

Distribución Espacial Arbórea en Ecosistemas Norandinos del Flanco Oriental en la
Cordillera Oriental de los Andes Colombianos

Nicolas Stiven Espinel Rangel

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Forestal

Director

Ronald Alfonso Montañez Valencia

M.Sc en Conservación y Usos Sostenibles de Sistemas Forestales.

Codirector

Diego Suescún Carvajal

M.Sc en Bosques Conservación Ambiental

Universidad Industrial de Santander

Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia

Programa de ingeniería forestal

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

Este logro es dedicado a Dios, a las personas que creyeron y no creyeron en mí, para que nunca dejen de creer en ellos mismos y puedan persistir en sus metas, como lo hice yo. A mi madre y hermanos por el acompañamiento en la formación académica y moral, a la familia Mojica Bonilla por las enseñanzas compartidas durante estos años y Judy Jaimes por la condicional colaboración para seguir adelante.

Agradecimientos

Expreso mi gratitud a la Universidad Industrial de Santander primordialmente a la sede de Málaga, por brindar y darme oportunidad de la educación, además, al equipo de trabajo de directivos, administrativos y docentes que me guiaron en el rumbo profesional. Cabe resaltar, el acompañamiento en la ejecución del proyecto de grado al docente Ronald Montañez (director), Diego Suescún (codirector) y al docente Ronny Aponte por la disposición de colaborar y solucionar inquietudes.

Valoro mucho la cordialidad dada por la familia Otero, por enseñarnos, compartir experiencias y hospedarnos, además, por brindarnos la ayuda y la oportunidad de realizar el proyecto en la reserva La Llanada.

A Hency Lizcano por la colaboración dada durante las etapas de trabajo en campo y digitalización, y a los estudiantes Angelica León, Angelica Moya, Elkin Albarracín, Jesús Ochoa, José Luis Caballero, Julián Quintero, Laurent Castellanos, Manuel Calvo, en el acompañamiento de la recolección de la información.

A mi familia, por acompañamiento y persistir conmigo en la finalización de esta etapa de mi vida.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción.....	13
1. Objetivos	15
1.1. Objetivo General.....	15
1.2. Objetivos Específicos	15
2. Marco de referencia	15
2.1. Marco teórico.....	15
2.2. Marco Conceptual.....	20
2.2.1. Nicho de hábitat.....	20
2.2.2. Partición de recursos.....	20
2.2.3. Facilitación	21
2.2.4. Retroalimentación biótica.....	21
2.2.5. Asociación interespecífica	21
2.3. Marco Legal.....	24
3. Metodología.....	24
3.1. Área de estudio	25
3.2. Diseño experimental	26
3.3. Toma de datos.....	27
3.4. Tratamientos de datos	29
3.5. Procesamiento de datos	31
4.5.1. Estimar la distribución espacial de especies arbóreas en diferentes escalas de muestreo.	31

4.5.2. Determinar la distribución espacial arbórea en sotobosque y dosel para diferentes tipos de coberturas.....	31
4.5.3. Analizar los índices de la distribución espacial estimados por modelos matemáticos y gráficos.....	32
4. Resultados.....	32
5.1. Las especies presentan gregarismo, pero oscila su distribución al ampliar el área.....	32
5.1.1. Robledal.....	32
5.1.2. Bosque mixto.....	35
5.1.3. Rastrojo.....	38
5.2. El hábito de crecimiento (sotobosque y dosel) varía el gregarismo.....	41
5.2.1. Robledal.....	41
5.2.2. Bosque mixto.....	43
5.2.3. Rastrojo.....	45
5.3. La similitud de las escalas muestrales y los índices varía según la significancia.....	46
5. Discusión.....	48
6. Conclusión.....	51
7. Recomendaciones.....	52
8. Bibliografía.....	53
9. Apéndices.....	67

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1 Tabla de ecuaciones.....	29
Tabla 2 Valores de los índices de distribución espacial arbórea del robledal, aplicado al área muestral	34
Tabla 3 Valores de los índices de distribución espacial arbórea del bosque mixto, aplicado al área muestral.....	36
Tabla 4 Valores de los índices de distribución espacial arbórea del rastrojo, aplicado al área muestral	40
Tabla 5 Resultados de los índices de distribución espacial de las especies de mayor abundancia del robledal.....	42
Tabla 6 Resultados de la distribución espacial de las especies de más abundantes del bosque mixto.....	44
Tabla 7 Resultado de la distribución espacial de las especies de mayor abundancia en rastrojo del rastrojo.....	46

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Mapa del área de estudio.....	26
Figura 2 Croquis del establecimiento de las parcelas.....	27
Figura 3 Ubicación espacial de los individuos arbóreos.	28
Figura 4 Análisis de la escala de muestreo de 20x20 m.....	29
Figura 5 Distribucion espacial del Robledal.....	33
Figura 6 Distribución espacial del bosque mixto	35
Figura 7 Distribución espacial del rastrojo.....	39
La representación de los individuos, ayuda analizar la distribución espacial por el estrato arbóreo (Figura 8). Figura 8 Distribución espacia del robledal según hábito de crecimiento (sotobosque y dosel)	41
Figura 9 Distribución espacial del bosque mixto según hábito de crecimiento (sotobosque y dosel)	43
Figura 10 Distribución espacia del rastrojo según habito de crecimiento (sotobosque y dosel)	45
Figura 11 ANOVA del resultado índices según la escala de muestreo	47
Figura 12 Test de Tukey	48

Lista de Apéndices

	pág.
Apéndice A Formato de corrección de pendiente	67
Apéndice B Formulario de Georreferenciación en campo	68
Apéndice C Proceso de los cálculos de Cox y Morisita.....	69
Apéndice D Procedimiento para hallar los valores de distribución espacial para Eberhardt	70
Apéndice E Adecuación de las parcelas	71
Apéndice F Registro de las distancias de los individuos.....	72
Apéndice G Volcamiento de las especies.....	73

Glosario

Abundancia: mayor número de individuos de la misma especie en una zona.

