muestras:

$$D_{var} = \sqrt{VAR_1 + VAR_2}$$

Se obtiene el valor de t

$$t = \frac{(Hp1 - Hp2)}{Dvar}$$

d) Ecuación general para la estimación de Carbono

Para la estimación del carbono almacenado a partir de la biomasa aérea y radicular de la vegetación arbórea, se utilizó tres fuentes de información correspondiente a la biomasa aérea (Brown, 1997), radicular (MacDicken, 1997), y la fracción de carbono (Ordóñez, 1991; Smith et al. 1997; IPCC, 2005).

Carbono en la biomasa aérea arbóreo (Brown, 1997).

Para determinar el carbono aéreo arbóreo, primero se calculó la biomasa a partir del volumen fustal, densidad promedio ponderado para cada especie y un factor de expansión de biomasa (biomasa de la copa), tomando como base la ecuación general planteado por Brown (1997). A esta ecuación se le agrego la fracción de carbono como 0.5, según (Ordóñez, 1998; Smith et al. 1993 y IPCC, 2005).

Ecuación general de biomasa Brown 1997

$$BA = VF \times DM \times FE$$

Ecuación general de biomasa Brown 1997, modificado

$$BA = VF \times DM \times FE \times FC$$

Donde:

BA= Biomasa aérea (árbol en pie)

VF= Volumen fustal (m³)

DM= Densidad de la madera

FE= Factor de expansión

FC= Fracción de carbono (0.5)

Los datos de densidad de la madera se obtuvieron de la compilación de Global Wood Density, misma que, ha creado un sitio que agrupa resultados de investigaciones y estudios relacionados con la madera, estructura y organización, por científicos reconocidos a nivel mundial. Los datos que proyecta Global Wood Density tienen alta confiabilidad, que comúnmente son utilizados por las organizaciones como la REDD, FAO y por científicos reconocidos como Brown, Lugo, Zanne, Chave, entre otros.

El factor de expansión (FE), se obtuvo mediante la aplicación de una ecuación planteado por Brown y Lugo (1992), establecen una constante igual a 1.74, sí, la biomasa de fuste (BF) es mayor a 190 Mg ha⁻¹; en el caso que la biomasa fustal por hectárea sea menor a 190 Mg ha⁻¹ el factor de expansión se calcula con la siguiente fórmula:

$$FE = \text{Exp} (3.213 - 0.506 * \ln(\text{BF}))$$

Donde:

FE= Factor de expansión

Exp= Función exponencial

Ln= Logaritmo natural

BF= Biomasa fustal ha^{-1}

Los cálculos de biomasa fustal ha^{-1} , de las tres fincas evaluadas no sobre pasan los 190 ha^{-1} , por lo tanto se aplicó la ecuación de factor de expansión, obteniendo 1.82 para La Primavera, 1.69 para La Pavona y para La Perilla fue de 1.80.

Carbono en la biomasa radical arbóreo (BR)

Según MacDicken (1997), para determinar la biomasa bajo suelo o biomasa radicular, es un proceso muy costoso alrededor de 120 €/raíz. Por lo tanto mediante estudios en bosques tropicales húmedos establecen un porcentaje mínimo del 15% respecto de la biomasa aéreo arbóreo; otras fuentes como Cairns, et al. (1997), establecen valores de razón R/T (raíz/tallo), para distintos lugares del mundo entre, 0.20 a 0.30, es decir, 20% a 30% de la biomasa aéreo.

Para este estudio se empleó el porcentaje de biomasa radicular planteado por MacDicken (15%), el cual se obtuvo multiplicando la biomasa aérea por 0.15 de la siguiente manera:

$$\text{Cbr} = \text{BA} \times 0.15 \times 0.5$$

Donde:

Cbr= Carbono en la biomasa radicular (Mg ha^{-1})

BA= Biomasa aérea (Mg ha^{-1})

0.15= 15% de la biomasa aérea

0.5= Fracción de carbono

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición florística

4.1.1. Descripción de la vegetación

Según CATIE, (2001) en los estudios forestales es importante describir en detalle las distintas especies que constituye un bosque. Por consiguiente para un mejor entendimiento e interpretación de los atributos del bosque estudiado se describe la composición florística determinado en las tres fincas.

Se determinó un total de 521 individuos arbóreos en las tres fincas evaluadas, con diámetro mayor o igual a 10 cm, perteneciente a 68 especies, 57 géneros y 31 familias botánicas. Entre las familias más representativas, según la frecuencia de especie se encuentran, Moraceae con 6 especies, Rubiaceae con 5 especies, Fabaceae con 4 especies, Sapotaceae, Anonaceae, Burseraceae, Cumbretaceae con 3 especies cada una y Lauraceae, Meliaceae, Vochysiaceae, Mimosaceae con 2 respectivamente (Cuadro 3) y (Anexo 3).

La dominancia de los géneros: *Carapa*, *Vochysia*, *Otoba*, *Cupania*, *Laetia*, *Brosimum*, *Virola* y *Pouteria* (Anexo 3), se considera como especies pioneras y un indicativo de bosque alterado. Estas especies se encuentran en menor cantidad en bosques maduros debido a factores como luminosidad, dispersión de las semillas y otros que en esta clase de bosque tuvieron a su favor. Estudios en bosques de Bonanza, RAAN (Nicaragua), con similar estación y antecedentes de manejo reflejan resultados equivalentes a la dominancia de los géneros encontrados en este estudio, básicamente por la alteración del bosque (Gallego y Finegan, 2004).

En el cuadro 3 se muestra el número de especies que integran cada finca con intensidades de muestras diferentes, La primavera con 32 especies, La Pavona con 48 especies con mayor número de resultado y La Perrilla con 44 especies. Básicamente el número relativo de especies que se determinó en las tres fincas suman un total de 68 especies (intensidad de muestreo promedio 2.15%).

En comparación con otros estudios en términos de intensidad de muestreo, según (Sabogal *et al.* 2001; Castillo, 1997; Dávila y Arróliga 1994 citado por MARENA, 2006), en el año 1990 se han realizado inventarios forestales en la zona de los Filos (Río San Juan), con intensidad de muestreo al 10% en un área de 40 ha, en cual contabilizaron 60 especies con dap>60cm, resultados con cierta similaridad con el presente estudio, sin embargo con diferencia de variables, parámetros (dap e intensidad de muestreo), y posición geográfica del sitio estudiado, no obstante (Castillo 1994, citado por Moreno, 2001), describe que la fragmentación de los bosques en Río San Juan aumenta significativamente al Suroeste y disminuye al Noreste, este aspecto puede ser la diferencia de los resultados en cuanto a número de especie.

Cuadro 3. Resultados de familias, géneros y especies, identificados en cada una de las fincas evaluadas con intensidades de muestras diferentes, El Castillo Rio San Juan, 2012

FINCAS	FAMILIA	GENERO	ESPECIE
La Primavera	19	32	32
La Pavona	24	40	48
La Perilla	21	36	44
TOTAL ENTRE LAS TRES FINCAS	31	57	68

Para poder comparar el número de especies por finca se utilizó la relación número de especie y área de muestreo igual (figura 6), La Primavera y La Perrilla presentan tendencias similares con diferencia de 3 especies en el área de muestreo 3000 m², por el contrario en La Pavona se observó 40 especies respectivamente con mayor número, sin embargo haciendo prueba de Ji cuadrado o prueba de homogeneidad, se determinó que dichas diferencias entre fincas no tienen diferencia significativas (χ^2 : 0.91; P>0.05), por lo tanto las fincas estudiadas presentan igual número de especie (riqueza).

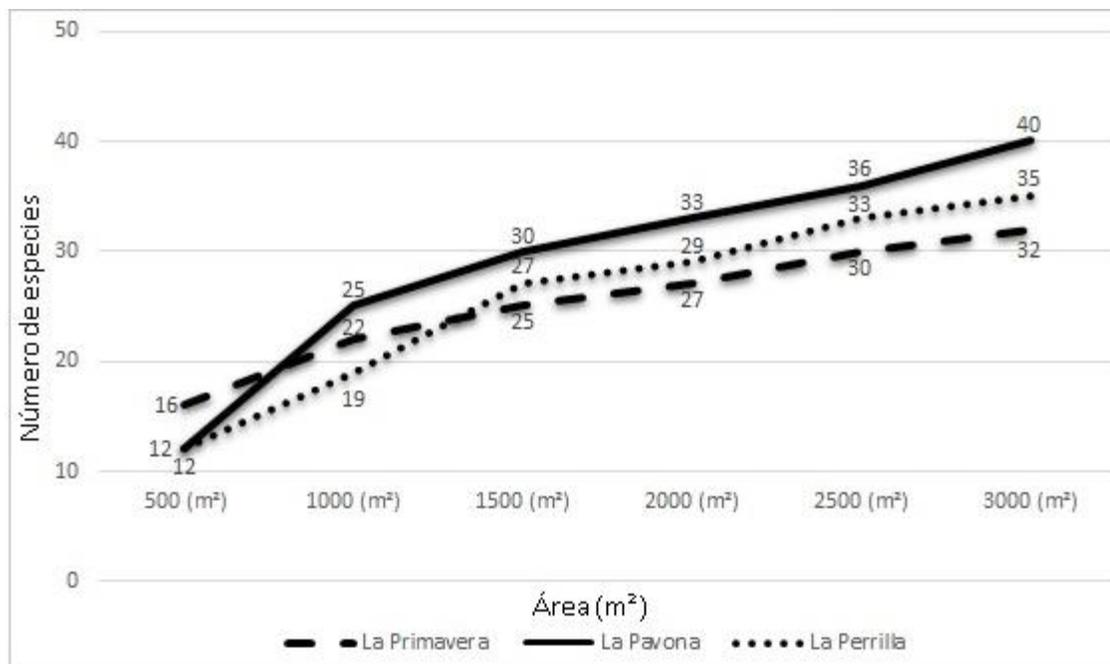


Figura 6. Comparación número de especie por área de muestreo en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.

En el cuadro 4 muestra la clasificación de las especies según su abundancia, se encontró 4 especies abundantes (EA) (≥ 24 arb ha⁻¹), en cada una de las tres fincas. Entre las especies poco común (EPC) ($\geq 4 < 24$ arb ha⁻¹) se determinó igual número de especie con 26 para las fincas La Pavona y La Perrilla y un bajo resultado con 14 especies para La Primavera. Por el contrario las especies *Alchornea sp*, *Brosimum guianensis*, *Cocoloba uvifera* L, *Ficus sp*, *Hernandia sonora*, *Terminalia hucidoides*, *Vitex cymosa*, presentaron densidades ≤ 4 individuo ha⁻¹ básicamente clasificados como especies raras (ER).

