



Universidad Nacional Agraria
Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

Trabajo de Graduación

**Patrón de distribución espacial de siete especies de
valor comercial en áreas de bosques intervenidos y no
intervenidos en tres comunidades del municipio El
Castillo, Rio San Juan**

Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal

Autor:

Br. Rafael Armando Chamorro Vásquez

Asesores

Ing. Álvaro Noguera Talavera

Ing. Andrés López

Managua, Nicaragua

Junio, 2011



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

Universidad Nacional Agraria

Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente

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

Miembros del Tribunal Examinador

Dr. Benigno González.

Presidente

Msc. Francisco Reyes Flores

Secretario

Ing. Claudio Calero González.

Vocal

Managua 17 de Junio del año 2011

CONTENIDO	PAG
I.INTRODUCCION	1
II.OBJETIVOS Objetivo general Objetivos específicos	2
III.MATERIALES Y METODOS	
2.1 Descripción del área de estudio	3
2.1.1 Localización	3
2.1.2 Las comunidades y el contexto relacionado al aprovechamiento del recurso bosque	4
2.1.3 Características biofísicas	5
2.2 Proceso Metodológico	6
2.2.1 Selección de Sitios	6
2.2.2 Selección de las especies de interés	6
2.2.3 Establecimiento, diseño y tamaño de las parcelas de muestro	7
2.2.4 Variables tomadas en el bosque	8
2.2.5 Caracterización fisionómica y estructural de los sitios en los que se realizo el muestreo	8
2.3. Análisis de la información	9
2.3.1 Clasificación de las especies a partir de la abundancia en cada sitio muestreado	9
2.3.2 Determinación del patrón de distribución espacial: El método del vecino más cercano, y el método de interpolación estadístico	9

III. RESULTADOS Y DISCUSION	
3.1 Caracterización de los sitios estudiados	13
3.1.1 Área de bosques no intervenido	13
3.1.2 Área de bosques intervenido	13
3.2 Abundancia de individuos por especie por sitio muestreado	13
3.3 Área basal de las especies por sitio muestreado	16
3.4 Tipo de patrón espacial de las especies con base en la aplicación del método del vecino más cercano	18
3.5 Índice de agregación “R” y su relación con el patrón espacial de las especies estudiadas	20
3.6 Predicción de la distribución espacial con el uso de sistema de información geográfica	23
3.7 Contribución del estudio de patrón espacial a las actividades de aprovechamiento forestal	24
IV. CONCLUSIONES	26
V. RECOMENDACIONES	27
VI. LITERATURA CITADA	28
VII. ANEXOS	30

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Dios: Señor creador de todas las cosas que me ha brindado amor y bendiciones infinitas durante los años de mi vida.

A mi amada madre Leyla Vásquez Chavarría, le doy gracias por darme el derecho a la vida, aconsejarme todos los días de mi vida y durante mis estudios universitarios, por haber confiado siempre en mi persona y por tenerme paciencia y comprensión.

A mí querido padre de crianza Eddy Chavarría por su apoyo y sacrificios durante mis estudios superiores y por estar siempre atento y pendiente de mí en los momentos más difíciles de mi vida dándome consejos, amor y sobre todo ejemplo para salir adelante luchando cada día.

A mis hermanos Lenia, Gabriela, Eddy, Elvis, Freddy, Jonathan, a quienes quiero mucho y los aconsejo para que salgan adelante con el sacrificio que hacen nuestros padres.

A mi padre Armando Chamorro por confiar en mí y apoyarme en lo que estuvo a su alcance durante mi preparación.

A una de mis tías muy especial Olimpia Vásquez Chavarría que siempre me ha ayudado dándome consejos y fuerza y motivaciones para salir adelante.

A todas las personas que yo quiero mucho en esta vida y a las antes mencionadas, a quienes yo admiro mucho por ser ejemplos de humildad, honestidad y fortaleza, y espero estén orgullosas y felices por haberme ayudado de una u otra manera este logro hecho realidad.

Gracias...

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a Dios por darme fe, sabiduría y paciencia para culminar mis estudios y este trabajo de diploma.

Expreso mis más sincero agradecimiento a las siguientes personas que de una u otra forma estuvieron involucrada directa o indirecta con la realización de este trabajo.

Ing. Alvaro Noguera Talavera que me brindo la oportunidad y me asesoro para realizar este trabajo, al Ing. Andrés López quien me asesoro durante la realización de este con gran disponibilidad y paciencia, ya que sus ayuda fue de gran importancia, utilidad y muy valiosa.

A todos los profesores fuentes del conocimiento en la educación y formación de todos los profesionales que esta alma mater prepara para enfrentar la realidad de la vida, por los consejos que estos mismos nos dan y por el respaldo incondicional que algunos profesores me otorgaron durante mis estudios.

A mi familia Chavarría Vásquez y en especial a Eddy Chavarría quienes me impulsaron moral y económicamente para culminar mis estudios universitarios, que de una u otra manera me ayudaron, gracias por haber confiado en mi persona.

A una persona muy especial Arlen Centeno quien ha estado a mi lado ayudándome, animándome y compartiendo tristeza y alegrías en los momentos que más he necesitado ayuda moral y económica para finalizar mis estudios le doy gracias por tenerme paciencia, confianza y brindarme todo su apoyo incondicional.

A todas aquellas personas y amigos que siempre estuvieron involucradas en la obtención de esta mata.

Gracias....

CUADROS	INDICE DE CUADROS	PAG
Cuadro 1.	Valores de abundancia (ind-ha ⁻¹) de siete especies en dos tipos de bosques en el área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio Maíz.	14
Cuadro 2.	Valores de área basal total y por especie en dos tipos de bosque del área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio Maíz.	16
Cuadro 3.	Valores promedios del índice de agregación y desviación estándar de siete especies arbóreas en dos tipos de bosque del área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz.	17
Cuadro 4.	Tipo de patrón espacial determinado para siete especies de valor comercial en bosques con diferente condición en el área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz.	19

FIGURAS	INDICE DE FIGURAS	PAG
Figura 1	Ubicación de las parcelas de muestreo en el Municipio de El Castillo, Departamento de Río San Juan, Nicaragua, 2008	3
Figura 2	Diseño y tamaño de las parcelas de muestreo en el Municipio de El Castillo, Departamento de Río san Juan, Nicaragua, 2008	8
Figura 3	Predicción de la superficie de distribución espacial con el uso de sistema de información geográfica.	23

ANEXOS	INDICE DE ANEXOS	PAG
Anexo 1	Abundancia (Indiv-ha ⁻¹) de las siete especies estudiadas por tipo de bosque.	30
Anexo 2	Área basal (m ² -ha ⁻¹) de las siete especies estudiadas por tipo de bosque.	31
Anexo 3	Distribución de la abundancia (indiv-ha ⁻¹) y área basal (m ² -ha ⁻¹) por tipo de bosque.	32
Anexo 4	Resultado del cálculo de los parámetros del método del vecino más cercano propuesto por Clark y Evans (1954), en Krebs (1999), por tipo de bosque.	33
Anexo 5	Glosario de términos de importancia relacionados al estudio de patrón espacial.	35

Resumen

Es ampliamente conocido el hecho que una de las mayores dificultades para el aprovechamiento de los bosques tropicales, es la forma en que las especies forestales están distribuidas dentro del bosque; es decir, su distribución espacial. En vista de lo anterior, se realizó en el bosque húmedo tropical del municipio El Castillo, Río San Juan, un estudio del patrón de distribución espacial de siete especies de valor comercial; para analizar el tipo de patrón espacial y la estructura con el fin de generar criterios técnicos para un aprovechamiento forestal de bajo impacto. Fueron establecidas siete parcelas de muestreo temporal con dimensiones de 150m x 150m; cinco parcelas se establecieron en sitios intervenidos, y dos parcelas se ubicaron en sitios sin intervención antropogénicas. Las variables tomadas fueron: especie, distancia entre individuos y diámetro. Se aplicó el método del vecino más cercano y el método de interpolación estadística (Inverse Distance Weighting) para determinar el patrón y superficie de distribución de las especies y se relacionó la abundancia de las especies con el tipo de patrón. Los sitios no intervenidos presentaron una estratificación más completa. Producto del gremio ecológico y condiciones predominantes se observó mayor abundancia en los sitios intervenidos; aunque de manera general las siete especies presentaron baja abundancia. El bosque no intervenido registró un valor ligeramente superior en área basal ($5.38 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en comparación al bosque intervenido ($5.29 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$). En áreas de bosque no intervenido todas las especies presentan un mismo tipo de patrón de distribución; siendo este patrón de tipo regular, el cual se diferencia levemente del presentado por las mismas especies en el bosque intervenido. La existencia de patrón regular y aleatorio contribuirá eventualmente a una disminución en los costos del inventario forestal ya que estos patrones sugieren altas frecuencias de las especies en un área y por tanto mayor probabilidad de ser encontradas distribuidas de manera homogénea. El método de la distancia inversa permitió hacer predicciones más precisas de la ubicación-distribución de las especies, las que no fueron diferentes de las obtenidas mediante la aplicación de vecino más cercano.

Abstract

It is commonly known that spatial pattern distribution of trees in forest it is the major difficulty to logging. A study of spatial pattern of distribution of seven valuable commercial species was carried out in humid forest at El Castillo, Rio San Juan, considering the forest condition. Aim of study was obtain technical criteria to reach a low impact logging. Seven temporal plots with 150m x 150m were established, five plots were established in altered sites and two in unaltered sites. Species, distance among individuals and diameter were taken. The Nearest-Neighbor and Inverse Distance Weighting Methods were used to know the pattern and area of distribution. The unaltered sites had the most complete stratification. Due to ecological groups of species and forest conditions, altered sites had major abundance, although all seven species had low abundance. Unaltered forest had more basal area than altered forest. In unaltered forest all species showed a regular spatial pattern of distribution, which was different to some species in altered forest. Regular and random pattern could help to reduce costs in logging activities as forest inventory, due to species with these patterns tend to have high frequency and the same distribution. The Inverse Distance Weighting allowed to do more accurate predictions of the location-distribution of species, that were not different from obtained with nearest neighbor application.