Arbóreo: árbol que supera las mediadas optimas de medición del diámetro de pecho (DAP) de 2,5 cm.

Biogeografía: estudia el comportamiento de los seres vivos a través del espacio y tiempo

Bosques mixtos: son formaciones arbóreas que intenta predominar entre otras especies por si diversidad, ya que se localizan en zonas de transición de dos coberturas.

Cobertura vegetal: definida como la capa vegetal que cubre la superficie terrestre con diferentes capas vegetales según las características fisonómicas y la heterogeneidad ambiental, la capa vegetal puede ir desde los pastizales hasta masas boscosas.

Cobertura: es la descripción al observar la superficie de la tierra como: la vegetación, los afloramientos rocosos, cuerpos de aguas y las áreas urbanas.

Demografía: es el estudio de la población según los procesos dinámicos, geográficos en una población.

Distribución vegetal: distancia entre dos o más individuos arbóreos de la misma especie o diversas especies.

Dominancia: taxon que obtiene mayor biomasa según la representatividad en un terreno.

Florístico: es el conjunto de información de sistemática o taxones de la flora, que se encarga estudiar el área de un territorio de dichas características.

Frecuencias: es el número de repeticiones que se puede encontrar en un área a través de un tiempo determinado.

Índices matemáticos: medida estadística que analiza la evolución de una magnitud.

Inventario florístico: es la recolección de la información que se organiza por grupos botánicos (Familia, Especie, genero)

Lenguaje de programación: es la forma de comunicarse con una computadora o hardware para solicitar una actividad u operación.

Salida gráfica: son información necesaria para comprender o analizar una información por medios de imágenes.

Resumen

Título: Distribución Espacial Arbórea en Ecosistemas Norandinos del Flanco Oriental en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos.

Autor: Nicolas Stiven Espinel Rangel

Palabras Clave: Abundancia, Aleatorio, escala de muestreo, gregarismo, uniforme.

Se determinó los patrones de distribución espacial arbórea en tres coberturas boscosas en el municipio de Concepción en la vereda Junín, exactamente en la reserva La Llanada; para cada cobertura se mapearon cinco parcelas permanentes de 1000 m² analizando las diferentes escalas de muestreos de 20x50 m, 20x20 m y 10x10 m, se clasificó en sotobosque (DAP < 10 cm) y dosel (DAP >10 cm). Con el fin de responder las preguntas planteadas: 1. ¿cuál patrón de distribución espacial domina la cobertura?; 2. ¿existen diferencias significativas de la distribución espacial entre especies y estratos arbóreos? y 3. ¿existen diferencias entre los diferentes índices utilizados para la estimación de la distribución espacial arbórea? Para identificar la distribución espacial se utilizaron tres índices, el de Cox, Eberhardt y Morisita. Como resultado, las especies arbóreas tienden a agruparse como es el caso de *Quercus humboldtti* (roble), *Myrsine sp1* (bosque mixto) y *Clethra revoluta* (rastroy), ya que presentaron mayor abundancia según la cobertura (aunque la distribución espacial varía según el tamaño de la muestra). Analizando el hábito de crecimiento de las especies, la distribución espacial puede fluctuar entre uniforme y al azar, como es el caso de las especies ya mencionadas, esto depende de la abundancia, dominancia, demografía poblacional, geografía y heterogeneidad climática. Incluso, en las tres coberturas comparten especies arbóreas, donde la distribución cambia por el estado sucesional que altera la representatividad de la especie, como es el caso de *C. revoluta* y *M. coriacea*. Por último, aunque no presenten diferencias significativas a través de las escalas de muestro, se evidencia el cambio del patrón de distribución; pero al comparar los índices de Morisita y Eberhardt éstos no presentaron diferencias significativas de la varianza.

Distribución Espacial Arbórea en Ecosistemas Norandinos del Flanco Oriental en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos.

Facultad de Instituto de Proyección Regional y Educación a Distancia. Programa académico Ingeniería Forestal.
Director: Ronald Alfonso Montañez Valencia. M.Sc en Conservación y Usos Sostenibles de Sistema Forestal.
Codirector: Diego Suescún Carvajal. M.Sc en Bosques Conservación Ambiental.

Abstract

Title: Arboreal Spatial Distribution in Norandino Ecosystems of the Eastern Flank in the Eastern Cordillera of the Colombian Andes

Author(s): Nicolas Stiven Espinel Rangel

Key Words: Abundance, Random, sampling scale, gregariousness, uniform.

The patterns of tree spatial distribution were determined in three forest covers in the municipality of Concepción in the Juní district, exactly in the Llanada reserve; for each cover five permanent plots of 1000 m² were mapped, analyzing the different sampling scales of 20x50 m, 20x20 m and 10x10 m, classified into understory (DBH < 10 cm) and canopy (DBH > 10 cm). In order to answer the hypotheses, the following questions were asked: 1. Which spatial distribution pattern dominates the cover; 2. Are there significant differences in spatial distribution between species and tree strata? And 3. Are there differences between the different indices used to estimate tree spatial distribution? Three indices of Cox, Eberhardt and Morisita were used to identify the spatial distribution. As a result, tree species tend to group together, as is the case of *Q. humboldtii* (Robledal), *Myrsine* sp1 (mixed forest) and *C. revoluta* (Rastrojo), since they presented higher abundance according to cover, but spatial distribution varies according to sample size. Analyzing the growth habit of the species. The spatial distribution can fluctuate to uniform or to lazar, as is the case of the species already mentioned, this depends on the abundance, dominance, population demography, geography and climatic heterogeneity. And even species, the representation of the species in the three coverages, where, the distribution changes by the successional state of the forest, altering the abundance, as is the case of *C. revoluta* and *M. coriacea*. Finally, although they do not present significant differences through the sampling scales, the change in the distribution pattern is evident; but when comparing the indexes, Morisita and Eberhardt did not present significant differences in the variance.