Las especies *Pentaclethra macroloba* (Willd) Kuntze, *Carapa guianensis*, *Cupania cinérea*, *Otoba novogranatensis* y *Laetia procera* (Poeppig.) Eichl., presentaron igual clasificación (especies poco comunes) y con distribución en las fincas La Pavona y La Perilla (Cuadro 4). Resultados similares son encontrados por (Castillo y Cáceres, 2009; CATIE, 2001), en el cual mencionan especies con mayor abundancia *Carapa guianensis*, *Pentaclethra macroloba*, *Apeiba membranaceae* y *Otoba novogranatensis*.

Cuadro 4. Clasificación de las especies por tipo de especie y abundancia en las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012

NOMBRE CIENTIFICO	T. E	LA PRIMAVERA			LA PAVONA			LA PERILLA		
		EA	EPC	ER	EA	EPC	ER	EA	EPC	ER
<i>Albizia lebeck</i> (L)	3					X			X	
<i>Albizia marginata</i>	3		X			X			X	
<i>Alchornea sp.</i>	3									X
<i>Ampelocera hottlei</i>	3						X			
<i>Annona reticulata</i> L.	3			X						
<i>Ardisia compressa</i>	3		X			X			X	
<i>Aspidosperma magalocarpon</i>	2	X			X			X		
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	3			X						
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	2					X			X	
<i>Brosimum guianensis</i>	2									X
<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	1					X			X	
<i>Calotropis pacera</i>	3			X						
<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	1	X			X			X		
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3						X			
<i>Cespedesia macrophylla</i>	2					X			X	
<i>Chimarrhis latifolia</i> Standl	2		X			X			X	
<i>Chrysophyllum sp.</i>	3						X			
<i>Coccoloba uvifera</i> L.	3									X
<i>Cordia alliodora</i> (R&P.) Oken	1		X			X				
<i>Couropita guianensis</i>	2		X			X			X	
<i>Croton panamensis</i>	2					X			X	
<i>Cupania sinerea</i>	2	X			X			X		
<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.	1			X						
<i>Dialium guianense</i>	2						X			
<i>Dialium guianensis</i>	2						X			
<i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell	1					X			X	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Kuntze	1						X			
<i>Eugenia glabra</i>	3		X			X			X	
<i>Ficus sp.</i>	3									X
<i>Guarea sp.</i>	2						X			
<i>Hernandia sonora</i>	3									X
<i>Hippotis albiflora</i>	3					X			X	
<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao	1		X						X	
<i>Inga coruscans</i>	3		X			X			X	
<i>Inga vera</i>	3						X			

T.E= Tipo de Especie; EA= Especie Abundante; EPC= Especie Poco Común; ER= Especie Rara

Cuadro 4. Continuación...

NOMBRE CIENTIFICO	T. E	LA PRIMAVERA			LA PAVONA			LA PERILLA		
		EA	EPC	ER	EA	EPC	ER	EA	EPC	ER
<i>Lacmellea panamensis</i>	3					X			X	
<i>Laetia thamnina</i>	3		X			X			X	
<i>Lecointea amazonica ducke</i>	3		X			X			X	
<i>Licania sp.</i>	3					X			X	
<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	3					X			X	
<i>Lunania parviflora</i>	3						X			X
<i>Manilkara chicle</i> (Pittier) Gilly	1			X						X
<i>Minuartia guianensis</i>	2						X			X
<i>Myrcianthes fragans</i>	3							X		
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urban.	3			X						
<i>Otoba novogranatensis</i>	3	X			X			X		
<i>Pentaclethra maculoba</i> (Willd) Kuntze	2				X			X		
<i>Platimiscium dimorphandrum</i>	3			X						X
<i>Pourouma apiculata</i>	2			X						X
<i>Proium panamense</i> (Rose)I.M. Johnston	3		X			X			X	
<i>Saccoglossum trichogyna</i> Cuatr.	2		X			X				
<i>Schizolobium parahyba</i>	2						X			
<i>Sideroxylon capiri</i>	3			X						
<i>Simarouba glauca</i> Aubl.	2					X			X	
<i>Stemmadenia obovata</i>	3								X	
<i>Sterculia apetala</i> (jacq.)	2						X			
<i>Terminalia amazónica</i> (J. F. Gmel.) Exell	1			X						X
<i>Terminalia hucidoides</i>	2									X
<i>Tetragastri panamensis</i>	3		X			X			X	
<i>Trichospermum grewifolium</i>	2			X						
<i>Virola koschnyi</i> Warb.	3		X			X				
<i>Vitex cymosa</i>	3									X
<i>Vixa Orellana</i>	3					X			X	
<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	1					X			X	
<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn	2						X			
<i>Zanthoxylum belicense</i>	2			X						
<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	3						X			
<i>Zollernia ilicifolia</i>	3						X			

T.E= Tipo de Especie; EA= Especie Abundante; EPC= Especie Poco Común; ER= Especie Rara

En el cuadro 5, se describen las 10 especies comerciales, según la clasificación de INAFOR (2008), de los cuales solo el *Carapa guianensis* presento como especie abundante en los tres sitios evaluados, un 50% de las especies maderables *Virola koschnyi*, *Vochysia ferruginea*, *Hyeronima alchorneoides*, *Symphonia globulifera* y *Dipteryx panamensis* presentan densidad $> 4 \leq 24$ individuo ha^{-1} (especies poco comunes), distribuidos de manera gradual en los tres sitios evaluados. Seguidamente las especies raras *Enterolobium cyclocarpum*, *Terminalia amazonica*, *Mespilus germánica* y *Dalbergia restusa* con ≤ 4 individuos ha^{-1} .

Según resultados de Gallego (2002) y Gallego y Finegan (2004) encontraron evidencia de la baja densidad de varias especies, entre ellas *Dalbergia retusa*, y mayor abundancia de otras como *Carapa guianensis*, ambas especies incluidas dentro del actual estudio. Datos similares establece por MARENA (2006), *Carapa guianensis*, *Dipteryx panamensis*, *Sacoglottis trichogyna* y *Vochysia ferruginea* identificados como especies comunes en el municipio de El Castillo.

Por otro lado Chassot y Monge (2008), los bosques de Río San Juan han sido explotados desde los años 1915, las principales especies comercializado son *Swietenia macrophylla* y *Cedrela odorata*, este aspecto vincula que en los tres sitios evaluados no se identificaron estas especies, el diámetro mínimo de las especies (>10 cm), inventariados podría ser un factor por el cual no se identificaron estas especies, ya que estas especies por pertenecer al gremio ecológico heliófitas durables no se han desarrollado dominados en estado repoblado (ProDeSoc, 2006).

Cuadro 5. Clasificaciones de 10 especies comerciales identificados en las tres fincas evaluados, El Castillo Rio San Juan, 2012

NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	La Primavera			La Pavona			La Perilla		
		EA	EPC	ER	EA	EPC	ER	EA	EPC	ER
<i>Dipteryx panamensis</i>	Fabaceae					X			X	
<i>Vochysia ferruginea</i>	Vochysiaceae						X			X
<i>Carapa guianensis</i>	Meliaceae	X			X				X	
<i>Dalbergia restusa</i>	Fabaceae			X						
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae							X		
<i>Terminalia amazonica</i>	Cumbretaceae			X						X
<i>Calophyllum brasiliense</i>	Clusiaceae		X			X				
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	Euphorbiaceae		X						X	
<i>Manilkara chicle</i>	Sapotaceae			X						X
<i>Virola koschnyi</i>	Myristicaceae					X			X	

EA= Especie Abundante; EPC= Especie Poco Común; ER= Especie Rara

Para poder analizar y determinar la eficacia de las parcelas de muestreos establecidos en cada una de las fincas, se utilizó la relación especie-área (figura 7), se determinó un comportamiento de tipo sigmoidal muy suave con un crecimiento gradual del número de especie a medida que aumenta el área de muestreo hasta un punto de estabilización, indicando que a pesar de aumentar el esfuerzo de muestreo no se contabilizará nuevas variedades de especies, en teoría el número de parcelas establecidos en cada una de los sitios de estudios garantizó la recolección media real de las especies arbóreas que pueblan los bosques estudiados.

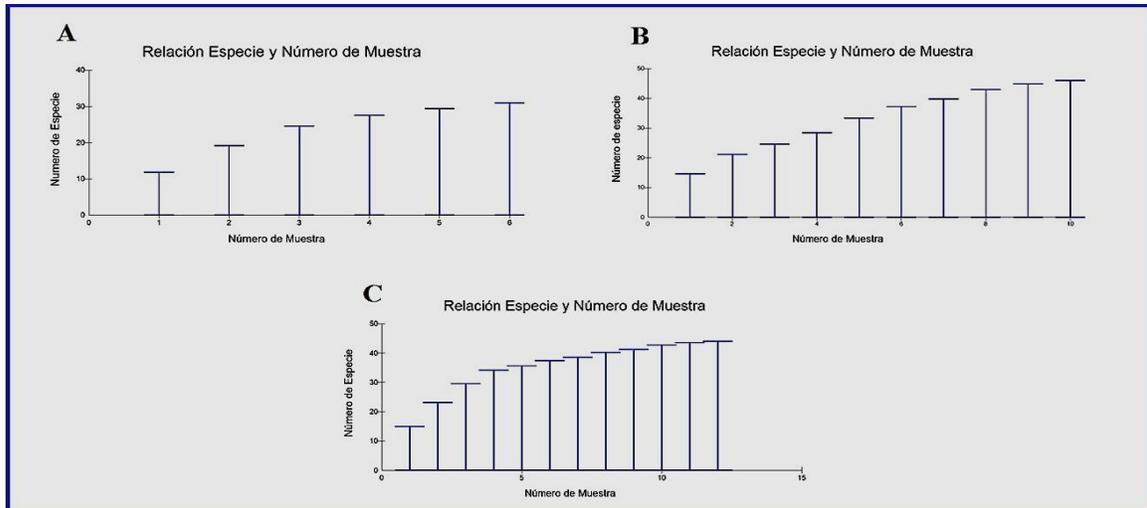


Figura 7. Relación de las especie y número de muestra: A) La Primavera, B) La Pavona, C) La Perilla, El Castillo Rio San Juan, 2012.

En el cuadro 6, se muestra el registro total de 521 individuos arbóreos inventariados, de los cuales según la clasificación de INAFOR (2008), se identificó 96 individuos con valor comercial, 176 individuos potencialmente comerciales y 249 como no comercial. De los 96 individuos con valor comercial el 51% se encuentran en La Perrilla y en su mayoría como especie abundante (EA); por el contrario La Primavera tiene solo el 18% de las especies comerciales en estado de especies poco abundante (EPA).