I. INTRODUCCION

En Nicaragua se cuenta con muy pocos estudios ecológicos que refuercen las bases del manejo de bosques latifoliados. Un primer esfuerzo en este campo se inicio en 1990 a través del proyecto desarrollo de sistemas de producción sostenible para el aprovechamiento de los bosques tropicales húmedos en la zona de Rio San Juan, ejecutado por la Universidad Centroamericana (UCA), con la asesoría técnica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el apoyo financiero de la agencia (SAREC) (Sabogal *et al.*, 2001).

El aprovechamiento forestal ha sido conocido como la actividad más importante en el manejo forestal, pero así mismo es la que menos atención ha recibido; por lo que comúnmente se considera que este debe ser lo suficientemente rentable para financiar las demás actividades de manejo, de lo contrario estará destinado al fracaso (CATIE 1997).

Es ampliamente conocido el hecho de que una de los mayores problemas para el aprovechamiento de los bosques tropicales, es la forma en que las especies forestales están distribuidas dentro del bosque; es decir, su distribución espacial. El hecho de que las especies forestales valiosas se hallan en forma esporádica, limita las posibilidades de un aprovechamiento planificado y aumenta considerablemente los costos de extracción y el impacto mismo (Malleux, 2007). El problema en mención puede ser resuelto mediante la aplicación de métodos que permitan el conocimiento del patrón de distribución de especies de interés.

Por lo expuesto anteriormente este estudio tiene como objetivo principal la determinación del patrón de distribución espacial de las especies maderables de interés tanto ecológico como comercial, que contribuya a disminuir los daños ocasionados producto de las intervenciones forestales, así como también; contribuyan a la reducción de costos en las actividades planificadas para el aprovechamiento y fortalecer así las bases para el manejo sostenible del recurso bosque.

II. OBJETIVO GENERAL

Analizar el tipo de patrón espacial y la estructura de siete especies de valor comercial en áreas de bosque húmedo tropical con el fin de generar criterios técnicos para un aprovechamiento forestal de bajo impacto.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Caracterizar la estructura y fisonomía de los sitios muestreados.
2. Determinar la abundancia y área basal de individuos de siete especies bajo diferentes estados del bosque
3. Determinar el tipo de patrón de distribución espacial de siete especies en los sitios muestreados con base el método de Krebs (índices R y Z), y el uso de Sistemas de información geográfica.

HIPOTESIS

Ho: Los bosques intervenidos presentan especies con patrones de distribución espacial diferentes a las áreas de bosques no intervenidos.

Ha: Los bosques intervenidos presentan especies con patrón de distribución espacial iguales a las áreas de bosques no intervenidos.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción general del área estudio

2.1.1 Localización

El estudio se realizó en las comunidades Filas Verdes, Laureano Mairena y Las Maravillas en el Municipio El Castillo, Departamento de Río San Juan. El Castillo se localiza entre las coordenadas geográficas $11^{\circ} 02' 26''$ y $11^{\circ} 02' 43''$ de latitud Norte y $84^{\circ} 20' 19''$ y $84^{\circ} 20' 46''$ de longitud Oeste (figura 1). Los límites geográficos del municipio son: al Norte con el Departamento de Chontales, al Sur con Costa Rica, al Noroeste con el Departamento de Zelaya o Región Autónoma del Atlántico Sur y al Oeste con el gran Lago de Nicaragua (MARENA y FUNDAR, 2006). Este estudio se realizó de Julio del 2007 a Septiembre del 2008.

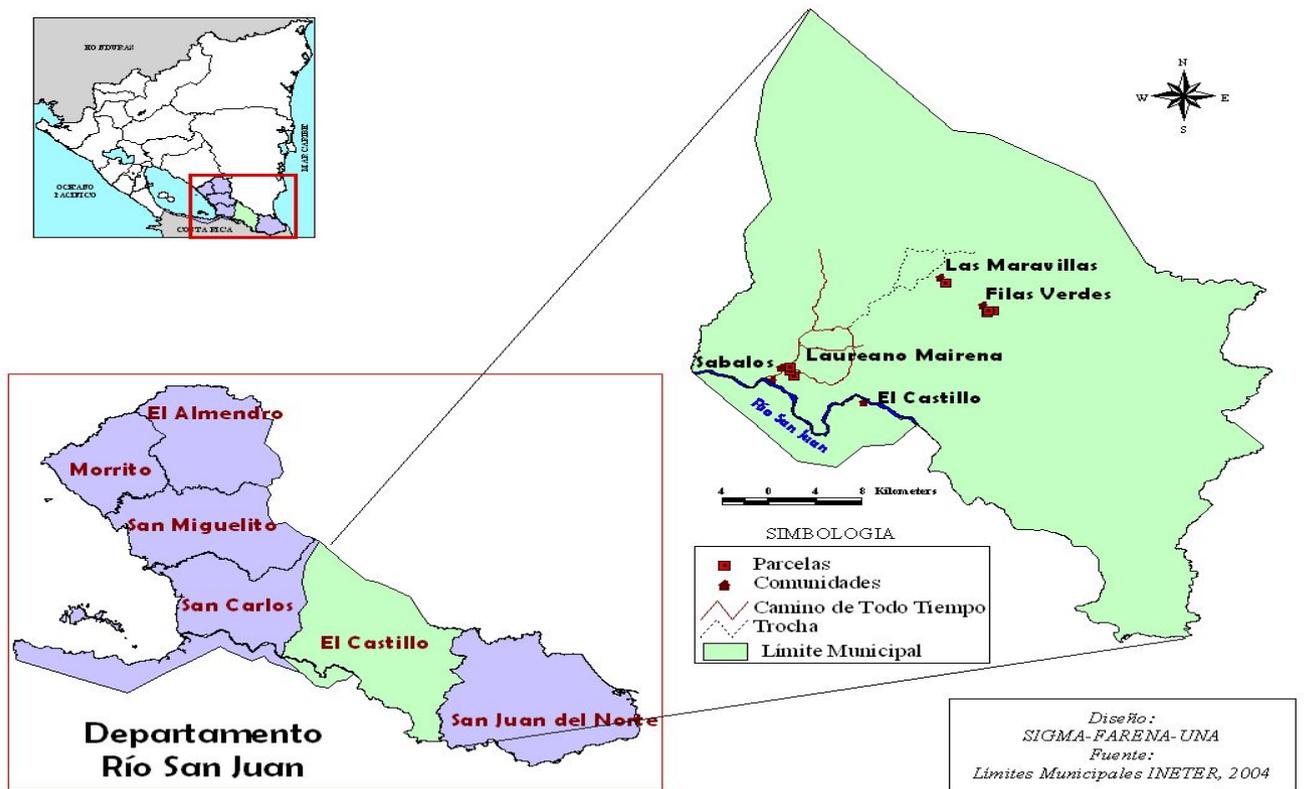


Figura 1. Ubicación de las parcelas de muestreo en el Municipio de El Castillo, Departamento de Río San Juan, Nicaragua.

2.1.2 Las comunidades y el contexto relacionado al aprovechamiento del recurso bosque

En las comunidades en las que se realizó el estudio, ha sido común actividades de aprovechamiento forestal de empresas madereras, así como actividades de investigación experimental relacionada al manejo del recurso bosque del trópico húmedo. Todas estas comunidades forman parte del área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz.

Antes de la década de los 80 no había extracción de madera en el departamento de Río San Juan. Fue a partir de los años 80's hasta la fecha que esta actividad es muy practicada en algunas comunidades de la zona de amortiguamiento del municipio de El Castillo. Se trata de pequeños madereros locales y a veces hasta extranjeros que llegan a invertir al departamento para continuar sacando madera de los bosques que hay en las fincas de esas comunidades, para luego venderla con una primera transformación en las comunidades vecinas o a veces exportarlas para Costa Rica, hasta llegar a su destino final Europa y Estados Unidos.

Estos pequeños madereros y sierristas, también pueden vender la madera a intermediarios que llegan al lugar. Una gran proporción de estos grupos de madereros extraen ese producto ilegalmente, obviando los procedimientos para obtener los permisos, ante la escasa supervisión y vigilancia del Instituto Nacional Forestal (INAFOR), por lo que no se sienten amenazados para trabajar bajo estas circunstancias (Barrios y Broegaard, 2006).

De acuerdo con Barrios y Broegaard, (2006), algunos pobladores deforestan cerca de los cauces o ríos de la zona de amortiguamiento, ya que ellos no respetan las especies en veda, la mayoría de los pobladores aprovechan los recursos naturales, según los pobladores, la destrucción del bosque cerca de las comunidades dentro de la reserva es tanta, como en las áreas de amortiguamiento. Es muy difícil que el campesino le de importancia a estas políticas ambientales cuando no obtienen de ellas ningún beneficio económico.

Actualmente la extracción de madera, difiere en traumatología en relación a años anteriores, cuando no se solicitaba permiso para aprovechar el bosque, por lo que se le ocasionaba más daño al no tener una planificación de cómo se iba hacer el

aprovechamiento, ni dirección de caída y no se media el daño que esta actividad ocasiona a la regeneración natural, el desperdicio de madera era mayor que en la actualidad. Esta situación experimentó un ligero cambio en el año 2004, momento en que entró en vigencia la Ley 462, o Ley de Conservación, fomento y desarrollo sostenible del sector forestal. A partir de este momento, los técnicos del INAFOR comenzaron hacer inspecciones continuas al campo por lo que actualmente hay un poco de control en cuanto al aprovechamiento forestal.

2.1.3 Características biofísicas

Clima y Vegetación

En el área de estudio, la precipitación oscila entre 2400 y 5000 mm/año. Las temperaturas promedio anuales oscilan entre 23 y 27 grados centígrados (MARENA y FUNDAR, 2006).

La vegetación es de trópico húmedo (selva tropical) las condiciones climáticas definen la presencia de dos zonas de vida, con dos transiciones relacionadas con la altitud y precipitación: bosque húmedo tropical y bosque pluvial premontano, considerados como los bioclimas de mayor potencial de biodiversidad en el mundo (Ruiz, 1996).