Arboreal Spatial Distribution in North Andean Ecosystems of the Eastern Flank in the Eastern Cordillera of the Colombian Andes.

Faculty of the Institute of Regional Projection and Distance Education Forestry Engineering academic program. Director: Ronald Alfonso Montañez Valencia. M.Sc in Conservation and Sustainable Uses of Forest System. Co-director: Diego Suescún Carvajal. M.Sc in Forestry and Environmental Conservation.

Introducción

Colombia registra alrededor de 5938 especies arbóreas (Global Tree Search, 2022), de las cuales 1255 son endémicas y para la región Andina, cerca del 45% de dicho endemismo, registra alguna categoría de riesgo de amenaza (Morales y López, 2020). Para, Diazgranados y Castellanos (2021) registraron en la Cordillera Oriental, 15 especies en peligro crítico, 20 en peligro y 15 en estado vulnerable.

La región Andina cubre 11.343.000 ha de bosque natural correspondiente al 19% del país (IDEAM, 2021). Dicha área ha sido afectada por actividades antrópicas como la explotación maderera no planificada (Jardel, 2015), ganadería extensiva, minería de socavón; y de forma natural por el movimiento de masas, el volcamiento de las especies; dichos procesos, inciden en los patrones de distribución de especies (Manson et al., 2009; Neeman et al., 1992).

Las afectaciones en la región Andina han transformado la unidad del paisaje en un 93% (Velasco-Linares y Vargas, 2008). perjudicando, los hábitats (Hernández et al., 2014; Valencia et al., 2019), la productividad de los bosques (Jardel, 2015; Perry, 1998; Smith et al., 1997), la biodiversidad (Hernández et al., 2014; Valencia et al., 2019), y propagación de las semillas (Puettmann et al., 2016); en respuesta a lo anterior, los individuos arbóreos generan procesos de competencia que alteran los patrones de distribución espacial (Guase, 1935; Sánchez, 2021).

Los patrones de distribución arbórea permiten investigar en las relaciones biogeográficas para soportar la toma de decisiones sobre los diversos ordenamientos y manejos sostenibles a nivel forestal. Además, logran relacionar teorías de la silvicultura, dispersión de la semilla (Nathan & Muller-Landau, 2000; Silva, 2014; Vázquez, 2011), y la disponibilidad de los recursos naturales del bosque (Hernández et al., 2018) y la adaptabilidad

de las especies arbóreas (Durán et al., 2018; Hunter y Gibbs, 2009; Jardel, 2014; Jardel, 2015; Lindenmayer y Franklin, 2002) e indagar sobre fenómenos naturales o antrópicos (Rejmaneck & Leps, 1996).

La Cordillera Oriental en los Andes, requiere estudios enfocados en este tema, por lo que surgen los siguientes interrogantes: 1. ¿Cuál patrón de distribución espacial dominante en la cobertura vegetal del presente estudio?; 2. ¿Existen diferencias estadísticamente significativas entre las distribuciones espaciales de especies y estratos arbóreos? y 3. ¿Existen diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes índices utilizados para la estimación de la distribución espacial arbórea?.

1. Objetivos

1.1. Objetivo General

Validar el patrón de distribución espacial de especies arbóreas en diferentes tipos de cobertura vegetal a lo largo de un gradiente altitudinal en la Provincia de García Rovira.

1.2. Objetivos Específicos

Estimar la distribución espacial de especies arbóreas en diferentes escalas de muestreo.

Determinar la distribución espacial arbórea en sotobosque y dosel para diferentes tipos de coberturas.

Analizar los índices de la distribución espacial estimados por modelos matemáticos.

2. Marco de referencia

2.1. Marco teórico

La distribución espacial arbórea depende en parte de fenómenos ambientales (Perry et al., 2006; Pukkala, 1989; Rodríguez, 2019), variación altitudinal (Mendoza y Cifuentes, 2012), relaciones de coexistencia (Getzin et al., 2006; Imas, 2014; Martínez et al., 2013), cambios en las coberturas (Nathan & Muller-Landau, 2000; Zhao et al., 2010), procesos de dispersión de semillas (Silva, 2014, Vázquez, 2011), y el reclutamiento y mortalidad de los individuos (Larsen et al., 2019).

Los patrones de tipo agregado pueden ocurrir por variabilidad ambiental, las especies pioneras presentan un patrón agregado, ya que su ubicación coincide con la localización de

claros en el bosque (Pearson et al., 2003). la aleatoriedad ocurre por la dispersión del viento; y la uniformidad al ser dispersada por animales (Seidler & Plotkin, 2006). Mientras que, especies heliófitas pueden presentar una distribución agregada o al azar, dependiendo de la disponibilidad de recursos edáficos (Franklin & Rey, 2007). La distribución espacial arbórea está relacionada con procesos de sucesión, Valencia et al. (2012) indica, que la dinámica vegetal comprende el estado del bosque y los que interactúan, siendo el caso de Budowski (1965) y García (2020) compararon los patrones de distribución en la región de América Central, concluyendo, que la distribución de las especies vegetal varían a través de los procesos sucesionales, la escala de expansión de muestreo, y migración de especies, la humedad relativa del suelo y los tipos de coberturas, obteniendo así distribuciones gregarias. Otro escenario a contrastado fue en el bosque seco tropical entre la Guajira y Bolívar, en Colombia, para *Brosimum aliscastrum* con patrones gregarios y uniforme respectivamente (Flórez y Raz 2019).