La relación de las clasificaciones tanto valor comercial como de abundancia, facilita el análisis de la distribución proporcional porcentual de los tipos de especies (valor comercial) en cada una de las fincas, así como su estado de abundancia (abundante, poco común o raro), metodología de Gonzales *et al.*, 2005.

Hay diferentes tipificaciones utilizados en estudios forestales para determinar el estado de una especie dentro de un bosque, (MARENA, 2006), es necesario definir los términos referidos a especies de árboles “comunes-no comunes”, “baja o alta abundancia”, “escasas o abundantes”, otros autores definen su idea de abundancia de las especies estableciendo cantidades definidas por hectárea. Clark y Clark (1992) usan las categorías de especies rara (≤ 1 ind/ha de 10 cm de DAP) o escasa (2 ind/ha). Gallego y Finegan (2004) utilizan como criterio la cantidad de 1 árbol/ha para separar las especies comunes de las poco comunes.

Mediante la clasificación de Gonzales *et al.*, 2005, que es comúnmente utilizado para analizar a escala general la distribución de las especies dentro de un bosque, se determinó que las fincas La Primavera y La Pavona presentan baja distribución de especies comerciales y potencialmente comerciales, por el contrario La Perrilla muestra proporciones equivalentes de los tipos de especies, calificado como un bosque con una distribución equitativo con 51% especies comercial, potencialmente comercial 46% y no comercial con 45% (cuadro 6). Respecto a la abundancia por tipo de especie, la mayoría de las especies en cada una de las fincas se agrupan en especie poco común ($\geq 4 \leq 24$ abr. ha⁻¹).

Cuadro 6. Clasificación de los individuos arbóreos inventariados en abundancia (ER, EPC y EA) por tipo de especie (valor comercial) comparado en cada una de las fincas (resultados en porcentaje), El Castillo Rio San Juan, 2012

T.P	INDIVIDUO	LA PRIMAVERA				LA PAVONA				LA PERILLA			
		ER	EPC	EA	S. T	ER	EPC	EA	S.T	ER	EPC	EA	S.T
1	96	----	18	----	18	3	28	----	31	5	11	35	51
2	176	5	8	5	18	6	17	13	36	11	32	3	46
3	249	1	19	4	24	9	15	7	31	6	33	6	45

T.P: tipo de especie (valor comercial INAFOR, 2008), ER: especies raras; EPC: especie poco común; EA: especie abundante y S.T: sub-total de resultado por finca.

4.2. Diversidad florística

4.2.1. Riqueza y equidad

Para comparar la riqueza entre las fincas se utilizó la relación área-especie, la mayor riqueza de especie se encontró en La Pavona con un índice de 8.7, en la cual fueron contabilizados un total de 40 especies, seguidamente por la Perilla con un total de 35 especies con índice de riqueza equivalente a 7.1, por ultimo La Primavera con un índice de 6.6 de 32 especies (figura, 8). A pesar que en La Pavona y La Perilla, se obtuvo mayores valores de riqueza de especies arbóreas, las diferencias comparadas entre las tres fincas no son significativa ($X^2=0,916$; $P>0,05$), por lo tanto el valor de riqueza es semejante en los tres sitios.

Los resultados de riqueza son relativamente altas, según Magurran (1988), el índice de Margalef está entre los rangos <2 son relacionados como zonas de baja riqueza, >5 son considerados como indicativo de alta riqueza. Básicamente los resultados obtenidos en las tres fincas estudiadas son zonas con alta riqueza. Comparando con estudios realizados con igual zonas climáticas y ecológicas en San Carlos-Costa Rica, por Guardia, 2004 en dos bosques secundarios obtiene resultados de 3.5 y 6.8, con tendencias de crecimiento a lo largo de la sucesión, la diferencia de resultados puede ser al grado del uso de suelo en San Carlos, Costa Rica (Gallego y Finegan, 2004).

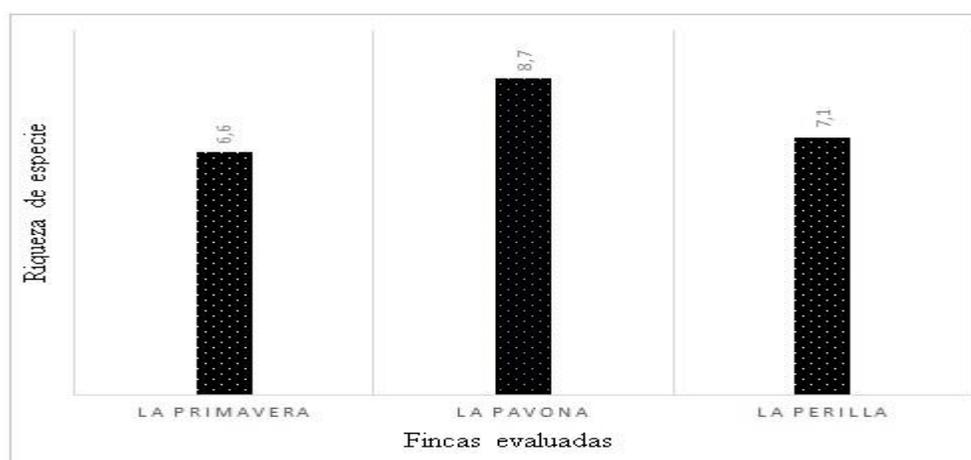


Figura 8. Riqueza de especies en cada una de las fincas evaluadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.

Para expresar la uniformidad de los valores de importancia, se utilizó el índice Shannon-wiener (H'), de manera general La Primavera resultó con mayor equidad con 3.2 H' y 3.4 H' máx, según Magurran, 1988, el índice de Shannon-Wiener adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie y el logaritmo neperiano de S (número de especies) o H' máx, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. En segundo lugar La Perilla con H' : 2.2 con un H' máx: 3.5, finalmente el ambiente La Pavona el índice de diversidad (H') fue de 1.7 con un H' máx: 3.6 (Cuadro 7).

Básicamente las diferencias del índice de equidad entre las fincas están bien marcadas, con una diferencia proporcional entre los datos de riqueza (figura 8), según el t-student para comparar los resultados de equidad, La Primavera-La Pavona ($t_{0.05(2)72}$: 1.66), entre La

Primavera-La Perilla ($t_{0.05(2)67}$: 1.66) y entre La Pavona-La Perilla ($t_{0.05(2)75}$: 1.66). Los valores de t calculados (La Primavera-La Pavona: 2.09; La Primavera-La Perilla: 2.33 y La Pavona-La Perilla: 2.13) son mayores que los valores de t en tablas, por lo que los valores de uniformidad de las especies no son igual entre los tres sitios estudiados.

Cuadro 7. Resultado de equidad (Shannon-Wiener), El Castillo Rio San Juan, 2012

Fincas	H'	H' máx	T calculado	T en tablas
La Primavera	3,2	3,4	2,09	1,66
La Pavona	1,7	3,6	2,33	1,66
La Perilla	2,2	3,5	2,13	1,66

4.3. Estructura horizontal

4.3.1. Abundancia

La singularidad de las características, así como la estación de las especies forestales desarrollan resultados complejos particulares, misma que vincula el comportamiento de la distribución homogéneo y heterogéneo de ciertos grupos forestales.

La figura 9, muestra los individuos arbóreos muestreado y por hectárea, clasificados por categoría diamétrica, el mayor número de individuos se encuentran en las clases diamétricas 10 cm (10-19.9) y 20 cm (20-29.9), con 83% de los individuos para La Primavera, 73% de los individuos para La Pavona y 77% de los individuos para La Perilla. Básicamente el resto de las categorías diamétricas representan el 22% de los individuos inventariados en cada una de las fincas. La finca con mayor densidad fue La Perrilla con 400 arb. ha⁻¹, seguidamente por La Primavera con 353 arb. ha⁻¹ y La Pavona con 350 arb. ha⁻¹ (cuadro 8).

Cuadro 8. Resultados de abundancia, área basal y volumen por hectárea en cada una de las fincas evaluadas, El Castillo, Río San Juan, 2012

FINCA	ABUNDANCIA (ha)	AREA BASAL (ha)	VOLUMEN (ha)
La Primavera	353	25.95	265.32
La Pavona	350	26.51	365.39
La Perilla	400	24.72	333.848

La forma de “J” invertida en las distribuciones de individuos según clases de DAP, es un indicativo del proceso de regeneración de los bosques húmedos tropicales o del buen estado de conservación, ya que según (UNESCO, PNUMA y FAO 1980, citado por Díaz, 2012), en el bosque primario, las especies esciófitas presentan patrones de crecimiento en J invertida y las heliófitas en forma de recta.

Según la clasificación de los tipos de bosques que establece la FAO (2000) y los tipos de bosque que define la NTON (2004), se determinó que La Pavona y La Primavera son bosques intervenido serrado (BIS), y la finca La Perrilla bosque intervenido en desarrollo (BID), ya que el 77% de la población arbórea presenta un rango diamétrico de 10-19.9 a 20-29.9 cm de DAP y una edad menor que la edad óptima de producción que son 25 años.

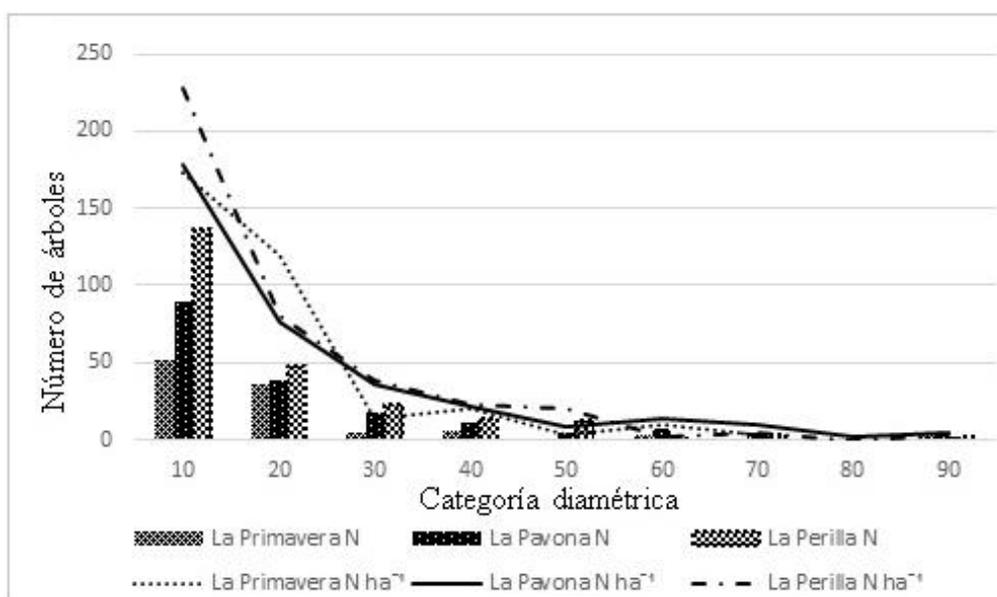


Figura 9. Distribución del número de árboles muestreados y por hectáreas por clase diamétrica en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.