Suelos y Topografía

Los suelos son pobres en nutrientes, de textura pesada (arcilloso), de colores rojizos o amarillentos y de reacción ácida. Los órdenes predominantes son ultisoles, inceptisoles, entisoles, oxisoles, molisoles, y alfisoles. Los suelos presentan un potencial muy variado, desde la vocación para uso agrícola intensivo, hasta aquellos sitios no adecuados para actividades agropecuarias y forestales, cuya única vocación es la de ser Refugio de Vida Silvestre (MARENA y FUNDAR, 2006).

La topografía en el área de estudio es predominantemente ondulada, con elevaciones que van desde los 200 hasta los 250 msnm.

Extensión Territorial y Demografía

El municipio de El Castillo posee una extensión de 1,656 km² y cuenta con una población de 19,994 habitantes, la densidad poblacional es de 12.04 hab/km², se encuentra comprendido entre los 11° 24' 00'' de latitud Norte y 84° 26' 10'' de longitud Oeste abarcando parte de la cuenca del Río San Juan (Alcaldía El Castillo, 2004).

2.2 Proceso metodológico

2.2.1 Selección de sitios

Para la selección de los sitios se realizaron varias actividades que permitieron seleccionar áreas con características relativamente similares en cuanto al estado del bosque (grado de conservación o de intervención).

Primeramente se realizaron visitas a productores para conocer la historia de uso de los bosques en la zona, lo cual sirvió de base para la selección de áreas que habían sido intervenidas y las que aún no se habían intervenido. También se realizó un recorrido en los sitios, con el propósito de comprobar evidencias de intervención como la existencia de caminos de aprovechamiento, presencia de claros derivados de la extracción de árboles, marcado de árboles, entre otras.

2.2.2 Selección de las especies de interés

Las especies fueron seleccionadas con base en el interés comercial y su importancia ecológica, tomando como referencia un estudio realizado por Sabogal *et al.*, (2001); quien clasificó las especies en, actualmente comercial a aquellas con demanda en el mercado nacional e internacional, potencialmente comercial las especies con demanda en el mercado local y nacional y las de importancia ecológica las que presentan un mayor índice de valor de importancia (IVI); en relación a otras especies registradas en un inventario forestal realizado en la zona de estudio; lo que a la vez ayuda a entender la importancia ecológica de las especies dentro de los bosques de la zona.

Las especies seleccionadas fueron clasificadas según Sabogal *et al.*, (2001), de la siguiente manera:

- **Actualmente comercial** (*Carapa guianensis*)
- **Potencialmente comercial** (*Dialyum guianenses*, *Dipterix oleifera*, *Ilex tectonica*, *Pentracletra macroloba*, *Terminalia oblonga*, *Tetragastris panamensis*)

2.2.3 Establecimiento, diseño y tamaño de las parcelas de muestreo

Se establecieron un total de siete parcelas cuadradas de 150 m x 150 m (2.25 ha) para el monitoreo y localización de las especies vegetales, de las cuales cinco parcelas fueron establecidas en sitios intervenidos, y dos parcelas en sitios sin intervención antropogénica. El número de parcelas por sitio dependió básicamente de la disponibilidad de áreas con diferente condición o estado de conservación; en el caso de los sitios sin intervención antropogénica, solamente fue posible encontrar un área dentro de la zona de amortiguamiento, en la cual el productor solo permitió establecer dos parcelas de muestreo.

Cada parcela fue subdividida en cuatro cuadrantes de 75 m x 75 m, tomando como punto de referencia (PRF) el centro de la parcela de 150 m x 150 m, al cual se le determinó su ubicación espacial con la ayuda de un GPS navegador. Este PRF fue utilizado también para ubicar las especies forestales de interés dentro de la parcela, determinándoles el azimut con el uso de brújula y su distancia con una cinta métrica (figura 2).

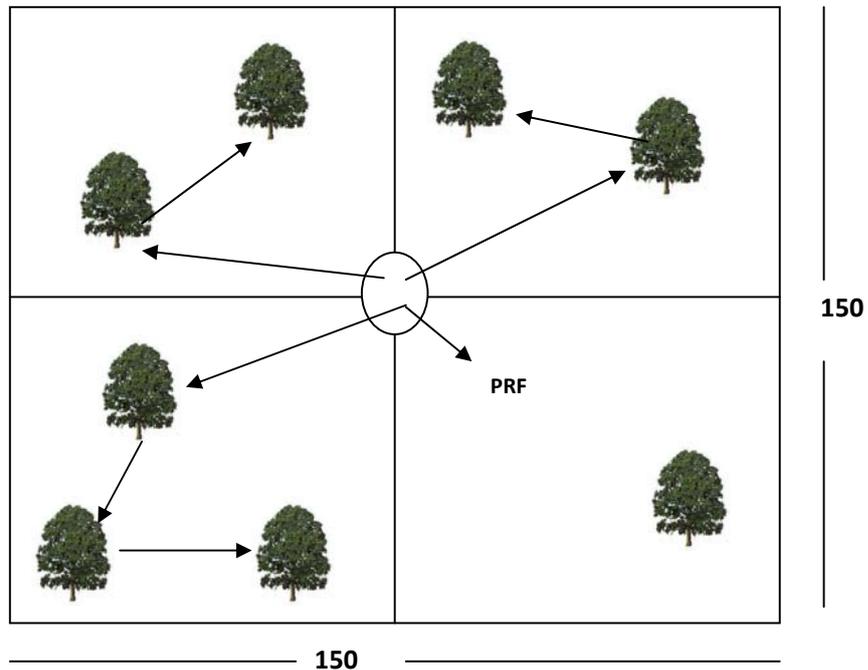


Figura 2. Diseño y tamaño de las parcelas de muestreo en el Municipio de El Castillo, Departamento de Río san Juan, Nicaragua. **PRF= Punto de referencia**

2.2.4 Variables tomadas en el bosque

Se tomo el diámetro normal (1.30m sobre el nivel suelo) con una cinta diamétrica a todos los individuos con un diámetro mayor a 2.5 cm, siendo este el diámetro menor considerado para la medición, así como, el nombre común de la especie, presencia o ausencia en el área y la localización de los individuos.

2.2.5 Caracterización fisionómica y estructural de los sitios en los que se realizo el muestreo

Se realizo una caracterización fisionómica- estructural de cada parcela para tener una idea de la condición del bosque considerando aquí los principios de estratificación para bosques húmedos de Honduras y Nicaragua, presentados en Louman *et al.*, (2001), quienes dan importancia básica al número de estratos por sitio, porcentaje de cobertura, valor medio de la pendiente, entre otros.

De la misma forma, en este trabajo se identificaron indicios de intervención y se calculo los valores de abundancia y área basal como parámetros estructurales indicadores del estado del bosque.

2.3 Análisis de la información

2.3.1 Clasificación de las especies a partir de la abundancia en cada sitio muestreado

Valores de abundancia: Para lograr una clasificación basada en los valores de abundancia y relacionar esta con el tipo de patrón, se aplicó la metodología propuesta por González *et al.*, (2005) quien de acuerdo a la abundancia por hectárea categoriza a las especies en:

- 1- *Especies raras:* Presentan una abundancia menor de 4 individuos por hectárea
- 2- *Especies poco abundante:* Presentan abundancia entre 4 y 23 individuos por hectárea
- 3- *Especies abundantes:* Presentan abundancia mayor de 24 individuos por hectárea

Este método aun cuando se utilizó originalmente el áreas de bosque seco tropical; ha dado buenos resultados en áreas de bosque húmedo de BOSAWAS (Noguera-Talavera 2010), que el método retoma como única variable el numero de arboles de una especie por unidad de área, y no hace inferencias en variables abióticas propias de ecosistemas en particular.

2.3.2 Determinación del patrón de distribución espacial se utilizo dos métodos. El método del vecino más cercano, y el método de interpolación estadístico.

La determinación del tipo de patrón espacial de cada especie se determinó mediante la aplicación del método del vecino más cercano propuesto por Clark y Evans (1954) en Krebs (1999).

Método del Vecino más cercano

Este método consiste en tomar un punto de referencia dentro de la parcela a muestrear, y a partir de ese punto medir la distancia, el azimut o rumbo con una brújula de un individuo a su vecino más cercano de las especies de interés, (figura 2), siendo esta la medida más relevante del método; obteniendo de esta manera información de la ubicación de cada árbol dentro de la parcelas.

Durante la etapa de campo, las distancias entre individuos fueron medidas para todas las especies forestales de interés dentro de la parcela, pudiéndose así determinar el tipo de patrón de distribución espacial y la predicción de la superficie de distribución de las mismas.

Una ventaja del método del vecino más cercano, es que mediante su aplicación se evita el problema generado con el muestreo aleatorio, porque el set de datos corresponde a la enumeración completa de los individuos estudiados en esa población.

Las formulas establecidas para el cálculo de parámetros del método descrito en Krebs (1999), y que permiten inferir en el tipo de patrón espacial presentado por una especie, son:

$$r_A = \text{Distancia media al vecino más cercano} = \sum r_i / n$$

Donde: r_i = Distancia al vecino más cerca para un individuo i

n = Numero de individuos en el área de estudio

Clark y Evans (1954), en Krebs (1999) demostraron que la distancia esperada al vecino más cercano puede ser calculada de manera simple, y este valor ayuda a inferir en el patrón espacial de una población grande, definiendo así la densidad de organismos dentro de esa población:

$$p = \text{Densidad de organismos} = \text{Numero en el área de estudio} / \text{Tamaño del área de estudio}$$

Entonces:

$$r_E = \text{Distancia esperada al vecino más cercano} = 1 / 2\sqrt{p}$$

Se puede medir la desviación del patrón observado a partir de un patrón aleatorio esperado (hipótesis nula) por medio del siguiente radio o índice de agregación:

$$R = r_A / r_E = \text{Índice de agregación}$$

Si el patrón espacial es aleatorio $R= 1$. Cuando ocurre un patrón agrupado, R se aproxima a cero. Para un patrón espacial regular, R se aproxima al límite superior de la prueba, el cual es de 2.15

Una prueba de significancia para la desviación es posible, ya que el error estándar para la distancia esperada es conocida exactamente de un plano geométrico $S_r = 0.26136$

$$Z = r_A - r_E / S_r$$

Donde:

Z = Es la desviación estándar normal

S_r = Es el error estándar de la distancia al vecino más cercano esperada = $0.26136 / \sqrt{np}$

n = Numero de individuos en el área de estudio

p = Densidad de individuos en el área de estudio

El valor del estadístico con una significancia del 95% es de 1.96. Si $|Z|$ es menor que 1.96, tentativamente aceptamos la hipótesis nula, es decir a favor de un patrón espacial aleatorio

2.3.3 Método de interpolación estadística

La predicción de las superficies de distribución se realizaron utilizando el método de interpolación estadística IDW (Inverse Distance Weighting) del modulo de análisis geoestadística del programa ArcGis 9.2. El método se basa en el principio que cada punto ejerce una influencia sobre el punto a determinar y disminuye en función de la distancia, el cual utiliza un algoritmo simple basado en distancias, donde asume que cada punto de entrada tiene una influencia local que disminuye con la distancia, para lo que se creó una base de datos conteniendo una enumeración de las especies, la distancia y azimut (medido con cinta y brújula) hacia el vecino más cercano. Se utilizó un valor de 2 en el power (poder) de la interpolación, que es quien controla la importancia de los puntos circundantes en el valor interpolado.