El patrón agregado de las especies *Otoba lehmanni* y *Matisia bolivarii* en un bosque pluvial premontano, se debió al alto número de semillas que cayeron cerca del árbol parental, mientras que, el patrón uniforme se debió al alto grado de mortalidad de las plántulas. En cambio, para Vallejo y Galeano (2009), las distribuciones espaciales recaen sobre la mortalidad de la especie, dominancia y los procesos estocásticos. Mientras que, Vera (2016), manifiesta que las distribuciones espaciales están en función del estado de conservación de los bosques; aunque, Miranda et al. (2016), indica que varía según el tipo de cobertura, la dispersión de la semilla y dendrometría de la especie.

La distribución espacial en los bosques húmedo premontano, bosque muy húmedo premontano bajo y bosque muy húmedo montano en los municipios de Anorí, Angelópolis y la región Belmira en Antioquia, registró gregarismo en las especies de dosel *Protium*

tovarense, *Brunellia sibundoya*, *Tibouchina lepidota*, y para el sotobosque *Chrysophyllum argenteum*, *Miconia multiplinervia*, *Matudaea colombiana* (Montañez et al., 2010). En diferencia de los bosques húmedos tropicales en la región Pacífica Colombiana, el comportamiento arbóreo de las especies *Brosimum utile*, *Camptosperma panamense*, *Oenocarpus bataua* y otras especies; siendo gregarismo en la distribución, es importante mencionar que las especies mencionadas tiene importancia ecológica, y varia significativamente a través del rango altitudinal entre 8 hasta 230 m s.n.m. en la distribución espacial (Rodríguez, 2019).

Las variables inmersas en el estudio espacial arbóreos de la selva Alta Perennifolia en México, fueron la altitud, disturbios naturales y antrópicos, arrojando gregarismo para las especies *Chamaredorea oblongata* en dosel y *Eugenia acapulcensis* en sotobosque, en áreas con evidencia de claros (Sánchez et al., 2019). Continuando con la variable altitudinal entre los 1000 hasta 22000 m s.n.m. en bosques primarios de Costa Rica, la dispersión se manifestó, en la especie *Symphonia globulifera* en altitudes menores y distribución aleatoria para *Oreomunnea mexicana* y *Hyeronima oblonga* en zonas altas del rango de observación (Cruz, 2013).

la distribución espacial de la *Pachira quinata* fue gregaria en el Bosque Universitario “El Caimital” y el relicto boscoso de los Llanos Occidentales de Venezuela (Moret et al., 2008). Por el contrario, sucede en la distribución arbórea en los bosques periurbanos en Mérida (Venezuela), debido a la perturbación el comportamiento arbóreo fue aleatoria entre especies registradas (Andrades-Grassi et al., 2022).

2.1.1. Patrones de distribución aleatoria

La distribución aleatoria, indica grados de intervención en el bosque (Vásquez et al., 2021), ligada a procesos de dispersión de semillas por animales, ya que estos tienden a alcanzar un mayor rango de dispersión frente a mecanismos abióticos (Martín-Vélez et al., 2021). Es decir, cerca del 80% de las especies leñosas del trópico poseen adaptaciones para la dispersión por zoocoría (Thierry et al., 2021). Otras causas, son las bajas precipitaciones y las elevadas pendientes (Vaughh et al., 2015). Para confirmar lo dicho, Lockhart (2021) y Jiang (2022) indican que, los procesos estocásticos se deben por la heterogeneidad ambiental que genera variación demográfica de las especies arbóreas.

2.1.2. Patrones de distribución uniforme

El comportamiento uniforme de las especies vegetales se debe a la probabilidad de la sobrevivencia de las semillas, e incluso a la adaptabilidad de los problemas fitosanitarios y variaciones climáticas en sus primeras etapas de crecimiento (Connell, 1971; Janzen, 1970; Vallejo y Galeano, 2009).

2.1.3. Patrones de distribución agregada o gregaria

El comportamiento gregario, son los procesos demográficos (mortalidad y natalidad) que puede ser influyendo por condiciones del suelo o bioclimáticas, la distribución de la fauna y avifauna, y los rebrotes de las especies vegetales (Donoso, 1998; Hofmann, 2004; Hubbell, 2001; Kershaw, 1973; Sánchez et al., 2019; Vallejo y Galeano, 2009).

2.1.4. Índice de Cox

El índice de agregación de Cox (IC), estima el cociente entre la varianza (Sx^2) y la media aritmética del número de individuos por parcela (\bar{x}). (*Ecuación 1*); donde, la

distribución es uniforme el IC es menor a uno; si el IC es igual a uno es aleatoria, pero si el IC es mayor a uno es agregaría.

2.1.5. *Índice de Eberhardt*

Utiliza el cociente de la media aritmética de las distancias al cuadrado (\bar{d}_i^2) y el cuadrado de la media (\bar{d}_i^2) de las distancias al vecino más próximo (d_i) (Ecuación 2). Por lo tanto, el índice utiliza el vecino más cercano, reflejando la estructura según la varianza. Heydari et al. (2017), proponen utilizar el cuadrado del cociente de la desviación estándar de las distancias (σ) entre la media de la distancia (\bar{x}) más próximas más uno (Tabla 1; Ecuación 3). Donde, el I_e es igual a 1,27 el patrón es aleatorio; sí, el I_e está entre 1,13 al 1,18 el patrón es uniforme; pero si el I_e es mayor a 1,131 el patrón es gregario.

Para la convalidación de los puntos críticos Heydari et al. (2017), proponen utilizar el cuadrado del cociente de la desviación estándar de las distancias (σ) sobre la media de la distancia (\bar{x}) más próximas más uno.