4.3.2. Área basal

En la figura 10 muestra las fluctuaciones del área basal respecto a las categorías diamétricas, la mayor área basal se encontró en la categoría diamétrica de 20 cm (20-29.9) de la finca La Primavera con 5.7cm², mientras que las clases diamétricas mayores con un rango de distribución de 1 cm² a 2.8 cm², con ausencia de categoría diamétrica 80 cm, por el contrario

La Pavona y La Perilla, presentan tendencias homogénea en las clases diamétricas 10 cm a 40 cm, con una proporcionalidad inversa en la categoría diamétrica 50 cm (figura 9).

En cuanto al área basal por hectárea se encontró que los resultados son muy similares con diferencia de 1 cm², sobresaliendo La Pavona con 26.51 cm², seguidamente por La Primavera con 25.95 y La Perrilla a pesar de presentar mayor densidad resulto con menor área basal con 24.72 cm² (cuadro 7).

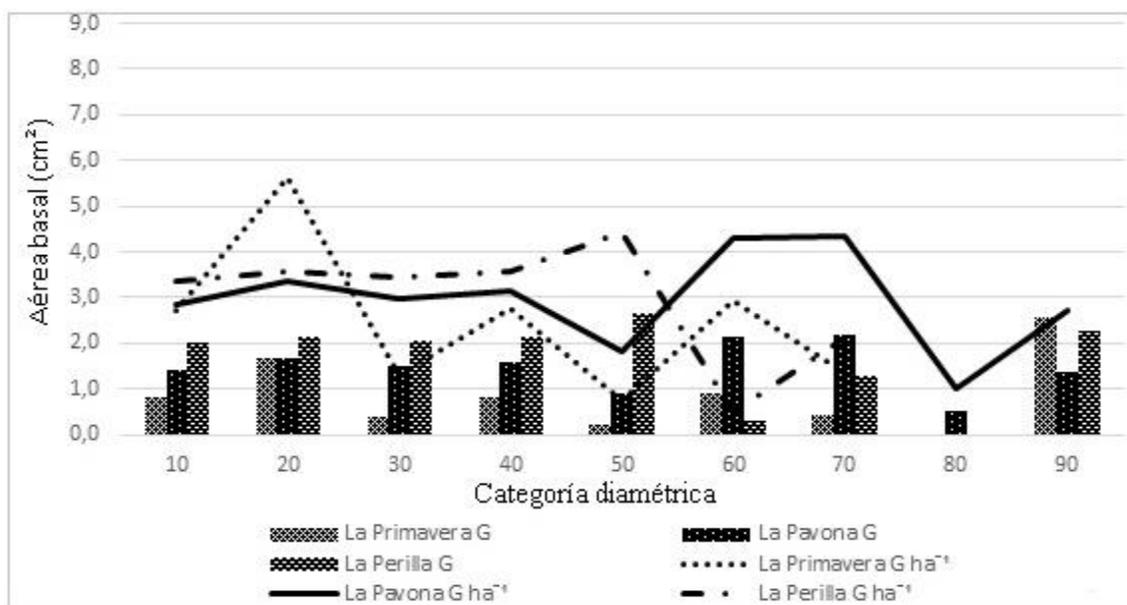


Figura 10. Distribución de área basal (G), muestreado y por hectárea por clases diamétricas en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.

4.3.3. Volumen

El mayor volumen por ha⁻¹ se registró en la finca La Pavona en la clase diamétrica 60 cm (60-69.9), con 85 m³, por el contrario en La Pavona y La Perilla se observó un comportamiento homogéneo en las clases diamétricas 10 a 50 cm (figura 11), La Primavera presentó fluctuaciones (variación) muy marcadas en todas las categorías diamétricas, mediante el análisis de las variables y parámetros de la estructura asociados a los antecedentes de manejo, se considera que el aprovechamiento selectivo de especies maderables en las décadas pasadas (CATIE, 2001), puede ser la causa de las diferencias de diámetro y altura en las clases diamétricas y por lo tanto la variación del volumen.

Otros estudios realizados en bosque húmedo tropical de Panamá (Foster y Hubell, 1986 citado por MARENA, 2006), describe que los antecedentes silvícolas de un bosque garantiza un comportamiento dinámico particular en dependencia de la ubicación geográfica y tipo de tratamiento. Por el contrario el mayor volumen por hectárea fue determinado en La Pavona con 365.3 m³, seguido por La Perilla con 333.8 m³ y La Primavera con 265.3 m³ (Cuadro 8).

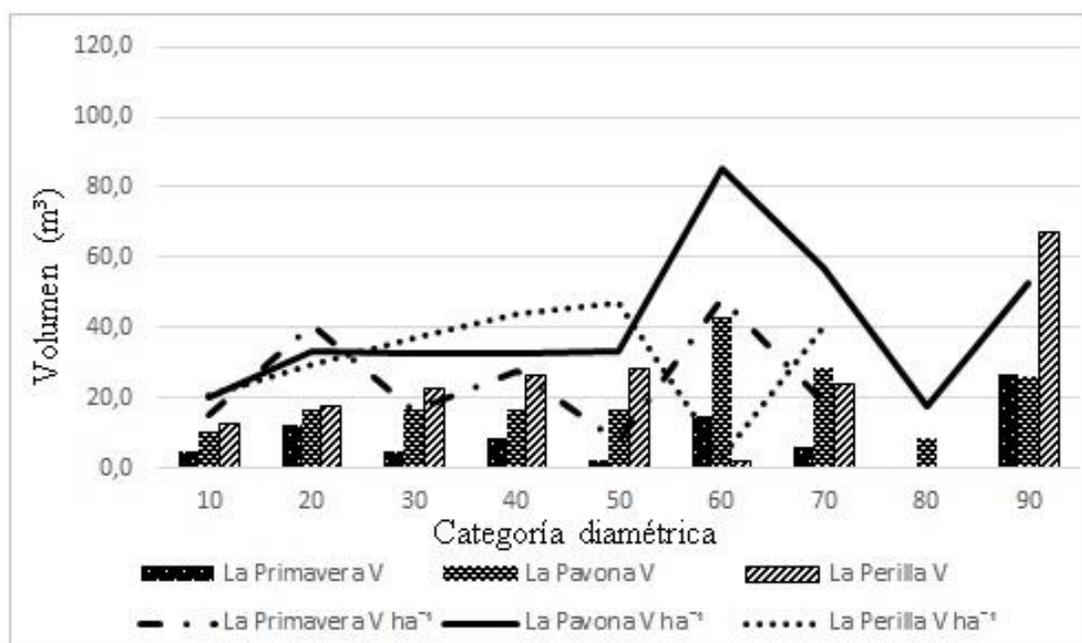


Figura 11. Distribución de volumen (V), muestreado y por hectárea por clases diamétricas en las tres fincas estudiadas, El Castillo, Río San Juan, 2012.

4.4. Contenido de carbono

4.4.1. Finca La Primavera

Entre las tres fincas estudiadas La Primavera tiene menor almacenamiento de carbono (aéreo y radicular), por hectárea con 182.21 Mg C ha⁻¹ (anexo 2), básicamente los individuos con menor estado de crecimiento en diámetro y altura, presentaron tendencias relativamente baja en el almacenamiento de carbono (cuadro 9). El 50% de los individuos inventariados están en la clase diamétrica 10-19.9, sin embargo, fue la categoría que generó menor almacenamiento de carbono con 9.67 Mg ha⁻¹, por el contrario la clase diamétrica >90 con 10 individuos por ha⁻¹, almacenó mayor carbono con 62.60 Mg ha⁻¹.

Cuadro 9. Resultados de abundancia, biomasa y carbono, por categoría diamétrica en La Primavera (resultados por ha), El Castillo Rio San Juan, 2012

PARAMETRO	CATEGORIA DIAMÉTRICA								TOTAL
	10	20	30	40	50	60	70	90	
N (arb. ha ⁻¹)	173	120	13	20	3	10	3	10	353
CA (Mg ha ⁻¹)	9.67	27.73	11.13	21.90	4.27	33.57	11.33	62.60	182.21

N: Abundancia; CA: carbono almacenado; Mg: Mega gramo; ha: hectárea.

Se determinó 5 especies representativos por su almacenamiento de carbono: *Hyeronima alchorneoides* (Nanciton), *Hirtella americana* (Barazon), *Brosimum alicastrum* Swartz (Ojoche), *Carapa guianensis* (Cedro macho) y *Pouteria sapota* (Zapotillo). Walker, 2011, establece algunos criterios por las cuales las especies arbóreas captan mayor o menor carbono, entre ellas, la abundancia, el estado de desarrollo (clases naturales de edades) y densidad de la madera, para poder comparar estos criterios analizó la densidad y estado de desarrollo del *Hyeronima alchorneoides* con una densidad de 0.71 y con 7 individuos en la clase diamétrica >90 almacenó 30.43 Mg C ha⁻¹, respectivamente un alto valor de carbono (cuadro 10).

Cuadro 10. Datos de abundancia, biomasa total y carbono almacenado, por categoría diamétrica en La Primavera, Castillo Rio San Juan, 2012

ESPECIES	PARAMETRO	CATEGORIA DIAMÉTRICA							TOTAL
		10	20	30	40	60	70	90	
<i>Hirtella americana</i>	N (arb. ha ⁻¹)	10	17		3	3			33
	CA (Mg ha ⁻¹)	1.27	4.73		2.50	11.33			19.85
<i>Carapa guianensis</i>	N (arb. ha ⁻¹)	10	3	3			3		20
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.73	0.63	2.37			11.33		15.1
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	N (arb. ha ⁻¹)							7	7
	CA (Mg ha ⁻¹)							30.43	30.45
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	N (arb. ha ⁻¹)	10	3		3			3	20
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.80	1.93		2.33			32.17	37.21
<i>Pouteria sapota</i>	N (arb. ha ⁻¹)	7	13				3		23
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.47	5.70				12.43		18.59

N: abundancia; CA: carbono almacenado; arb ha⁻¹: árbol por hectárea; Mg ha⁻¹: mega gramo por hectárea

Según Walker, (2011), establece cuatro criterios que garantiza mayor almacenamiento de carbono forestal (abundancia, volumen, estado de desarrollo y densidad de la madera), entre las cuales el estado de desarrollo o también llamados clases naturales de edades, es el criterio

con mayor significancia, ya que, un bosque desarrollado almacena mayor cantidad de carbono, para poder validar este aspecto se realizó comparaciones entre dos categorías diamétricas diferentes (10-19.19 cm; >90 cm), con la especie *Virola koschnyi*, (figura 12), en el cual se observó que 1 especie por ha⁻¹ en la categoría >90 almacenó 5.8 Mg C ha⁻¹, por el contrario en la categoría 10-19.9 cm con 27 arb ha⁻¹, almacenó 8 Mg C ha⁻¹, básicamente con poca diferencia de resultado en el almacenamiento de carbono a pesar de alta diferencia en abundancia.