Durante la predicción de las superficies de distribución de las especies utilizando el método de interpolación estadística (IDW), en las parcelas 5 y 7 no se aplicó el método para hacer la predicción de superficie de distribución, ya que en la parcela 5 solo se registró 2 de las especies estudiadas, las cuales son *Dialium guianensis* con 5 individuos presente y *Carapa guianensis* con 2 individuos, en la parcela 7 solamente se encontró la especie *Carapa guianensis* con 2 individuos.

Se realizó un análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas significativas en el índice de agregación que presentan las especies en cada tipo de bosque. El análisis se realizó en el paquete estadístico SPSS versión 12. La prueba post test fue la de Duncan.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Caracterización de los sitios estudiados

3.1.1 Áreas de bosques no intervenidos

El bosque no intervenido presento las siguientes características: Se observan muchos arboles caídos de forma natural. Existencias de 3 a 4 estratos identificables. Un primer estrato dominado por árboles con altura de 25 – 30 m. El segundo estrato con presencia de árboles de 15 – 25 m o de 15 – 20 m. El tercer estrato con árboles de 10 -15 m. Un cuarto estrato con presencia de palmas, helechos, y árboles con altura menor de 10 m.

Existe presencia de arboles mayores de 30 años.

3.1.2 Áreas de bosques intervenidos

El bosque intervenido presento las siguientes características: Bosque aprovechado de manera selectiva. Presencia de 4 estratos definidos. Un primer estrato con arboles de 15 – 25 m de altura. El segundo estrato con arboles de 15 – 20 m de altura remanente del aprovechamiento. El tercer estrato con árboles de 5 – 10 m de altura. Un cuarto estrato con abundante palmas, arbusto y hierbas. Existen áreas dejada para cultivos bajo sombra, sin regeneracion natural de las arbóreas. Presencia de áreas de bosque aprovechado hace 11 y 15 años. Parche de bosque socolado. Existe cursos de agua que cruzan el bosque.

3.2 Abundancia de individuos por especie por sitio muestreado

Con base en la clasificación de las especies por su abundancia (basado en González *et al*, 2005) no se encontró especies abundantes, aún cuando en una revisión a la flora de Nicaragua se encontró que las especies bajo estudio presentan abundancias importantes (comunes) en las áreas de bosques siempre verdes del Atlántico.

La mayoría de las especies son categorizadas como poco abundantes (cuadro 1) independientemente de la condición del bosque, seguida por las especies raras, condición que difiere con lo reportado en la flora de Nicaragua.

Sin embargo, los resultados de baja abundancia coinciden con los resultados obtenidos en el estudio realizado por Torqvist, Bosque Seco (2004), quien en sitios intervenidos observo que 48% de las especies estudiadas presentaron cantidad insuficientes de individuos.

Cuadro 1. Valores de abundancia (indi-ha⁻¹) de siete especies en dos tipos de bosques en el área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio Maíz 2008.

NR= Significa que la especie no fue registrada o encontrada en el inventario

Especies	Nombre comun	Bosque no intervenido			Bosque intervenido		
		Poco			Poco		
		Rara	comun	Abundante	Rara	comun	Abundante
<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	NR	7.7	NR	NR	22	NR
<i>Dialium guianensis</i>	Tamarindo	NR	7.7	NR	NR	8.8	NR
<i>Dipterix oleifera</i>	Almendro	1.1	NR	NR	1.1	NR	NR
<i>Ilex tectonica</i>	Areno	NR	19.9	NR	NR	14.4	NR
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	NR	12.2	NR	NR	17.7	NR
<i>Terminalia oblonga</i>	Guayabon	NR	NR	NR	1.1	NR	NR
<i>Tetragastris panamensis</i>	Querosin	NR	8.8	NR	NR	4.4	NR

Las especies con mayor abundancia fueron aquellas consideradas como pioneras (cinco de las siete especies) por la facilidad y rapidez con que se establecen en áreas abiertas y disturbadas. La recuperabilidad en la abundancia de especies importantes se ve disminuida grandemente cuando se es aprovechado el bosque de manera selectiva, cambiando así, la estructura original del mismo (Torqvist, 2004). Esto conlleva a la distribución y predominio de especies de poco valor.

La especie *Terminalia oblonga* (Guayabón), no fue registrada en las áreas de bosque no intervenido, mientras en las áreas intervenidas la especie fue encontrada aunque, con una baja abundancia. Esto podría deberse al hecho que aún cuando las áreas reconocidas como

áreas no intervenidas no hallan experimentado aprovechamiento reciente (en los últimos 30 años), si se dio la extracción de esta especie en algún momento. Así mismo, se presume que lo anterior esté relacionado al patrón de distribución de las especies; que deben tener requerimientos particulares no se esperaría encontrarla en toda el área.

De las siete especies estudiadas en los dos tipos de bosques se observó que las especies más abundantes en el bosque no intervenido fueron *Ilex tectónica* con un valor de 19.9 ind ha⁻¹ seguida por la especie *Pentacletra macroloba* con 12.2 ind- ha⁻¹. En el bosque intervenido las especies más abundantes fueron *Carapa guianensis* con 22 ind-ha⁻¹, seguida por *Pentaclethra macroloba* con 17.7 ind ha⁻¹; en este sentido se pudo observar que existe una tendencia a encontrar valores ligeramente superiores en abundancia de especies en el bosque intervenido en comparación al bosque no intervenido (cuadro1).

Lo anterior podría estar relacionado al hecho de que 5 de las 7 especies estudiadas (*Carapa guianensis*, *Dialium guianensis*, *Dipterix oleífera*, *Pentacletrha macroloba* y *Tetragastris panamensis*) pertenecen al gremio ecológico de las heliófitas durables (Sabogal *et al*, 2001), lo que implica que al abrir el dosel durante una intervención al bosque estas especies experimentan un incremento en abundancia y otros parámetros (diámetro, altura) de crecimiento de las mismas.

Lamprecht, (1990); citado por CATIE-TRANSFORMA, (2001) hace una interpretación sobre la combinación de parámetros estructurales que permiten inferir en el tipo de patrón espacial de especies en diferentes bosques del trópico. En relación a esto se menciona que la combinación baja de abundancia y alta frecuencia es característica de especies con patrones con tendencia a regular.

Si las especies tienen alta dominancia, son especies que se caracterizan por árboles aislados de gran porte, que no son numerosos, pero que se distribuyen con cierta uniformidad sobre grandes extensiones. Esta combinación es frecuente en especies productoras de maderas finas como algunas de las estudiadas en este trabajo (ejemplo: *Carapa guianensis*, *Terminalia oblonga* y *Dialium guianensis*); siendo estas unas de los elementos que justifican la abundancia y el tipo patrón determinado.

3.3 Área basal de las especies por sitio muestreado

En el cuadro 2, se muestran los resultados del área basal total por tipo de bosque, estos resultados demuestran que el bosque no intervenido registró un valor ligeramente superior en área basal ($5.38 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en comparación al bosque intervenido ($5.29 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$).

Cuadro 2. Valores de área basal total y por especie en dos tipos de bosque del área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio Maíz 2008.

NR= Significa que la especie no fue registrada o encontrada en el inventario

Especies	Nombre comun	Bosque no intervenido	Bosque intervenido
<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	0,09	0,33
<i>Dialium guianensis</i>	Tamarindo	1,94	1,52
<i>Dipterix oleifera</i>	Almendra	1,24	0,57
<i>Ilex tectonica</i>	Areno	1,08	0,60
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	0,33	1,92
<i>Terminalia oblonga</i>	Guayabon	NR	0.002
<i>Tetragastris panamensis</i>	Querosin	0,67	0,32
Total area basal		5.38 m²	5.29 m²

La misma tendencia es observada si se compara los valores de área basal por especie en los dos tipos de bosque. Estos resultados indican que la especie *Dialium guianensis* presentó el valor más alto en área basal $1.94 \text{ m}^2/\text{ha}$, seguida de *Dipterix oleifera* con $1.24 \text{ m}^2/\text{ha}$ en bosques sin intervención que se diferencian del bosque intervenido donde la especie con mayor valor de área basal fue *Pentaclethra macroloba* con $1.92 \text{ m}^2\text{-ha}$ seguida de *Dialium guianensis* con $1.52 \text{ m}^2\text{-ha}$.

Los valores de área basal de las especies estudiadas confirma la condición dominante propuesta por Sabogal *et al.*, (2001), en cuanto a que estas especies contribuyen de manera significativa al IVI. Así mismo, se puede pensar que estas especies presentan alto potencial de aprovechamiento y preferencia para los madereros porque poseen altos valores de biomasa (área basal).

Por otro lado, la similitud en área basal entre bosques podría significar que aun cuando muchos individuos hayan sido extraídos, el incremento interno de los arboles remanentes logra compensar el área basal extraída.

Cuadro 3. Valores promedios del índice de agregación y desviación estándar de siete especies arbóreas en dos tipos de bosque del área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz 2008.