2.1.6. *Índice de Morisita*

El índice de Morisita tiene en cuenta la media de dispersión independiente del tamaño de muestra a través de la unidad de muestro o abundancia (Morisita, 1959; Badii, 2011; Ledo et al., 2012) (Tabla 1; Ecuación 4). Donde n , es el número de la unidad de muestreo, x_i es el número de individuos en cada una de las unidades de muestreo; para la validación de los resultados de los valores más críticos se emplea:

Uniformidad (MU) donde, $X^2_{0,975}$ es el valor de chi-cuadrado con $n-1$ de los grados de libertad, con alfa de 9,75% intervalo de confianza. Y agrupamiento (MC) Donde, $X^2_{0,025}$

es el valor de chi-cuadrado con n-1 de los grados de libertad, con alfa de 2,5% intervalo de confianza (*Ecuación 5*).

Según, Aguirre & Encarnación (2021), los parámetros del índice se validan mediante los índices estandarizados de Morisita.

2.1.7. Bosque altoandino

Las franjas altitudinales de los bosques altoandinos van desde 2682 m hasta los 3268 m (Sarmiento & Sarmiento, 2021), son ecosistemas estratégicos clave en el análisis del paisaje y oferta de los servicios ambientales (Flores, 2017). Colombia posee alrededor de 4.125.500 ha de ecosistemas de alta montaña, lo que equivale al 3,6% de la extensión continental (IDEAM, 2020). También aportan en el almacenamiento de carbono, los cuales registraron según la densidad del estrato arbóreos (muy denso, denso y dispersos) para la especie *Polylepis sp* fueron: muy denso 122,64 tC/ha, denso 64,45 tC/ha, y disperso 20,12 tC/ha alrededor de 53,923 Toneladas Ceq/ha; por otra parte, el almacenamiento de biomasa aéreo 36,8 tc/ha, biomasa del suelo 11,84 tC/ha, biomasa subterránea 4,85 tC/ha, biomasa necromasa 0,53 tC/ha (Cornejo, 2022); y la regulación del recurso hídrico.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Nicho de hábitat

Se define como las condiciones necesarias para una especie prolifere y se mantenga durante el tiempo (Warren et al., 2008).

2.2.2. Partición de recursos

Consiste en listar los requerimientos nutricionales entre diferentes especies arbóreas permiten captar una mayor porción de recursos y un aumento en la productividad (Barry et al., 2019; Forrester & Bauhus, 2016; Trogisch et al., 2021).

2.2.3. *Facilitación*

Se da cuando una especie arbórea, es la interacción de dos especies para adaptarse a nuevos ambientes severos, en el cual la planta nodriza beneficia al otro individuo mejorando el microhábitat bajo la copa y disminuyendo del estrés ambiental (Bronstein, 2009; Trogisch et al., 2021).

2.2.4. *Retroalimentación biótica*

La diversidad es el resultado de las evoluciones de las especies a través de la adaptabilidad, variedad y variabilidad según el espacio y tiempo, sino también la abundancia (Zavaro Pérez, 2018). En cambio, la riqueza es el número de especies en un espacio. la diversidad de especies arbóreas beneficia a la riqueza y la abundancia, sino que también estabiliza o varia las redes multitróficas. Es decir, las estrategias de las especies al utilizan los depredadores para infectar a otras plantas como es el caso de las hormigas que transporta el patógeno hacía otra planta, pero los individuos afectados buscan el mecanismo para controlar el patógeno (Staab et al., 2016).

2.2.5. *Asociación interespecífica*

Se refiere a la relación que se da entre varias especies en un contexto espacial, con influencia e interacción mutua de estas especies en diferentes hábitats de la comunidad (ChaiI et al., 2016; Shao & Zhang, 2021).

2.2.6. Parcelas permanentes

Las parcelas permanentes, corresponde a un área delimitada de un fragmento de bosque, con el fin de estudiar y comprender la dinámica de los procesos ecológicos del bosque a través de las estructuras arbórea. Esto se lleva a cabo, con la identificación de la especie, clasificación diamétrica a la altura de pecho (DAP) y diferentes datos necesarios como las características de la raíz, tallo zona de ubicación geográfica y climática (Brienen, 2015; Philips, 2009; Rojano & España, 2013).

2.2.7. Biogeografía

Es la rama de la geografía junto con la biología que pretende interpretar distribución a través del tiempo de las diferentes especies (flora y fauna) (Proctor et al., 2020).

2.2.8. Unidades biogeográficas de Colombia

la unidad biogeográfica de las especies endémicas de Colombia, son sobrevivencias de las especies vegetales y animales a grandes cambios climáticos o eventos durante un tiempo a una escala geológica. el teorema del refugio pleistocénicos indica que por medios de mecanismos de especiación y diversificación de las especies varia en el comportamiento del bioma al reducirse o ampliarse. En cambio, la evolución de la biota es la adaptación de los eventos causados durante el tiempo; estas dos teorías ya descritas, indica que el centro del endemismo de las especies que predominaron o sobrevivieron a condiciones húmedas o secas del entorno (Camacho et al., 1992).

2.2.9. Semilla

Se caracteriza por ser de propagación vegetal de las plantas superiores, es un proceso biológico que inicia con la floración y concluye con la maduración del fruto. Su rol es fundamental en procesos de persistencia, dispersión de las plantas (Gómez, 2021).

2.2.10. Dispersión de semillas

Entre las principales formas de dispersión de semillas, encontramos: por el viento (anemocoria), el agua (hidrocoria), los animales (epizoocoria), al ser ingeridas por los animales (endozocoria), por la gravedad (barocoria), por los mecanismos propios de la especie (autocoria) (Aguilar et al., 2020). Según los mecanismos de dispersión se afectara la interacción con otras especies y los patrones espaciales de carácter intraespecifico e interespecificos que se lleguen a establecer (Perea et al., 2021).