La abundancia es un criterio que aumenta su importancia en el almacenamiento de carbono de acuerdo al estado de desarrollo en que se encuentre, (figura 12 y anexo 6), se puede observar que la agrupación de individuos en la clase diamétrica menos desarrollado (10-19.9 cm), tienen menor almacenamiento de carbono, que los individuos en las categorías diamétricas superiores a 40 cm, por lo tanto, la importancia de la abundancia en el almacenamiento de carbono radica al estado de desarrollo en que se encuentre, el producto de la abundancia y estado de desarrollo garantiza la optimización en el almacenamiento de carbono.

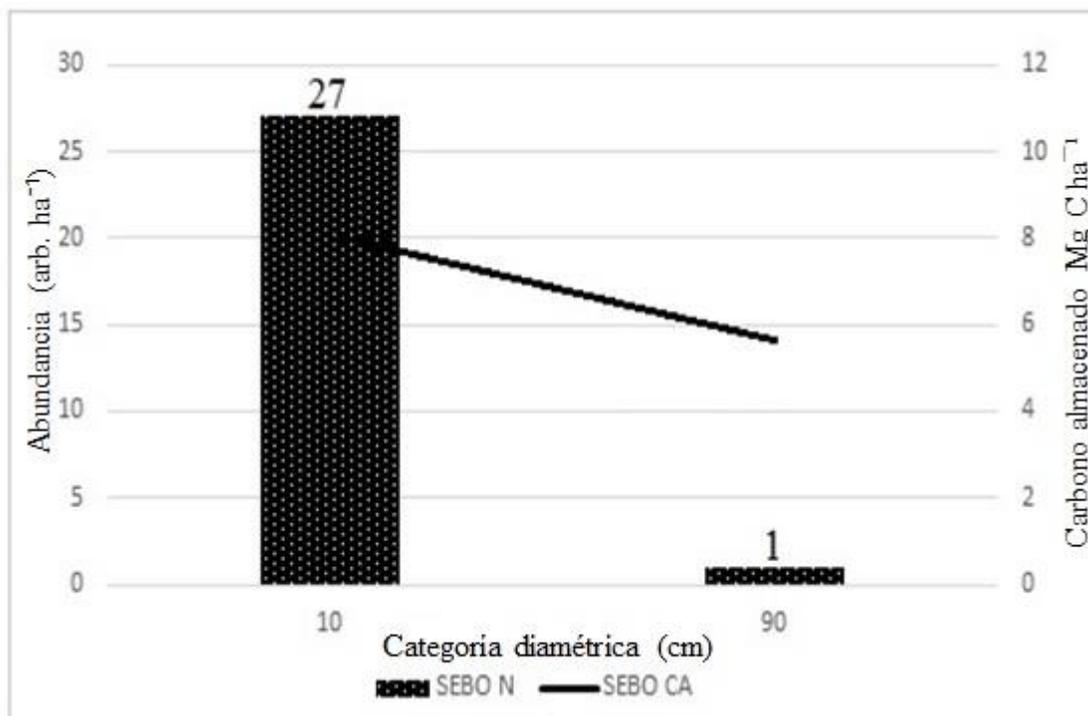


Figura 12. Comparación de árboles y carbono por hectárea entre dos categorías diamétricas de la especie *Virola koschnyi* El Castillo, Río San Juan 2012.

4.4.2. Finca La Pavona

Entre los tres sitios evaluados La Pavona, presentó mayor desarrollo en la estructura horizontal (abundancia y área basal), así como riqueza de especie, mismas tendencias ha mostrado en el almacenamiento de carbono con 195.66 Mg C ha⁻¹ (Cuadro 11).

Otros estudios realizados por Lagos y Vanegas (2003), en bosque remanente determinan 183 Mg C ha⁻¹ y en bosque no aprovechado 145.57 Mg C ha⁻¹, según estos resultados en el bosque aprovechado hay mayor almacenamiento de carbono por la dinámica de crecimiento del bosque remanente, así como la regeneración de la nueva masa, básicamente los resultados son iguales por los antecedentes de manejo forestal (bosque aprovechado).

Cuadro 11. Resultado de abundancia, biomasa y carbono por categoría diamétrica en la Pavona, El Castillo Rio San Juan, 2012

PARAMETRO	CATEGORIA DIAMÉTRICA									TOTAL
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	
N (arb. ha ⁻¹)	178	76	36	22	8	14	10	2	4	350
CA (Mg ha ⁻¹)	10.92	17.62	17.08	18.78	16.86	42.98	40.16	9.74	21.5	195.66

N: abundancia; CA: carbono almacenado; abr. ha⁻¹: árbol por hectárea; Mg ha⁻¹: mega gramo por hectárea

El resultado de carbono por categoría diamétrica revela una tendencia de crecimiento al aumentar la clase diamétrica (distribución exponencial), (cuadro 11), las agrupaciones de abundancia por clase diamétrica presentan igual comportamiento a las otras fincas estudiadas (distribución exponencial negativa), la relación de los resultados abundancia y carbono presentan comportamiento inversamente proporcional.

Un aspecto importante que se analizó, es la relación volumen y carbono almacenado, en el cual, se encontró que al aumentar el volumen también el contenido de carbono aumenta de manera proporcional (figura 13), por el contrario un estudio realizado en bosque húmedo tropical de Bonanza (RAAN) por Hernández y Pérez, 2011, encontraron que no existe aumento de carbono al aumentar el volumen y concluyen que el aumento de carbono está influenciado por la edad del bosque, sin embargo en los 4 tipos de edades (2, 10, 17 y 22), que

estudiaron encuentran un aumento de 2 años hasta 17 años y en la edad de 22 años más bien disminuye el almacenamiento de carbono, en base a este aspecto los resultados establecidos causan alta incertidumbre.

Para poder explicar si el aumento de carbono está influenciado por la edad o estado de desarrollo (clases naturales de edades) de los arboles dentro del bosque, según Serrada, 2010, cada árbol obedece a un patrón de crecimiento en base a las características edáficas, climáticas y el temperamento de la especie arbórea, así como la interacción entre especies. Basado en este precepto no es eficaz comparar edad del bosque y almacenamiento de carbono. Por lo tanto en este estudio se establece que el estado de desarrollo de los arboles está relacionado al aumento del volumen, biomasa y por lo tanto de carbono que obedece a un patrón ascendente sistemático (figura 13).

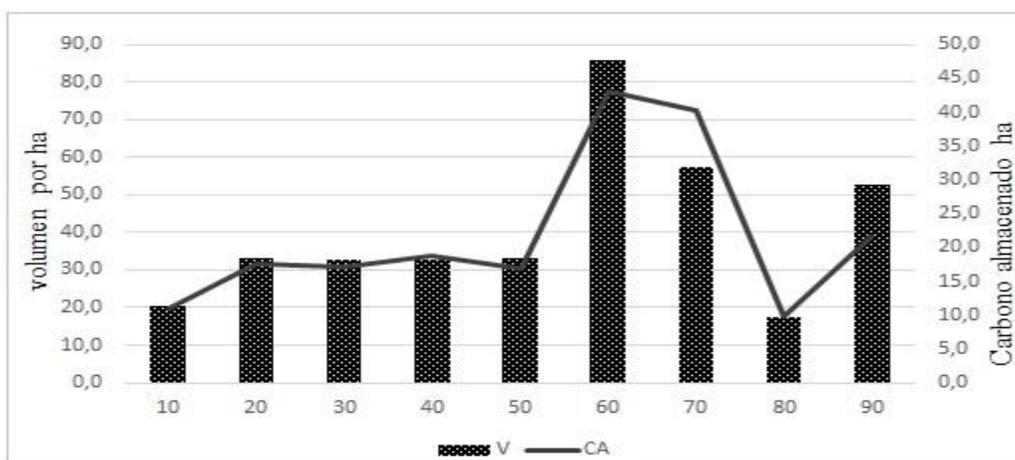


Figura 13. Comportamiento de carbono almacenado (CA) respecto al volumen (V), El Castillo Río San Juan, 2012.

Se determinó 7 especies más exclusivas en el almacenamiento de biomasa y carbono, las cuales son *Vochysia ferruginea* (Botarrama), *Laetia procera* (Poeppig.) Eichl. (Areno), *Carapa guianensis* (Cedro macho), *Pentaclethra macroloba* (Gavilán), *Dialium guianense* (Comenegro), *Saccoglottis trichogyne* Cuatr (Rosita) y *Otoba novogranatensis* (Fruta dorada). Las especies se concentran entre las clases diamétricas 10 a 60 cm, y 0.50; 0.90 g/cm³ de densidad de madera, garantizando un mayor almacenamiento de carbono (Cuadro 12).

Cuadro 12. Resultados de especies más representativos en el almacenamiento de biomasa y carbono en La Pavona, El Castillo Rio San Juan, 2012

NOMBRE COMUN	PARAMETRO	CATEGORIA DIAMÉTRICA									TOTAL
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	
<i>Laetia procera</i> (Poeppig.) Eichl.	N (arb. ha ⁻¹)	2			4			6			
	CA (Mg ha ⁻¹)	2.1			23.3			25.45			
<i>Vochysia ferruginea</i>	N (arb. ha ⁻¹)	6	2	2	2	6	4			22	
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.2	0.6	1.7	4.5	15.6	21.5			44.27	
<i>Carapa guianensis</i>	N (arb. ha ⁻¹)	6			2			2	2	12	
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.8			6.5			3.4	9.7	20.54	
<i>Dialium guianense</i>	N (arb. ha ⁻¹)	2		2		2		6			
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.2		1.3		10.1		11.68			
<i>Otoba novogranatensis</i>	N (arb. ha ⁻¹)	14	10	8		2		34			
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.6	1.3	2.9		5.8		10.75			
<i>Pentaclethar maculosa</i> (Willd)	N (arb. ha ⁻¹)	12	12	4	4	2		34			
	CA (Mg ha ⁻¹)	1.1	2.3	2.1	3.1	4.9		13.47			
<i>Saccoglotis trichogyna</i> Cuatr	N (arb. ha ⁻¹)	10	4	2		2		18			
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.5	0.7	0.8		8.2		10.42			

N: abundancia; CA: carbono almacenado; arb ha⁻¹: árbol por hectárea; Mg ha⁻¹: Mega gramo por hectárea

4.4.3. Finca La Perilla

En la finca La Perilla las categorías diamétrica de 10 a 50 cm, representa mayor abundancia de árboles con 97.5 %, misma que almacena 107.85 Mg C ha⁻¹, que equivale al 58% del carbono almacenado por hectárea (cuadro 13). El carbono total por hectárea es de 184.38 Mg C ha⁻¹.