Especie	Nombre común	Bosque no intervenido		Bosque intervenido	
		R	Z	R	Z
<i>Dipterix oleífera</i>	Almendro	2.88	5.13	3.04	1.08
<i>Ilex tectónica</i>	Areno	3.92	2.97	1.31	1.78
<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	6.38	12.6	11.30	20
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	4.4	11.57	24.66	11.3
<i>Terminalia oblonga</i>	Guayabon	NR	NR	24.39	6.58
<i>Tetragastri panamensis</i>	Querosin	4.22	3.69	0.7	0.8
<i>Dialium guianensis</i>	Tamarindo	2.18	3.15	23.74	4.4

R= Valor del índice de agregación Z= Valor de la desviación estándar NR= No registrado

3.4 Tipo de patrón espacial de las especies con base en la aplicación del método del vecino más cercano

En el cuadro 4, se muestra el patrón espacial de las especies estudiadas. En áreas de bosque no intervenido todas las especies presentan un mismo tipo de patrón de distribución; siendo este patrón de tipo regular, el cual se diferencia levemente del presentado por las mismas especies en el bosque intervenido.

El cambio de patrón espacial regular a aleatorio de un bosque no intervenido a un bosque intervenido podría deberse a que posterior a la apertura de claros, individuos suprimidos o en las etapas de brinzal y latizal pueden llegar a formar parte de los fustales, incrementando así la abundancia de individuos en las categorías diamétricas que aglomeran a individuos adultos; provocando además una distribución más homogénea de los individuos de ciertas especies.

Cuadro 4. Tipo de patrón espacial determinado para siete especies de valor comercial en bosques con diferente condición en el área de amortiguamiento de la Reserva Biológica Indio-Maíz 2008.

Especie	Nombre comun	Bosque no intervenido	Bosque intervenido
		Patron de distibucion	Patron de distribucion
<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho	Regular	Regular
<i>Dialium guianensis</i>	Tamarindo	Regular	Regular
<i>Ilex tectónica</i>	Areno	Regular	Aleatorio
<i>Dipteryx oleifera</i>	Almendro	Regular	Aleatorio
<i>Pentaclethra macroloba</i>	Gavilan	Regular	Regular
<i>Terminalia oblonga</i>	Guayabon		Regular
<i>Tetragastris panamensis</i>	Querosin	Regular	Aleatorio

La relación del tipo de patrón espacial de las especies estudiadas con la abundancia que presentan es diferente a lo propuesto por Porter y Bonger (1993), en Membreño (2004); quienes afirman que especies poco abundantes presentan patrones aleatorios y especies raras comúnmente presentan patrón agregado.

Según Matteucci y Colma, (1982) el paso de una fase sucesional a otra dentro del bosque conlleva el predominio de un patrón en particular. Por ejemplo: en un sitio aprovechado el patrón tiende a ser aleatorio, y conforme se recuperan las condiciones originales el patrón puede cambiar hacia regular y eventualmente a agregado. Esto podría explicar las diferencias de patrón en las áreas para las especies estudiadas.

Una tendencia importante, observada durante la aplicación del método del vecino más cercano, es que si el error estándar de las distancias es alto la especie tiende a presentar un patrón espacial aleatorio.

Por otro lado, fue notable que la distancia, junto a la abundancia determinan de manera decisiva el tipo de patrón que presentan las especies dentro del bosque. La relación de la abundancia o su influencia en el tipo de patrón de distribución espacial es explicada en Teixeira y Sánchez, (2006) quienes al comparar la abundancia de especies en momentos diferentes encontraron que al aumentar la abundancia, incrementa la variabilidad espacial de algunas especies; coincidiendo además con el hecho que estas especies presentan los índices de valor de importancia más altos al nivel de la comunidad.

3.5 Índice de agregación “R” y su relación con el patrón de las especies estudiadas.

En este trabajo se pudo observar que con base en el resultado de “R” es posible inferir en el tipo de patrón de distribución espacial que presenta una especie, por ejemplo: en el bosque intervenido la especie *Ilex tectonica*, obtuvo un índice de agregación de 1.31, infiriendo así en un tipo de patrón aleatorio, el cual fue corroborado al realizar la prueba de significancia para la desviación estándar de la distancia ($Z= 1.78$). El mismo comportamiento fue observable para el resto de las especies.

En el bosque no intervenido el índice de agregación más alto lo obtuvo la especie *Carapa guianensis* con 6.38 y el valor más bajo la especie *Terminalia oblonga* con 1.22, (ver cuadro 3), mientras que en el bosque intervenido la especie *Dialium guianensis* presentó el índice de agregación más alto con 23.74 y *Tetragastris panamensis* el índice de agregación más bajo con 0.7

Un análisis de varianza de los valores del índice de agregación basado en la relación de la distancia media al vecino más cercano tomada en el campo y la distancia esperada al vecino más cercano, calculada a través del método, no encontró diferencias estadísticas significativas ($p=0.094$) entre los sitios no intervenidos y los sitios intervenidos.

Una tendencia observada en el estudio es que las distancias entre individuos de la misma especie presentan mayor variabilidad en los bosques intervenidos recientemente, en relación a los sitios que fueron intervenidos hace más de 10 años.

La desviación estándar revela que existen diferencias entre sitios en cuanto a las distancias entre individuos, mostrando mayor dispersión de las distancias entre individuos de las especies en los bosques intervenidos. Esto demuestra que el aprovechamiento selectivo cambia drásticamente el patrón espacial de las especies.

Las siete especies en el bosque sin intervención presentaron un patrón predominante regular, este resultado se debe a que entre más variables sean las distancias, mas alta será la desviación estándar, lo que a la vez permite explicar el tipo de patrón (Anexo 5), ejemplo: las distancias para estas especies van desde 0.01 hasta 27.2.

En el bosque intervenido la especie *Dialium guianensis*, *Carapa guianensis*, *Terminalia oblonga* y *Pentaclethra maculoba* presenta un patrón predominante regular, *Dipteryx oleifera*, *Ilex tectonica* y *Tetragastris panamensis* tienen un patrón predominante aleatorio. En este bosque el patrón aleatorio se debe a las distancias media homogénea (anexo 4).

El valor más alto para la desviación estándar lo obtuvo la especie *Carapa guianensis* con 66.5, la especie *Dipteryx oleifera* tiene el valor mas bajo con 0.33, estos valores se encontraron en el bosque intervenido. En el bosque no intervenido la especie *Carapa guianensis* presenta una desviación estándar de 18.1 el valor mas alto y *Dipteryx oleifera* de 2.2 el valor más bajo (anexo 4).

3.6 Predicción de las superficies de distribución espacial con el uso de sistema de información geográfica.

En la figura 3 se muestra la distribución espacial de las especies estudiadas como una predicción de la superficie que sería ocupada por cada una de ellas en cada parcela bajo el supuesto que sólo existen estas especies en el área de estudio. La interpolación permitió transformar las observaciones obtenidas en base a ubicaciones geográficas precisas, a un espacio continuo de manera que el tipo de patrón de distribución espacial presentado por las observaciones puntuales de cada especie pudo ser comparado con los patrones espaciales determinados.

Se puede observar claramente como una especie que se distribuye regularmente en la parcela presenta una mayor dominancia como es el caso de *Carapa guianensis* en las parcelas 2 y 4, caso similar presenta *Dialium guianensis* observándose más claramente en la parcela 6 y *Dipteryx oleifera*, *Pentaclethra maculosa* en las parcelas 1 y 3, en cambio si esta es aleatoria se observan aisladas como pequeños lunares como es el caso de *Tetragastris panamensis* en las parcelas 1,2 y 6 y *Terminalia oblonga* en las parcelas 2,4 y 6.

Al comparar los resultados obtenidos utilizando el método del vecino más cercano de Clark y Evans (1954), en Krebs (1999) con el método IDW se puede observar la relación que existe entre ambos, en el cual una especie que presenta un patrón regular su superficie de distribución será mayor dentro de la parcela a diferencia de aquella que presente un patrón agrupado, las que se observaran por sectores como pequeños manchones y si este es aleatorio se observaran aislados comúnmente conocido como “ojo de buey”.