2.2.11. Banco de pantulas

Son individuos vegetales de menor altura (15 cm a 40 cm) establecido en el sotobosque, de lento crecimiento pueden tolerar y persistir en condiciones de sombra durante años (Antos, McPherson, & Guest, 2020). El banco de plantulas en el bosque es propio de esciófitas parciales y de las esciófitas durables, ya que la germinación de las especies heliófitas se ve inhibida bajo el dosel, (Gómez, 2021).

2.2.12. El fruto

Es el órgano vegetal que alberga y protege las semillas de las angiospermas, y que en muchos casos propicia también su dispersión (Invernón et al., 2012). Los frutos que son alejados del árbol parental por parte de frugívoros disminuyen la tasa de mortalidad, por factores como la denso-dependencia y la depredación (Manjarres, 2021).

2.3. Marco Legal

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, ley 2 (17, enero, 1959). Sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovable. (Congreso de Colombia, 1959)

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, Ley 99 (22, diciembre,1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. (Congreso de Colombia,1993).

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, decreto 165 (09, noviembre, 1994). Por medio de la cual se aprueba el “convenio sobre la Diversidad Biológica”, hecho en rio de janeiro el 5 de junio de 1992.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, Decreto 1076 (26, mayo, 2015). Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario Del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible. (congreso de Colombia, 2015)

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA, decreto 1996 (15, octubre, 1999). Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales De La Sociedad Civil (Congreso de Colombia, 1993).

3. Metodología

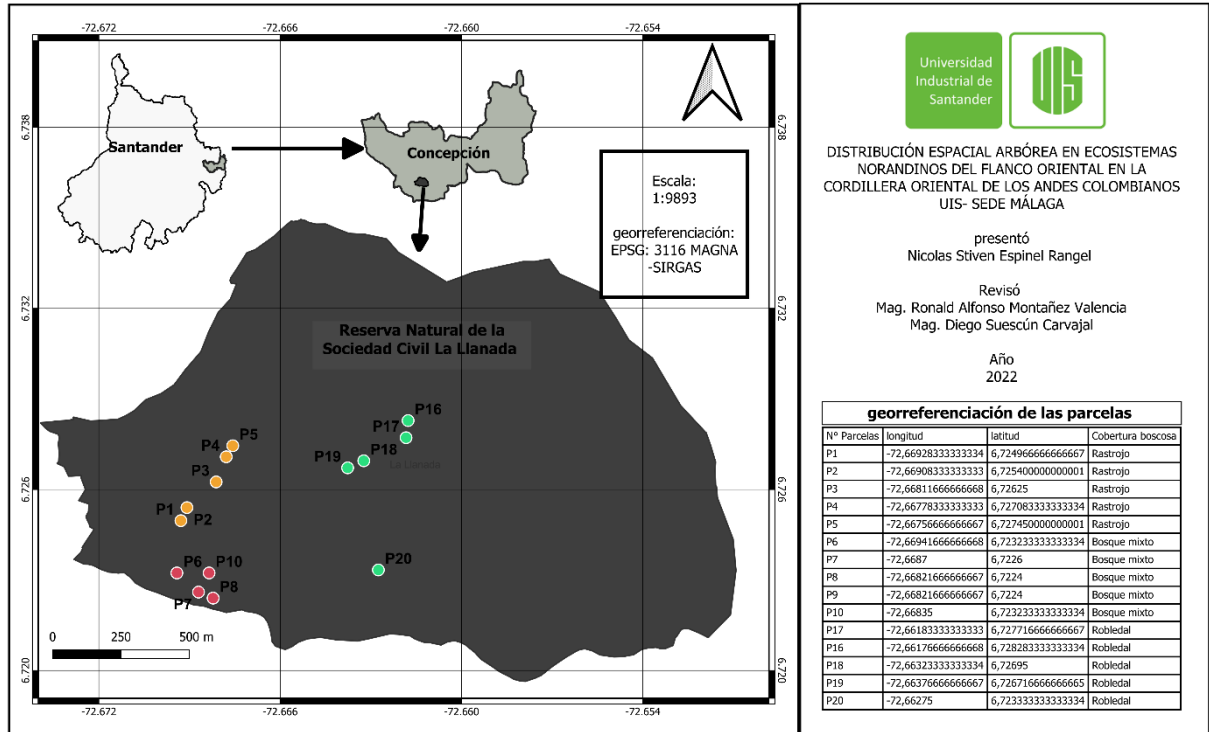
3.1. Área de estudio

El área de estudio se encuentra inmersa en el flanco oriental de la Cordillera Oriental de los Andes de Colombia (Mendoza y Cifuentes, 2012). La información dendrométrica y espacial de las especies arbóreas fue recolectada en diferentes tipos de coberturas boscosas ubicadas en el municipio de concepción (Figura 1).

Concepción alberga la Reserva Natural de la Sociedad Civil La Llanada (Resolución 0163, 2016), se distribuyen en tres tipos de cobertura: robledal, bosque mixto y rastrojo alto correspondiente a la zona de vida bosque húmedo montano (bmh-M) (Holdridge et al., 1994). Además, la Llanada posee 15 parcelas permanentes de vegetación arbórea, el robledal está distribuido en el rango altitudinal desde los 2603 hasta los 3685 m s. n. m., el bosque mixto se distribuye desde los 2440 hasta los 2500 m s. n. m., y el rastrojo se distribuye desde los 2384 hasta los 2430 m s. n. m.; temperaturas medias anuales entre los 12 hasta 18°C; y con precipitación total anual de 1500 mm.