Según CATIE (2001), la distribución horizontal de los bosques primarios intervenidos, presentan estructura comúnmente en forma de “J” invertida incompleta, básicamente por dos componentes alta abundancia de árboles en la categoría 10 a 30 y arboles poco abundante en estado maduro. Basado en este precepto podemos constatar que de la categoría diamétrica 60 a 90, representando solo el 2.5 % de la abundancia, con un almacenamiento de 76.98 Mg C ha⁻¹, equivalente al 42 % del carbono por hectárea que almacena este sitio.

Cuadro 13. Resultado de abundancia, biomasa y carbono por categoría diamétrica en La Perilla, El Castillo Rio San Juan, 2012

PARAMETRO	CATEGORIA DIAMÉTRICA								TOTAL
	10	20	30	40	50	60	70	90	
N (arb. ha ⁻¹)	228	80	38	23	20	2	5	3	400
CA (Mg ha ⁻¹)	12.20	19.35	21.77	25.00	29.53	1.95	25.83	48.75	184.38

N: abundancia; CA: carbono almacenado; arb ha⁻¹: árbol por hectárea; Mg ha⁻¹: Mega gramo por hectárea

Se determinó 6 especies más representativas en el almacenamiento de biomasa y carbono, las cuales son, *Myrcianthes fragans* (Guallabillo), *Tetragastris panamensis* (Kerosen), *Vochysia ferruginea* (Botarrama), *Carapa guianensis* (Cedro macho), *Pentaclethra macroloba* (Gavilán) y *Virola koschnyi* (Cebo). Por lo general las especies más representativas están entre el rango de 20 y 50 cm de categoría diamétrica estas especies presentan alta densidad y buen desarrollo en diámetro y altura, favoreciendo mayor almacenamiento de biomasa y carbono (Cuadro 14).

Cuadro 14. Representación de las especies más representativas por su almacenamiento de biomasa y carbono en La Perilla, El Castillo Rio San Juan, 2012

NOMBRE COMUN	PARAMETRO	CATEGORIA DIAMÉTRICA								TOTAL
		10	20	30	40	50	60	70	90	
<i>Vochysia ferruginea</i>	N (arb ha ⁻¹)	3			2				3	8
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.1			1.2				48.7	50.04
<i>Virola koschnyi</i>	N (arb ha ⁻¹)	22	5		3					30
	CA (Mg ha ⁻¹)	1.2	1.6		4.4					7.24
<i>Carapa guianensis</i>	N (arb ha ⁻¹)	17	2	2	2	3	2			27
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.5	0.1	0.3	1.4	4.0	1.1			12.37
<i>Pentaclethra macroloba</i>	N (arb ha ⁻¹)	13	10	3	5			2		33
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.6	1.5	1.1	3.2			8.1		14.72
<i>Myrcianthes fragans</i>	N (arb ha ⁻¹)	5	7					2		13
	CA (Mg ha ⁻¹)	0.2	2.2					11.6		14.1
<i>Tetragastris panamensis</i>	N (arb ha ⁻¹)		3	2	1	1				12
	CA (Mg ha ⁻¹)		1.5	2.9	1.4	1.3				7.28

N: abundancia; CA: carbono almacenado; arb ha⁻¹: árbol por hectárea; Mg ha⁻¹: Mega gramo por hectárea

Para comparar los resultados de biomasa y carbono, se tipificó en tres clases diamétricas (anexo 6), se encontró un aumento proporcional de biomasa y carbono al aumentar la categoría diamétrica, por el contrario la abundancia obedece una distribución exponencial negativo, disminuyendo a medida que aumenta la categoría diamétrica y un aumento de biomasa y carbono.

Hay mayor agrupamiento de árboles en la categoría 10 cm sin embargo es la categoría que almacenó menor carbono, la primera clasificación con un rango de 10-19.9, presentó 137 individuos almacenando solo el 7 % de biomasa y carbono, seguidamente del rango 20-39.9 con 85 árboles y 36% de biomasa y carbono y por último el rango mayor a 40 cm, con 57 % y con solo 18 individuos. Entre las tres fincas evaluadas La Perilla tienen mayor abundancia en la clase de 10-19.9, por su estado de desarrollo en un futuro este bosque generará el doble de biomasa y carbono de lo que está almacenando en la actualidad, por el procesamiento y sintetización del CO₂ por medio de la fotosíntesis, por lo tanto mayor fijación y almacenamiento de Carbono.

V. CONCLUSIONES

En las tres fincas evaluadas se identificó 31 familias botánicas, 57 géneros y 68 especies, predominando las familias Moraceae, Rubiaceae, Fabaceae, Sapotaceae, Anonaceae, Burseraceae, Cumbretaceae, Lauraceae, Meliaceae, Vochysiaceae, Mimosaceae. La mayor composición florística fue encontrado en La Pavona, con 40 especies, seguidamente La Perilla con 35 especies y La Primavera con 32 especies en un área de muestreo de 0.3 ha, básicamente los resultados no presentan diferencias significativas (χ^2 : 0.91; $P > 0.05$). Las especies *Pentaclethra macroloba* (Willd) Kuntze, *Carapa guianensis*, *Cupania cinérea*, *Otoba novogranatensis* y *Laetia procera* (Poeppig.) Eichl, presentan una distribución $\geq 4 \leq 24$ arb ha⁻¹, en las tres fincas evaluadas.

El 14% de las especies identificadas en las tres fincas tienen valor comercial, entre los individuos inventariados 96 son de valor comercial, de los cuales, el 51% pertenecen a La Perilla, en las tres fincas predominan las especies potencialmente comercial comenzando La Perilla con 46%, La Pavona con 36% y finalmente La Primavera con 18%. El bajo valor comercial de las especies explica la influencia de factores antropogénicos en estos bosques.

Los resultados de diversidad (riqueza de especie), en las tres fincas son altas sin diferencia significativa ($X^2 = 0,916$; $P > 0,05$), por la estación ecológica de la zona y posición geográfica (zona de amortiguamiento de la RBIM), por el contrario la distribución de las especie (equidad), presentan diferencias significativas por los diferentes grados y tipo de antecedente forestal (aprovechamiento selectivo). La mayor abundancia se encontró en La Perilla con 400 arb. ha⁻¹, por el contrario la mayor área basal y volumen se encontró en La Pavona.

En la finca La Pavona se encontró mayor carbono con 195.66 Mg C ha⁻¹, por estado de desarrollo de ese bosque, en segundo lugar La Perilla con 184.38 Mg C ha⁻¹ y con una mínima diferencia La Primavera con 182.21 Mg C ha⁻¹. Hay una relación proporcional de volumen y almacenamiento de carbono, estado de desarrollo y almacenamiento de carbono, así como densidad de la madera y una relación baja entre abundancia y carbono almacenado.

VI. RECOMENDACIONES

Es necesario darle el seguimiento del programa FDR/ISA, para las evaluaciones de biomasa y carbono, en los diferentes depósitos como biomasa viva herbácea, materia orgánica muerta y suelo.

Generar otros estudios sobre fijación y almacenamiento de carbono en otros sitios de Rio San Juan, tomando como basa la metodología que se establece en este estudio, por su flexibilidad y facilidad de aplicación diferentes zonas.

Como trabajo futuro a desarrollar se plantea, realizar estudios creando ecuaciones alométricas propias del sitio para validar y relacionar la metodología aplicado en este estudio.

Establecer estudios sobre el estado de las poblaciones forestal, para reforestar con especies comerciales nativas de la zona como *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla*, *Himenaea courbaril* que son especies raras en estas zonas, a pesar de la factibilidad ecológica.

VII. LITERATURA CITADA

- Brown, S; Lugo, AE.1992.** Biomass of tropical forests: A new estimate based on forest volumes. California, EU. 223 p.
- _____ **1997.** Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a primer. FAO Forestry Paper. Illinois, USA. 57 p.
- Cairns, MA; Brown, S; Helmer, EH; Baumgardner, GA. 1997.** Root biomass allocation in the world's upland forests. Oecologia. California, US. 111 p.
- Castillo B, MT; Cáceres N, MT 2009.** El bosque como fuente de alimento: Un estudio etnobotánico de plantas silvestres comestibles en tres comunidades de la Reserva Biológica Indio- Maíz, y tres comunidades de la Reserva de Biosfera BOSAWAS. Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 88 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2001.** Aprovechamiento forestal mejorado en bosque de producción: Estudio de caso Los Filos, Rio San Juan, Nicaragua. Ed. C Sabogal. Turrialba, CR. Serie técnica No 323, 63 p.
- _____ **(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2002.** Inventario Forestal para bosques Latifoliadas en América Central .ed. L Orosco; C Brome. Turrialba, CR. 264 p.
- _____ **(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2004.** Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Ed. OV Lorena. Turrialba, CR. 315 p.
- Chassot, O; Monge, G. 2008.** Experiencia binacional para la conservación de la Lapa Verde, Nicaragua-Costa Rica 2000-2008. San Pedro, CR. 117 p.
- Clark, DA; Klark, DB. 1992.** Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. Ecological Society of America. San Pedro, CR. 344 p.
- Díaz R, ES. 2012.** Estudio de la composición florística del bosque ripario en la microcuenca La Laguneta, municipio de Pueblo Nuevo, Estelí. Tesis Ing. Forestal. Managua, NI. UNA. 30 p.
- Duaber, E. 1995.** Guía práctica y teórica para el diseño de un inventario forestal de reconocimiento. USAID. Santa Cruz, BO. 24 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, EU). 2000.** Evaluación de los recursos forestales mundiales. California, ES. 19 p.