3.6 Predicción de las superficies de distribución espacial con el uso de sistema de información geográfica.

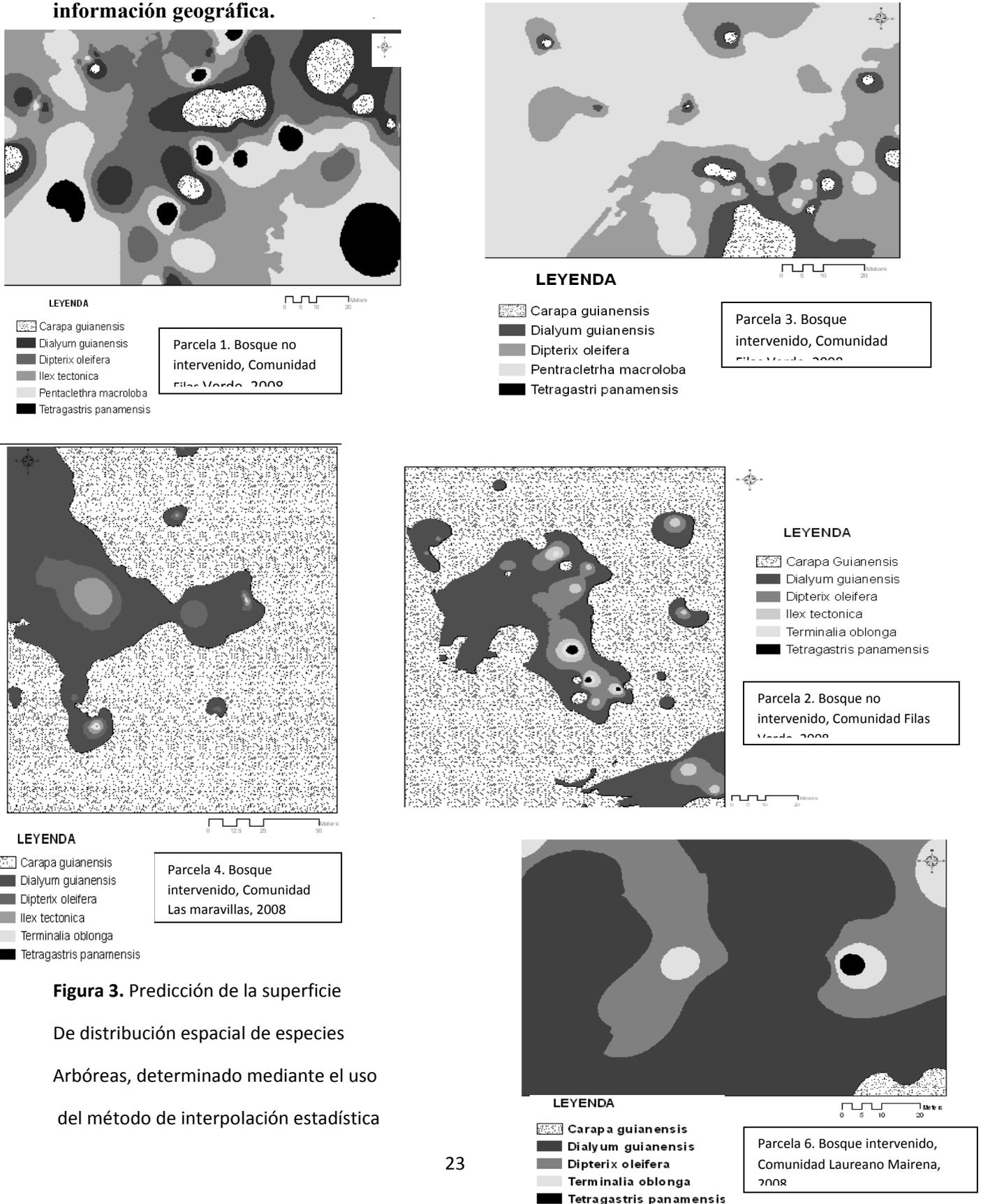


Figura 3. Predicción de la superficie de distribución espacial de especies Arbóreas, determinado mediante el uso del método de interpolación estadística

3.7 Contribución del estudio de patrón espacial a las actividades de aprovechamiento forestal

La importancia de conocer el tipo de patrón de distribución espacial de una especie está dado por que los diferentes tipos de patrones tienen consecuencias para la estimación de la frecuencia y abundancia, y la construcción de intervalos de confianza para esas estimaciones (Krebs, 1999).

El conocimiento sobre el hábitat específico de cada especie no solo facilita los programas de aprovechamiento, sino también ofrecen especialmente una valiosa información para los trabajos de ordenación forestal, silvicultura, dendrología, entre otros; con lo que se puede avanzar más aceleradamente en el desarrollo y mejoramiento de las técnicas de manejo de los bosques tropicales, en los que hasta el momento el problema más álgido es precisamente el alto grado de heterogeneidad y la compleja distribución de las especies, principalmente de las comercialmente valiosas (Malleux, 2007).

Torqvist, (2004) citando a González, (2004, cp.) menciona que el aprovechamiento selectivo reduce el número de individuos de algunas especies; por lo que lógicamente al conocer la ubicación exacta de los árboles dentro del bosque se reduciría el impacto relacionado a este tipo de aprovechamiento.

Desde el punto de vista del significado de los patrones de distribución espacial determinados en este trabajo y su importancia para la aplicación de la planificación y ejecución de actividades de aprovechamiento forestal, es necesario afirmar que la existencia de patrón regular y aleatorio contribuirán eventualmente a una disminución en los costos del inventario, forestal ya que estos patrones sugieren altas frecuencias de las especies en un área y por tanto mayor probabilidad de ser encontradas distribuidas de manera homogénea.

La planificación de la red de caminos y definición de sitios para patios de acopio es una actividad que con el previo conocimiento de la distribución de las especies permitiría por un lado requerir de menos caminos secundarios y terciarios, al concentrar las actividades de aprovechamiento; y por otro lado aperturar menos áreas dentro del bosque para el establecimiento de patios de acopio, lo implica menos erosión y alteración a la regeneración en áreas aperturadas.

Al conocer el tipo de patrón de distribución espacial podemos tener una buena Programación y elaboración en las operaciones de las actividades de aprovechamiento forestal como: tala dirigida, arrastre, troceo, carga y transporte, para reducir costos y tiempo a la hora de realizar estas. De esta manera vamos a reducir al mínimo el impacto ambiental y efectos derivados de las operaciones de aprovechamiento.

IV. CONCLUSIONES

Las diferencias entre la estructura y fisonomía de los bosques intervenidos y no intervenidos están básicamente relacionadas al tipo de uso que se le ha dado al bosque.

La mayoría de las especies presentan poca abundancia según la clasificación de González *et al*, (2005); es decir de 4 a 23 individuos por hectárea, independientemente del estado del bosque en comparación a otros muestreos realizados en la zona de estudio.

Las intervenciones antropogénicas (aprovechamiento forestal) modifican el tipo de patrón espacial de las especies, cambiando de patrones regulares en bosques sin intervención a patrones aleatorios cuando son intervenidos.

Los patrones de distribución espacial de las especies estudiadas fueron similares en cada uno de los métodos empleados para su determinación.

Los patrones de distribución determinados para cada tipo de bosque tienen implicancias en actividades de Manejo, Aprovechamiento del bosque. Entre estas están el inventario forestal y la planificación de la red de caminos y establecimiento de patios de acopio.

V. RECOMENDACIONES

Incluir en otros estudios un mayor número de variables que permitan tener una visión más completa de relaciones causa-efecto alrededor del tipo de patrón que presentan las especies dentro del bosque. Algunas de las variables con alta relación con el patrón de distribución de las especies son: tipo de suelo, contenido de materia orgánica, depredación, estrategias de dispersión de las especies, competencia, entre otras.

Se recomienda incrementar el tamaño de la muestra en el sentido de obtener una mayor cantidad de unidades de muestreo por condición del bosque; así mismo diferenciar los tipos de alteración (incluyendo no solo el aprovechamiento maderero), categorías de vegetación según clasificación del inventario nacional forestal, entre otros.

VI. LITERATURA CITADA

Alcaldía El Castillo. 2004 Caracterización del municipio El Castillo. Departamento Rio San Juan, Nicaragua. 25 p.

Barrios, M; Broegaard, R. 2006 La gestión ambiental llevada a cabo por las autoridades en El Castillo 1999 – 2005. Cuaderno de investigación 23 Nitlapan – UCA. Managua, Nicaragua 82 p.

Bruening, E. F. 1996. Conservation and management of tropical rainforest: An integrated approach to sustainability, CAB international, Wallingford. 45 p.

Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. 2008. Patrones de distribución de la vegetación en espartales semiáridos utilizando distintos métodos de análisis espacial y mallas de muestreo. Madrid, España. 58 p.

CATIE. 1997. Manejo del bosque natural latifoliado en el Trópico Americano. Turrialba, Costa Rica. 544 p.

CATIE – TRANSFORMA. 2001. Curso de manejo forestal: Elaboración de planes de manejo y planes operativos de aprovechamiento en bosques húmedos latifoliados. 140 pp.

González-Rivas, B. Mulualem T, Gerhardt, K; Castro-Marín, Oden, P.C 2005. Tree species diversity and regeneration of tropical dry forest in Nicaragua. Faculty of forest sciences. Umea. p. 1-10

Guillermo, B. 1996. Metodología de la Investigación Cuantitativa en las Ciencias Sociales. 1^{er} edición. Instituto Colombiano para el fomento de la educación superior, ICFES. Bogotá, Colombia. 216 p.

Krebs, C. 1999. Ecological Methodology. 2^{da} edición. Addison Wesley Longman. USA. 620 p.

Louman, B. Quiros; D. Nilsson; M. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central. Ed. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 265 p. (Manual Técnico 16)

MARENA y FUNDAR. 2006. Plan de Manejo Reserva Biológica Indio Maíz: *Periodo 2005-2010*. Managua, Nicaragua. 241 p.

Membreño, E. 2004. Regeneración Natural y Patrón Espacial de Distribución de *Lysiloma divaricatum* en El Bosque Seco Tropical de Chacocente, Carazo. Tesis. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 46 p.

Mateucci, S. Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. Ed. CONICIT-OEA. Venezuela .168 p.

Malleux, J. 2007. Análisis de dispersión de 10 especies forestales de un bosque. Revista forestal del Perú. Vol. 5. No.1-2. p. 1-12.

Noguera-Talavera, A. 2010. Explorando la biodiversidad: *Un estudio de los ecosistemas desde la perspectiva de uso local en comunidades de cuatro áreas protegidas de Nicaragua*. Informe de Investigación. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, Nicaragua. 105 pp.

Ruiz, A. 1996. Diagnostico de la situación actual de 15 comunidades de la frontera agrícola de la gran Reserva Biológica Indio - Maíz. Proyecto manejo sostenible. Sábalo – Río San Juan, Nicaragua. 17 p.

Reyes, F. Castro, G. Membreño, J. 2008. Modulo III. Aprovechamiento Forestal Sostenible: Modulo Preparatorio para Egresado de Ing Forestal. Universidad Nacional Agraria. FARENA. 93 p.