Figura 1

Mapa del área de estudio



Nota: Ubicación de la zona de estudio en las 15 parcelas permanentes.

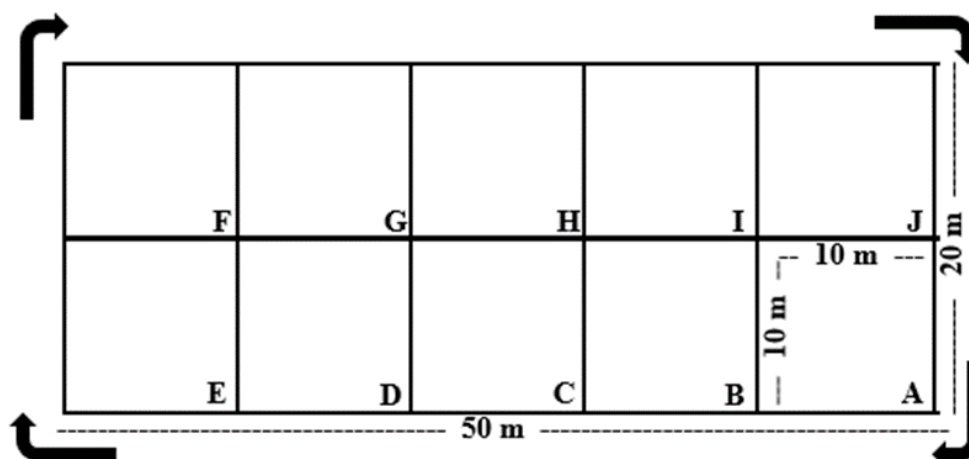
3.2. Diseño experimental

Las 15 parcelas permanentes de vegetación fueron establecidas en el 2020, bajo la modalidad de trabajos de grado del programa de ingeniería forestal de la Universidad Industrial Santander sede Málaga (Calderón y Olejua, 2020; Hernández y Álvarez, 2020). Cada unidad de muestreo (parcela) tiene las dimensiones de 50 x 20 m, en forma rectangular y está dividida en 10 subparcelas de 10 x 10 m, las cuales fueron etiquetadas a partir de la letra A hasta la J (Figura 2). La clasificación dendrométrica arborea fue asignada para sotobosque (latizales), con diámetros entre 2,5 y 9,9 cm; mientras que fustales (dosel), para diámetros superiores o iguales a 10 cm.

Los individuos arbóreos fueron plaqueteados con el registro del número de la parcela, subparcela y número del individuo. Además, se fijaron dichas plaquetas con alambres a una altura de 1,80 m. El punto óptimo de medición (POM), localizado a una altura de 1,30 m en la mayoría de las mediciones, fue delineado con pintura de color amarillo (para la clasificación fustales).

Figura 2

Croquis del establecimiento de las parcelas.



Nota: Esta figura muestra la orientación de la parcela y el nombramiento de los cuadrantes y sus medidas correspondientes.

3.3. Toma de datos

Las parcelas tuvieron corrección de la pendiente, teniendo en cuenta la distancia entre cuadrantes y la inclinación del terreno, se utilizó los instrumentos de cinta (lienza), clinómetro (Sunnto) (Tabla 1; Ecuación 6).

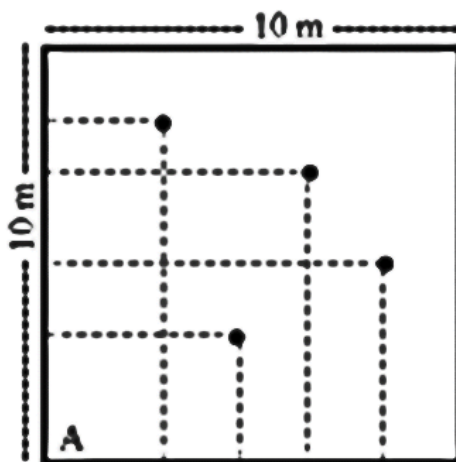
Por otra parte, los datos del formulario Georreferenciación de campo F003:1 tiene la siguiente información: número de la parcela, cuadrante, clasificación dasométrica (F; L),

número del individuo, nombre científico, circunferencia a la altura del pecho (CAP), el eje X, el eje Y; y observaciones (Apéndice B).

La recopilación de las medidas del eje X y el eje Y, se realizó de la siguiente manera: el individuo arbóreo formará un ángulo de 90° con los ejes (X, Y) dentro del cuadrante (10x10 m) en términos espaciales y el instrumento de medición será la cinta métrica para cada subparcela.

Figura 3

Ubicación espacial de los individuos arbóreos.



Nota: El presente grafico muestra el individuo arbóreo formando ángulos de 90° con los ejes X, Y.

Finalmente, los cuatros vértices de la parcela fueron georreferenciados empleando el GPS Garmin 64 PS con una precisión de ± 3 m. Además, los individuos arbóreos fueron ubicados espacialmente mapeados.