- FDR (Fundación del Río, NI). 2012.** Fundación para la conservación y desarrollo del sureste de Nicaragua (Diapositiva). Ed. A Ruíz. Managua, NC. 15 Diapositiva.
- FUNDAR (Fundación Amigos del Río San Juan). 2004.** Plan de manejo de la Reserva Biológica Indio Maíz. Período 2005-2010. SINIA. Managua, NI. 87 p.
- Gallego, B. 2002.** Estructura y composición de un paisaje fragmentado y su relación con especies arbóreas indicadoras en una zona de bosque muy húmedo tropical de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Ed. CATIE. Turrialba, CR. 105 p.
- Gallego, B, Finegan, B. 2004.** Evaluación de enfoques para la definición de especies arbóreas indicadoras para el monitoreo de la biodiversidad en un paisaje fragmentado del Corredor Biológico Mesoamericano. Turrialba, CR. 41 p.
- Gonzales, R; Mulualem T; Karin G; Castro M; Christer O. 2005.** Species Composition, Diversity and local uses of Tropical Dry Deciduous and Gallery Forests in Nicaragua. Managua, NI. 121 p.
- Guardia V, S. 2004.** Dinámica y efecto de un tratamiento silvicultural en el bosque secundario “Florencia”, San Carlos, Costa Rica. Ed. CATIE. Magister Scientie. Turrialba, CR. 108 p.
- Hernández, D; Pérez, CR. 2011.** Cuantificación de carbono fijado en el bosque tropical húmedo secundario en el municipio de Bonanza, RAAN. Tesis ing. Forestal. Managua, NI. UNA. 63 p.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, PR). 2010.** Guía para la formulación y gestión de planes de desarrollo rural sostenible: un abordaje participativo con enfoque territorial. Ed. A Renault. Asunción, PR. 88 p.
- INAFOR (Instituto Nacional Forestal, NI). 2008.** Resultado de inventario nacional forestal. Nicaragua, NI. 232 p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, NA). 2005.** Resumen para responsables de políticas para la captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Eds. B Metz; O Davidson; H Coninck; M Loos; L Meyer. Kenia, NA. 66 p.
- Kiara, RL. 2011.** Fincas del programa pagos por servicios ambientales. FDR, PSA. Río San Juan, NI. Esc. 1/25000. Color.
- Lagos R, OJ; Vanegas B, SS.2003.** Impacto del aprovechamiento forestal en la biomasa y carbono de bosques naturales de Nueva Quezada, Río San Juan. Ed. UCA. Managua, NC. 79 p.

- MacDicken, K. 1997.** A Guide to Monitoring Carbon Storage in Forestry and Agroforestry Projects. Winrock international Institute for Agricultural Development Arlington. California, EU. 87 p.
- MAGFOR (Ministerio de Agricultura y Forestal, NI); FDR (Fundación del Rio). 2011.** Fincas del programa pagos por servicios ambientales. Rio san Juan, NI. Esc. 1/90000. Color.
- Magurran A, E. 1988.** Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press. New Jersey, US. 179 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NI)/INAFOR (Instituto Nacional Forestal, NI). 2002.** Guía de especies forestales de Nicaragua. 2.ed. Managua, NI. 160 p.
- _____ **(Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NI). 2006.** Evaluación del estado actual de las poblaciones de 23 especies forestales en bosques naturales en el municipio de El Castillo, Rio San Juan, Nicaragua. Ed. F Díaz. Managua, NI. 118 p.
- _____ **(Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, NI)/FUNDAR (Fundación Amigos del Rio San Juan NI). 2006.** Plan de Manejo Reserva Biológica Indio Maíz: Periodo 2005-2010. Managua, NI. 241 p.
- Moreno, C E. 2001.** Manual y tesis SEA: Métodos para medir la biodiversidad. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Agricultura (UNESCO). Zaragoza, ES, 86 p
- NTON (Normas Técnicas Obligatoria Nicaragüense, NI). 2001.** Normas Técnicas para el Manejo Sostenible de los Bosques Naturales Latifoliados y de Coníferas. Ed. INAFOR. Managua, NI. 16 p.
- Ordoñez, B. 1991.** Captura de carbono en bosque templado: el caso de San Juan Nuevo. Michoacán, DF. 72 p.
- Peet, RK. 1974.** The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics. Ed. JATOR. New York, US. 307 p.
- ProDeSoc (Programa para el desarrollo rural sostenible, NI), 2006.** Manejo y Aprovechamiento Forestal de Bajo Impacto Experiencias de campesinos en el trópico húmedo de Nicaragua. Boca de Sábalo, NI. 39 p.
- _____ **(Programa para el Desarrollo Rural Sostenible en el Municipio de El Castillo, NI). 2009.** Los bosques de El Castillo. SIMAS. El Castillo, NI. 76 p.

- Qinghong, L. 1995.** A model for species diversity monitoring at community level and its applications. Environmental Monitoring and Assessment, Dordrecht. Florida, US. 287 p.
- Sabogal, C.; Castillo, A. Carrera, F.; Castañeda, A. 2001.** Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción: Estudio de caso Los Filos, Río, San Juan, Nicaragua. Serie Técnica. Informe Técnico N° 323. 57 p.
- Serrada, R. 2010.** Apuntes de silvicultura general y repoblaciones forestales de Rafael Serrada. Ed. SECF. Madrid, ES. 603 p.
- Smith, J; Sabogal, C; De Jong W; Kiamowitz, D. 1997.** Bosques secundarios como recurso para el desarrollo rural y la conservación ambiental en los trópicos de América Latina. Ed. CIFOR. Yakarta, ID. 27 p.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura); PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1980.** Ecosistemas de los bosques tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, Madrid, ES. 573 p.
- Walker, W. 2011.** La estimación de biomasa y carbono forestal. Manual de campo. Ed. Woods Hole Research Center. California, US. 72 p.
- Zanne, AE; Lopez G, G; Coomes, DA; Ilic, J; Lewis, SL; Miller, RB; Swenson, NG; Wiemann, MC; Chave, J. 2009.** Global wood density database. California, EU. 366 p.

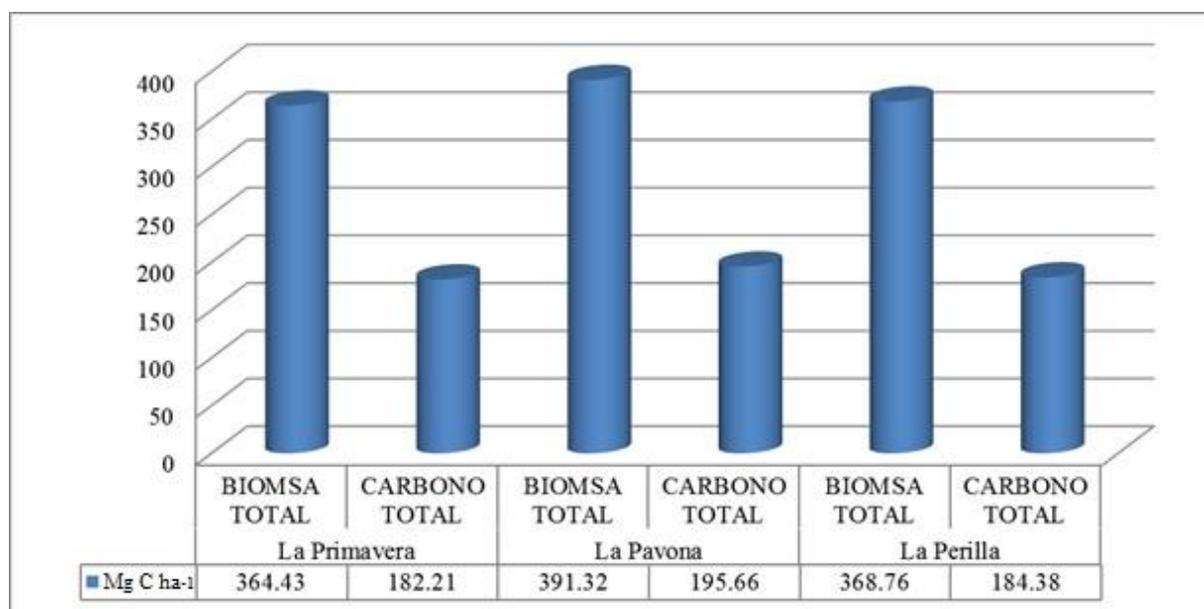
ANEXOS

Anexo 1. Formato de campo para el levantamiento de datos dendrométrico en las fincas asociadas a FDR/ISA, El Castillo Rio San Juan, 2012

FORMATO DE CAMPO						
		FUNDACIÓN DEL RÍO INVERSIÓN EN SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL				
					UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA	
N°	PARCELA	LINEA DE INVENTARIO	NOMBRE COMUN	DAP	ALTURA FUSTAL	ALTURA TOTAL
1	1	1				
2	1	1				
3	1	1				
4	1	1				
5	2	1				
6	2	1				
7	2	1				
8	3	2				
9	3	2				
10	3	2				

DAP: Diámetro a la altura del pecho.

Anexo 2. Representación de la biomasa total y carbono almacenado entre las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012



Anexo 3. Especies forestales identificadas en las tres fincas evaluadas, El Castillo Rio San Juan, 2012

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	Nº
Aceituno	<i>Simarouba glauca</i> Aubl.	Simaroubaceae	5
Aguacatillo	<i>Hernandia sonora</i>	Hernandiaceae	1
Alcanfor	<i>Proium panamense</i> (Rose)I.M. Johnston	Burseraceae	7
Algodón	<i>Calotropis pacera</i>	Euphorbiaceae	3
Almendro	<i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell	Fabaceae	9
Anonillo	<i>Annona reticulata</i> L.	Annonaceae	3
Areno	<i>Aspidosperma magalocarpon</i>	Apocynaceae	25
Balsa	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urban.	Bombacaceae	1
Barazon	<i>Eugenia glabra</i>	Myrtaceae	15
Bimbayan	<i>Vitex cymosa</i>	Verbenaceae	1
Botarrama	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Vochysiaceae	16
Cachito	<i>Stemmadenia obovata</i>	Apocynaceae	5
Canelo	<i>Licania sp.</i>	Chrysobalanaceae	13
Canjuro	<i>Albizia lebbbeck</i> (L)	Fabaceae	5
Caobillo	<i>Platimiscium dimorphandrum</i>	Fabaceae	4
Capirote	<i>Hippotis albiflora</i>	Rubiaceae	10
Capulin	<i>Trichospermum grewifolium</i>	Tiliaceae	1
Cedro macho	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	Meliaceae	28
Chaperno	<i>Albizia marginata</i>	Fabaceae	7
Chilamate	<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	1
Cola de pava	<i>Cupania sinerea</i>	Sapindaceae	26
Comenegro	<i>Dialium guianense</i>	Caesalpinioideae	3
Concha de Cangrejo	<i>Alchornea sp.</i>	Euphorbiaceae	3
Costilla de danto	<i>Lecointea amazonica ducke</i>	Fabaceae	10
Fruta dorada	<i>Otoba novogranatensis</i>	Myristicaceae	27
Gavilan	<i>Pentaclethra macroloba</i> (Willd) Kuntze	Mimosoideae	37
Granadillo	<i>Dalbergia glomerata</i> Hemsl.	Fabaceae	2
Guabillo	<i>Inga vera</i>	Mimosoideae	1
Guabo	<i>Inga coruscans</i>	Mimosoideae	12
Guanacaste negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Kuntze	Fabaceae	1
Guarumo	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Moraceae	3
Guayabillo	<i>Myrcianthes fragans</i>	Myrtaceae	8
Guayabo coral	<i>Schizolobium parahyba</i>	Cumbretaceae	1
Guayabo de Charco	<i>Terminalia amazonia</i>	Combretaceae	1
Guayabon	<i>Terminalia amazónica</i> (J. F. Gmel.) Exell	Cumbretaceae	3

Anexo 3 continuación...