Sabogal, C. Castillo, A. Carrera, F. Castañeda, A. 2001. Proyecto Desarrollo de sistemas de producción sostenible para el aprovechamiento de los bosques tropicales húmedo en la zona de Río San Juan. Turrialba, Costa Rica. 50 p. (Documento Técnico 2)

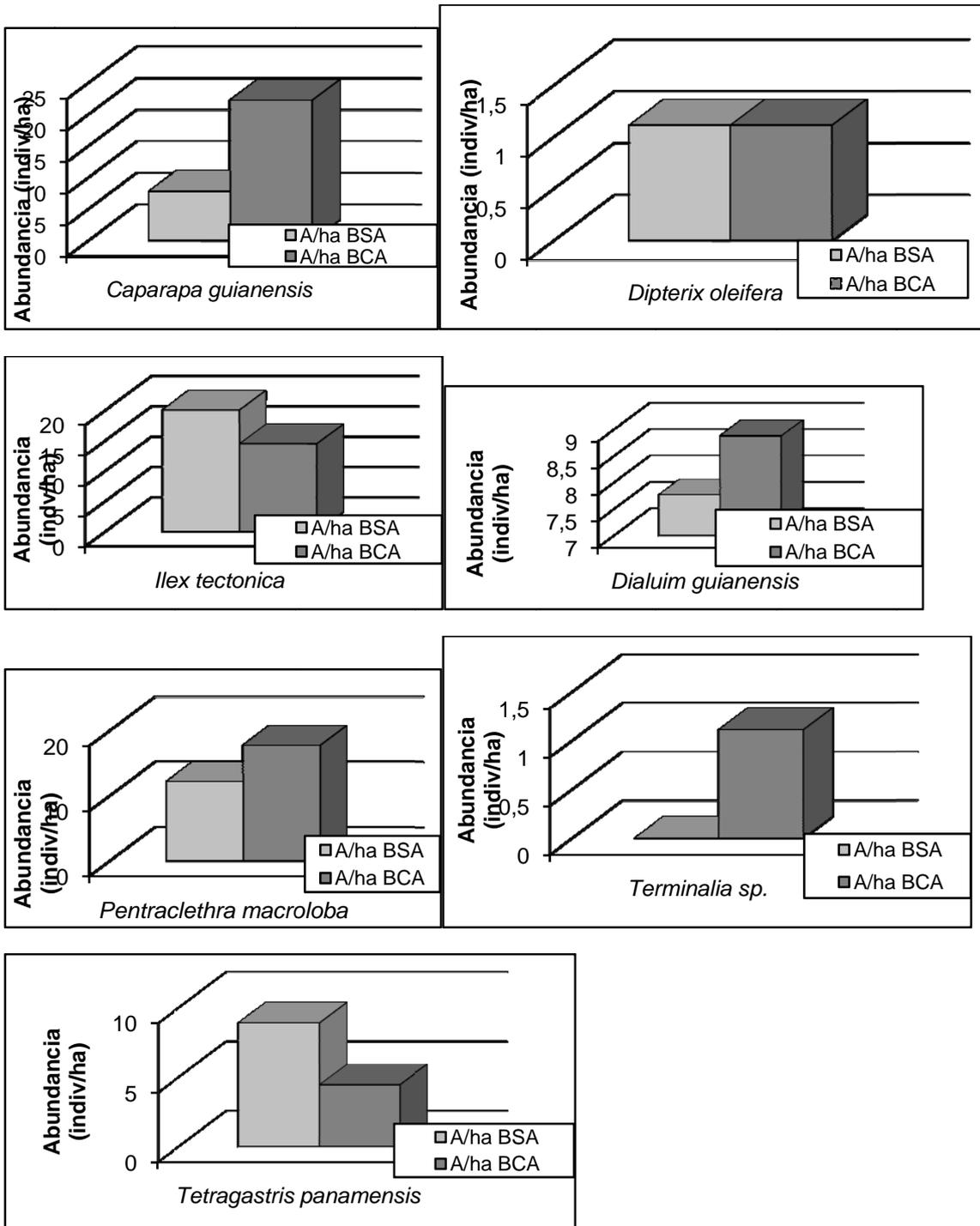
Sabogal, C. Castillo, A. Carrera, F. Castañeda, A. 2001. Aprovechamiento forestal mejorado en bosques de producción: estudio de caso Los Filos, Río San Juan, Nicaragua. Turrialba, C.R. CATIE. Unidad de Manejo de Bosques Naturales. 57 p.

Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2005. Diccionario Forestal. Ediciones Mundi-prensa. Madrid. Barcelona. México. 1307 p.

Teixeira, R. V. Sánchez, E. I. 2006. Patrones de las principales especies herbáceas en la Reserva Nacional de Lachay. Ecología Aplicada. Vol. 5. No. 1-2. p. 25-34.

Torqvist, M. 2004. A small survey of 11 species in a tropical deciduous dry forest in Nicaragua. Master`s thesis. Uppsala University. 23 p.

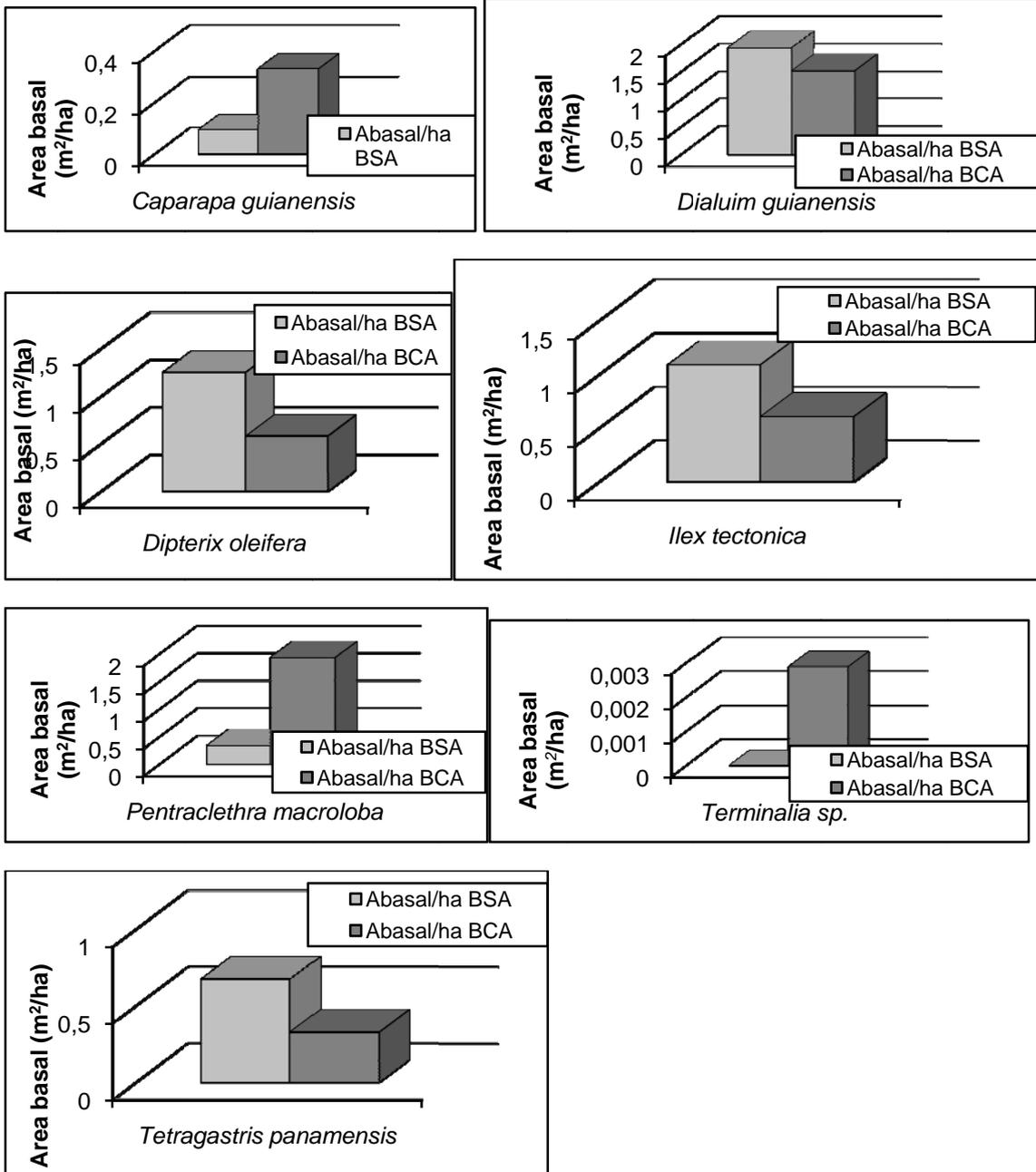
Anexo 1. Abundancia (Indiv-ha⁻¹) de las siete especies estudiadas por tipo de bosque.



BSA: Corresponde al bosque no intervenido o sin aprovechamiento

BCA: Corresponde al bosque intervenido o aprovechado

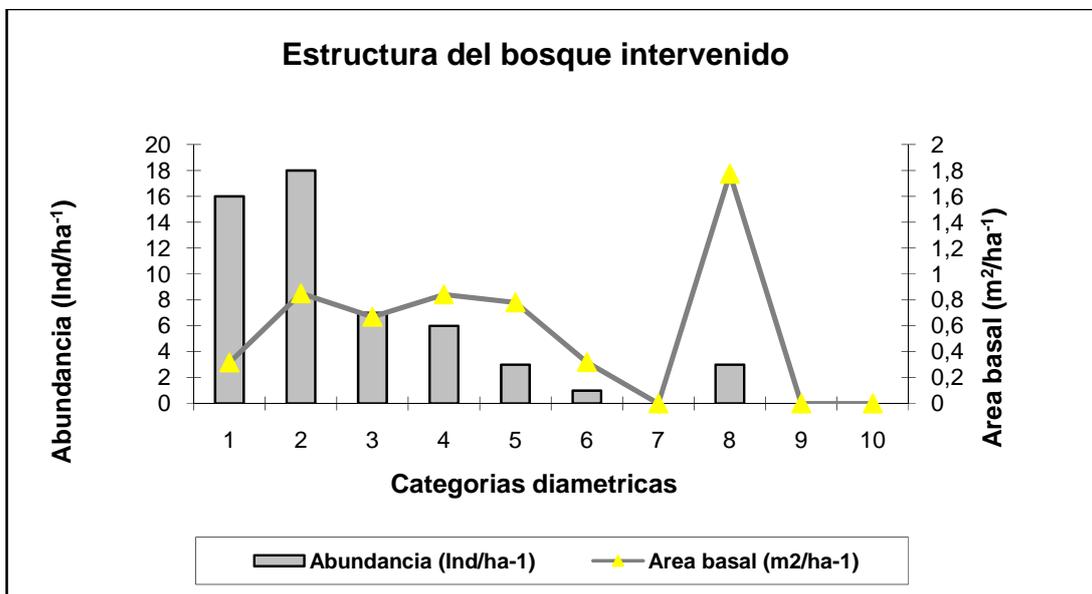
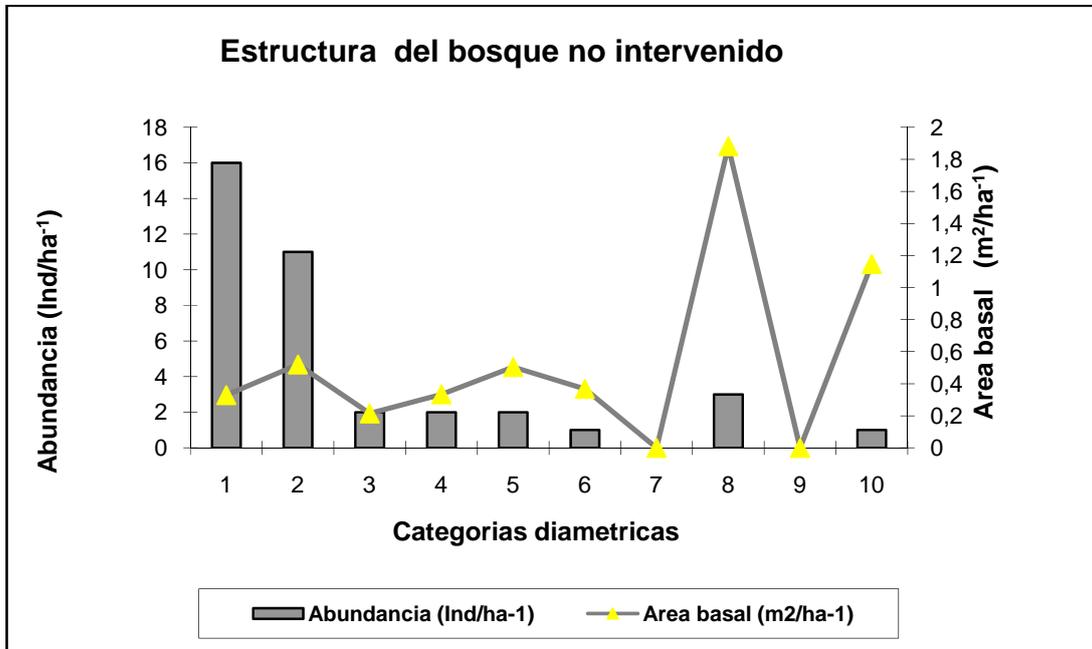
Anexo 2. Área basal ($m^2\text{-ha}^{-1}$) de las siete especies estudiadas por tipo de bosque.