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA	N°
Kerosen	<i>Tetragastri panamensis</i>	Burseraceae	13
Lagarto	<i>Zanthoxylum belicense</i>	Rutaceae	1
Laurel negro	<i>Cordia alliodora</i> (R&P.) Oken	Boraginaceae	2
Santa maria	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	Clusiaceae	7
Leche vaca	<i>Iacmellea panamensis</i>	Apocynaceae	10
Manga larga	<i>Laetia thamnina</i>	Salicaceae	22
Nancitón	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	8
Naranjito	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	Rutaceae	4
Nispero	<i>Manilkara chicle</i> (Pittier) Gilly	Sapotaceae	3
Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	Moraceae	15
Ojoche Macho	<i>Brosimum guianensis</i>	Moraceae	3
Palo de agua	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn	Vochysiaceae	8
Palo de piedra	<i>Minquartia guianensis</i>	Olacaceae	3
Panama	<i>Sterculia apetala</i> (jacq.)	Malvaceae	2
Papaturro	<i>Coccoloba uvifera</i> L.	Polygonaceae	2
Pasica	<i>Pourouma apiculata</i>	Moraceae	3
Pata de venado	<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Leguminosae	1
Pellejo de vieja	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	Fabaceae	8
Plomo	<i>Zollernia ilicifolia</i>	Flacourtiaceae	2
Plumillo	<i>Lunania parviflora</i>	Flacourtiaceae	2
Rosita	<i>Saccoglossum trichogyna</i> Cuatr.	Meliaceae	4
Sangredrigo	<i>Croton panamensis</i>	Fabaceae	15
Sebo	<i>Virola koschnyi</i> Warb.	Myristicaceae	19
Sombrillo	<i>Vixa Orellana</i>	Annonaceae	3
Tabacon	<i>Cespedesia macrophylla</i>	Ochnaceae	13
Tamarindo	<i>Dialium guianensis</i>	Fabaceae	7
Tempisque	<i>Sideroxylon capiri</i>	Tutaceae	3
Uva	<i>Ardisia compressa</i>	Myrsiniaceae	1
Yayo	<i>Ampelocera hottlei</i>	Ulmaceae	5
Yema de huevo	<i>Chimarrhis latifolia</i> Standl	Salicaceae	2
Zapote mico	<i>Couroupita guianensis</i>	Sapotaceae	6
Zapotillo	<i>Chrysophyllum</i> sp.	Sapotaceae	18
Zopilote	<i>Guarea</i> sp.	Meliaceae	6

Anexo 4. Clasificación de las especies forestales identificadas por su valor comercial y por su abundancia, El Castillo Rio San Juan, 2012

TE	NOMBRE BOTÁNICO	CATEGORIA DIAMETRICA									ha	A
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
3	<i>Laetia thamnia</i>	15	5	4	1						25	EA
2	<i>Pentaclethra maculosa</i> (Willd) Kuntze	14	12	4	5		1	1			37	EA
3	<i>Otoba novogranatensis</i>	13	7	5			2				27	EA
2	<i>Cupania sinerea</i>	18	5	3							26	EA
1	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.	16	2	2	1	2	2	2	1		28	EA
2	<i>Aspidosperma magalocarpon</i>	13	8	1	1			2			25	EA
2	<i>Chrysophyllum</i> sp.	11	8	1			1				21	EPC
2	<i>Couroupita guianensis</i>	3	1	1							5	EPC
3	<i>Ampelocera hottlei</i>	5	2	1							8	EPC
2	<i>Dialium guianensis</i>	2		1	2	3					8	EPC
3	<i>Cespedesia macrophylla</i>	11	1								12	EPC
3	<i>Vixa Orellana</i>	3	1		1						5	EPC
1	<i>Virola koschnyi</i> Warb.	14	4		2						20	EPC
1	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	1	3	1	2						7	EPC
2	<i>Croton panamensis</i>	3	2	1	1						7	EPC
2	<i>Saccogl s trichogyna</i> Cuatr.	6	2	1				1			10	EPC
3	<i>Lonchocarpus phaseolifolius</i>	2	4	2							8	EPC
2	<i>Brosimum guianensis</i>	4	1								5	EPC
2	<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	15	3		1	1				1	21	EPC
1	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao	2	3		1					2	8	EPC
3	<i>Lacmellea panamensis</i>	3		2	2	2					9	EPC
3	<i>Tetragastri panamensis</i>	1	5	3	3	1					13	EPC
3	<i>Myrcianthes fragans</i>	3	4					1			8	EPC
3	<i>Inga coruscans</i>	12	1	1							14	EPC
3	<i>Lecointea amazonica ducke</i>	3	6	1							10	EPC
3	<i>Albizia marginata</i>	4	1	2							7	EPC
3	<i>Hippotis albiflora</i>	7	1	1		1					10	EPC
3	<i>Albizia lebbeck</i> (L)	4	1								5	EPC
3	<i>Licania</i> sp.	10	3								13	EPC
3	<i>Stemmadenia obovata</i>	1	2		2						5	EPC
1	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	5	1		2	1	3		2	2	16	EPC
3	<i>Eugenia glabra</i>	8	5		1		1				15	EPC
1	<i>Dipteryx panamensis</i> (Pittier) Record & Mell	3	2		2	2					9	EPC
3	<i>Proium panamense</i> (Rose)I.M. Johnston	3	4								7	EPC
2	<i>Simarouba glauca</i> Aubl.	3	1	1							5	EPC

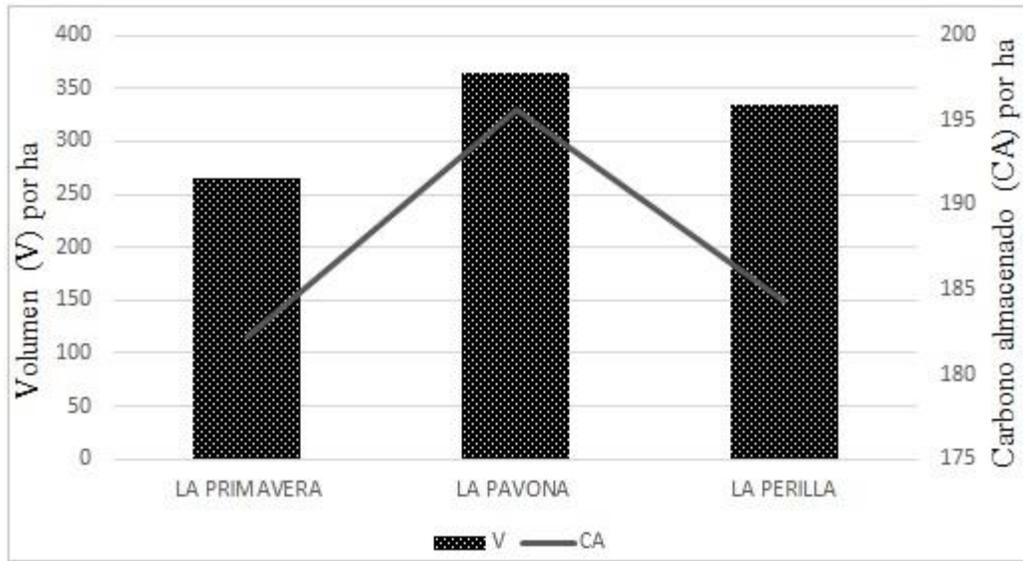
TE: Tipo de especie, A: abundancia (González, 2005), ha: hectárea, EA: especie abundante, EPC: especie poco común, ER: especie rara.

Anexo 4 continuación...

TE	NOMBRE BOTANICO	CATEGORÍA DIAMÉTRICA									ha	A
		10	20	30	40	50	60	70	80	90		
3	<i>Guarea sp.</i>	2									2	ER
3	<i>Chimarrhis latifolia</i> Standl		1								1	ER
3	<i>Ardisia compressa</i>	1	1								2	ER
2	<i>Sideroxylon capiri</i>		1								1	ER
3	<i>Lunania parviflora</i>	4									4	ER
3	<i>Zollernia ilicifolia</i>	1									1	ER
3	<i>Bauhinia pauletia</i>	1									1	ER
3	<i>Pourouma apiculata</i>	1									1	ER
3	<i>Coccoloba uvifera</i> L.	2									2	ER
2	<i>Sterculia apetala</i> (jacq.)	1		1							2	ER
2	<i>Minquartia guianensis</i>	1				2		1			4	ER
2	<i>Vochysia guatemalensis</i> Donn			1							1	ER
1	<i>Manilkara chicle</i> (Pittier) Gilly			2	1						3	ER
3	<i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.	2									2	ER
2	<i>Cordia alliodora</i> (R&P.) Oken	1									1	ER
2	<i>Zanthoxylum belicense</i>	1									1	ER
1	<i>Terminalia amazónica</i> (J. F. Gmel.) Exell		1			2					3	ER
2	<i>Terminalia amazonia</i>							1			1	ER
2	<i>Schizolobium parahyba</i>		1	1							2	ER
3	<i>Cecropia obtusifolia</i>	2	1								3	ER
1	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Kuntze	1									1	ER
3	<i>Inga vera</i>		1								1	ER
1	<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.	2									2	ER
3	<i>Alchornea sp.</i>	3									3	ER
2	<i>Dialium guianense</i>	1		1			1				3	ER
3	<i>Ficus sp.</i>	1									1	ER
2	<i>Trichospermum grewifolium</i>	1									1	ER
3	<i>Platimiscium dimorphandrum</i>	2	2								4	ER
3	<i>Vitex cymosa</i>	1									1	ER
3	<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urban.		1								1	ER
3	<i>Annona reticulata</i> L.	2	1								3	ER
3	<i>Calotropis pacera</i>	2	1								3	ER
3	<i>Hernandia sonora</i>	1									1	ER

TE: Tipo de especie, A: abundancia (González, 2005), ha: hectárea, EA: especie abundante, EPC: especie poco común, ER: especie rara.

Anexo 5. Relación volumen y almacenamiento de carbono en las tres fincas evaluadas, El Castillo, Río San Juan, 2012



Anexo 6. Resultados de la relación entre abundancia (N) y categoría diamétrica (tipificado en tres grupos), en el almacenamiento de biomasa (BT) y carbono (CA) en La Perilla, El Castillo Río San Juan, 2012