BSA: Corresponde al bosque no intervenido o sin aprovechamiento

BCA: Corresponde al bosque intervenido o aprovechado

Anexo 3. Distribución de la abundancia ($\text{indiv}\cdot\text{ha}^{-1}$) y área basal ($\text{m}^2\cdot\text{ha}^{-1}$) por tipo de bosque.



Anexo 4. Resultado del cálculo de los parámetros del método del vecino más cercano propuesto por Clark y Evans (1954), en Krebs (1999), por tipo de bosque.

Especie	Parcela 1	Bosque No Intervenido			Comunidad: Filas Verde			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>	36.7	1.74	1.05	0.49	3.55	4.69	0.05	8.06
<i>Ilex tectonica</i>	18	2.57	0.35	0.84	3.05	1.56	0.16	2.68
<i>Carapa guianensis</i>	31.2	1.73	0.9	0.53	3.26	4.02	0.06	7.1
<i>Pentaclethra macroloba</i>	52.9	1.76	1.5	0.4	4.4	6.7	0.03	11.57
<i>Terminalia oblonga</i>	5.5	1.37	0.2	1.12	1.22	0.89	0.29	2.49
<i>Tetragastris panamensis</i>	17.2	1.54	0.55	0.67	2.29	2.45	0.1	5.16
<i>Dialium guianensis</i>	16.5	1.83	0.45	0.74	2.47	2.01	0.13	3.86

Especie	Parcela 2	Bosque No Intervenido			Comunidad: Filas Verde			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>	7	1.75	0.4	0.79	2.21	1.26	0.2	2.2
<i>Ilex tectonica</i>	22.58	2.5	0.9	0.52	4.8	2.84	0.09	3.27
<i>Carapa guianensis</i>	112.28	1.9	5.9	0.2	9.5	18.65	0.01	18.1
<i>Pentaclethra macroloba</i>								
<i>Terminalia oblonga</i>								
<i>Tetragastris panamensis</i>	16.85	5.61	0.3	0.91	6.16	0.94	0.27	2.23
<i>Dialium guianensis</i>	6	1.5	0.4	0.79	1.89	1.26	0.2	2.45

Especie	Parcela 3	Bosque Intervenido			Comunidad: Filas Verde			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>	8.7	2.17	0.8	0.56	3.87	1.78	0.14	1.83
<i>Ilex tectonica</i>								
<i>Carapa guianensis</i>	42.4	3.02	2.8	0.29	10.41	6.26	0.04	4.23
<i>Pentaclethra macroloba</i>	192.4	3.7	10.4	0.15	24.66	23.25	0.01	11.3
<i>Terminalia oblonga</i>								
<i>Tetragastris panamensis</i>								
<i>Dialium guianensis</i>	5.4	1.35	0.8	0.56	2.41	1.78	0.14	2.65

Especie	Parcela 4	Bosque Intervenido			Comunidad: Las Maravillas			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>	14.1	3.52	0.1	1.58	2.22	0.63	0.41	0.33
<i>Ilex tectonica</i>	8.3	2.07	0.1	1.58	1.31	0.63	0.41	1.78
<i>Carapa guianensis</i>	120.8	1.7	1.8	0.37	4.6	127.8	0.02	66.5
<i>Pentaclethra macroloba</i>								
<i>Terminalia oblonga</i>								
<i>Tetragastris panamensis</i>	3.2	1.6	0.05	2.27	0.7	0.1	0.84	0.8
<i>Dialium guianensis</i>	7.2	2.4	0.07	1.88	1.27	0.45	0.58	0.84

Especie	Parcela 5	Bosque Intervenido			Comunidad: Laureano Mairena			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>								
<i>Ilex tectonica</i>								
<i>Carapa guianensis</i>	15.4	7.7	0.55	0.67	11.49	1.04	0.25	5.02
<i>Pentaclethra macroloba</i>								
<i>Terminalia oblonga</i>								
<i>Tetragastris panamensis</i>								
<i>Dialium guianensis</i>	39	7.8	1.38	0.42	18.57	2.62	0.09	3.13

Especie	Parcela 6	Bosque Intervenido			Comunidad: Laureano Mairena			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>								
<i>Ilex tectonica</i>								
<i>Carapa guianensis</i>								
<i>Pentaclethra macroloba</i>								
<i>Terminalia oblonga</i>	30	10	1.47	0.41	24.39	2.1	0.12	6.58
<i>Tetragastris panamensis</i>								
<i>Dialium guianensis</i>	150.6	16.73	4.41	0.23	72.73	6.3	0.04	10.98

Especie	Parcela 7	Bosque Intervenido			Comunidad: Laureano Mairena			
	ri	rA	p	rE	R	np	Sr	z
<i>Dipterix oleifera</i>								
<i>Ilex tectonica</i>								
<i>Carapa guianensis</i>	14.6	7.3	1.6	0.39	18.71	1.78	0.14	4.51
<i>Pentaclethra macroloba</i>								
<i>Terminalia oblonga</i>								
<i>Tetragastris panamensis</i>								
<i>Dialium guianensis</i>								

Anexo 5. Glosario de términos de importancia relacionados al estudio de patrón espacial

Patrón espacial: El patrón espacial de una especie se refiere a la distribución en el espacio de los individuos pertenecientes a dicha especie. Sin embargo, como el término ‘distribución’ tiene un significado preciso en estadística denota la forma en que se reparten las clases posibles, los valores de una determinada variable, es preferible siguiendo a Pielou, utilizar el vocablo ‘patrón’ para designar la organización o el ordenamiento espacial de los individuos, así las variables tienen una distribución dada y las especies tienen un patrón determinado (Matteucci y Colma, 1982).

Patrón aleatorio: Se refiere a un tipo de distribución relativamente homogénea de las especies en un área. La homogeneidad se relaciona a los valores medios de distancia. Según Matteucci y Colma, (1982) las especies con este tipo de patrón presentan distancias medias de 3.5m entre individuos. Así mismo las especies con este patrón sugieren desviación estándar aproximada al valor de la distancia media entre individuos.

Patrón regular: Es un patrón en el que la homogeneidad en la distribución de los individuos de una especie es menor que en el patrón aleatorio. Matteucci y Colma, (1982) mencionan que este tipo de patrón implica desviación estándar mayor a los valores medios de distancia entre individuos.

Patrón agregado: Es un tipo de patrón en el cual las especies presentan una distribución altamente homogénea formando manchones o agrupamiento de individuos. Matteucci y Colma, (1982) proponen que este tipo de patrón se diferencia estadísticamente de los otros porque la desviación estándar entre individuos de una misma especie es baja (0.43).

Índice de agregación: Este índice es usado en el método del vecino más cercano propuesto por Clark y Evans (1954). Este resulta de la relación de los valores de distancia media al vecino más cercano (r_A), y la distancia esperada al vecino más cercano (r_E) (Krebs, 1998).

Estrato: Es un conjunto de plantas que constituyen un grupo diferenciado por su tamaño y porte dentro de una estructura, formación o agrupación vegetal. Suelen distinguirse el estrato arbóreo, arbustivo, frutescente y herbáceo, a los que pueden agregarse los conjuntos de plantas trepadoras, epifitas y criptógamas rastreras o crustáceas. I: Stratum, Storey, Story, layer, bed (Sociedad Española de Ciencias Forestales, 2005).

Abundancia: Se refiere al número de individuos de cada especie forestal en relación a una unidad de área. La abundancia o densidad de individuos- número de árboles por unidad de área- (Matteucci, S. Colma, A., 1982) es en general bastante estándar bajo la condición natural climática.

Desviación Estándar: Es una medida de dispersión o de variabilidad de los datos de una serie de valores, indican la homogeneidad de ellos, por lo tanto, la semejanza o diferencia que existe entre los individuos de un colectivo con relación a una cierta variable cuantitativa (Guillermo, 1996).

Aprovechamiento selectivo: Se define como la selección, marcaje y tumba direccional de árboles bajo reglas dasonómicas estricta en un sistema de corta ecológica y ambientalmente compatible y que sigue las reglas tradicionales de un buen manejo de los bosque así como los principios de sustentabilidad.(Bruening, 1996).