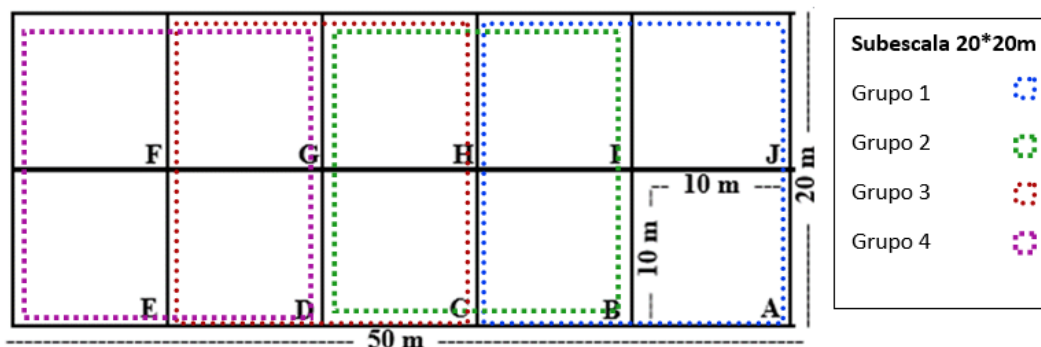
3.4. Tratamientos de datos

La información de los formatos georreferenciación de campo F003:1 y de pendientes, fue compilado en un archivo Excel que sirvió como insumo para ser tratado en el programa Rstudio (Apéndice C; Apéndice D). Además de la unidad de muestreo (parcela de 20x50 m) se definieron otras subescalas de análisis de 10x10 m (cuadrante) y 20x20 m (sub-cuadrantes), para los sub-cuadrantes se determinó unir cuadrantes de las mismas parcelas, con el fin de cumplir las dimensiones 20x20 m (Figura 4).

Paralelamente, los formatos de mapeo de georreferenciación F003:2, fueron escaneados y ubicado; que se utilizó en el análisis y mediante la proyección de los individuos.

Figura 4

Análisis de la escala de muestreo de 20x20 m.



Nota: Escala de muestreo de 20x20 m para la modelar los patrones de distribución espacial.

Tabla 1

Tabla de ecuaciones

Índices	Ecuaciones	Parámetros
<i>índice de Cox</i>	Ecuación 1 $I_c = \frac{S_x^2}{\bar{x}}$	$I_c = 1$; Aleatorio $I_c < 1$; uniforme $I_c > 1$; agregado
Índice de Eberhardt	Ecuación 2 $I_e = \frac{\bar{d}_i^2}{\bar{d}^2}$	$I_e = 1,27$; Aleatorio $I_e < 1,27$; uniforme $I_e > 1,27$; agregado
Índice de Eberhardt, para los puntos más críticos	Ecuación 3 $I_e = \left(\frac{\sigma}{\bar{x}}\right)^2 + 1$	$I_e = 1,27$; Aleatorio $I_e < 1,27$; uniforme $I_e > 1,27$; agregado
Índice de Morisita	Ecuación 4 $I_\delta = n \left[\frac{\sum x^2 - \sum x}{\sum x^2 - \sum x} \right]$	$I_\delta = 0$; Aleatorio $I_\delta < 0$; uniforme $I_\delta > 0$; agregado
MU y ME	Ecuación 5 $MU = \frac{X^2_{0,975} - n + \sum X_i}{(\sum X_i) - 1}$ $MC = \frac{X^2_{0,025} - n + \sum X_i}{(\sum X_i) - 1}$ $I_\delta \geq MC > 1:$ $IP = 0,5 + 0,5 \left(\frac{I_\delta - MC}{n - MC} \right)$ $MC > I_\delta \geq 1:$ $IP = 0,5 \left(\frac{I_\delta - 1}{MC - 1} \right)$ $1 > I_\delta > MU:$ $IP = -0,5 \left(\frac{I_\delta - 1}{MU - 1} \right)$ $1 > MU > I_\delta:$ $IP = -0,5 + 0,5 \left(\frac{I_\delta - MU}{MC} \right)$	$IP = 0$; Aleatorio $IP < 0$; uniforme $IP > 0$; agregado
Formula de la pendiente	Ecuación 6 $\text{Cos } \alpha = \frac{D. \text{ real (m)}}{D. \text{ terreno (m)}}$	

Nota: La tabla encontraran los diferentes índices y ecuaciones, que sirvió como insumo para los tratamientos de dato.

3.5. Procesamiento de datos

4.5.1 Estimar la distribución espacial de especies arbóreas en diferentes escalas de muestreo.

Se aplicaron los índices de Cox, Eberhardt y Morisita (Apéndice C; Apéndice D), y se realizó un análisis descriptivo para comparar y validar la distribución espacial en diferentes escalas. Para ello, se tuvieron en cuenta los valores del análisis de cada índice (*Tabla 1*), además, para el índice de Eberhard se realizó el promedio por especies según su distribución ya que Eberhard me indica la distribución por individuo arbóreo.

4.5.2 Determinar la distribución espacial arbórea en sotobosque y dosel para diferentes tipos de coberturas.

Para el análisis descriptivo se utilizaron los índices de Morisita y Eberhardt, y se escogieron los individuos que presentaban más de nueve replicas tanto los fustales como los latizales. Además, en la validación de la distribución, se utilizaron categorías para cada índice, es decir, Morisita se utilizó la metodología de Aguirre & Encarnación (2021) y de Eberhardt con Heydari et al. (2017).

Categorías según Morisita y Eberhardt:

$I_{\delta} > 0,5$ gregario; $0,3 > I_{\delta} > -0,3$ aleatorio; $-0,5 > I_{\delta}$ uniforme

$I_e > 1,31$ gregario; $1,31 > I_e > 1,18$ aleatorio; $1,18 > I_e$ uniforme

4.5.3 Analizar los índices de la distribución espacial estimados por modelos

matemáticos y gráficos.

Al validar la información de los resultados de los índices de Cox, Eberhardt y Morisita, se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con un porcentaje de confianza del 95%, con el fin de, determinar la diferencia entre escalas de muestreo e índices, por lo que H0: la distribución espacial es igual; y H1: la distribución espacial es diferente. Sí se rechaza la hipótesis nula, se implementará la prueba de Tukey que indica la similitud de los índices o escalas y se demuestra la diferencia. Para tener en cuenta, los resultados del índice de Eberhardt se le restó 0,27; y para Morisita se le agrego 1, con el fin de asemejar los resultados de los índices

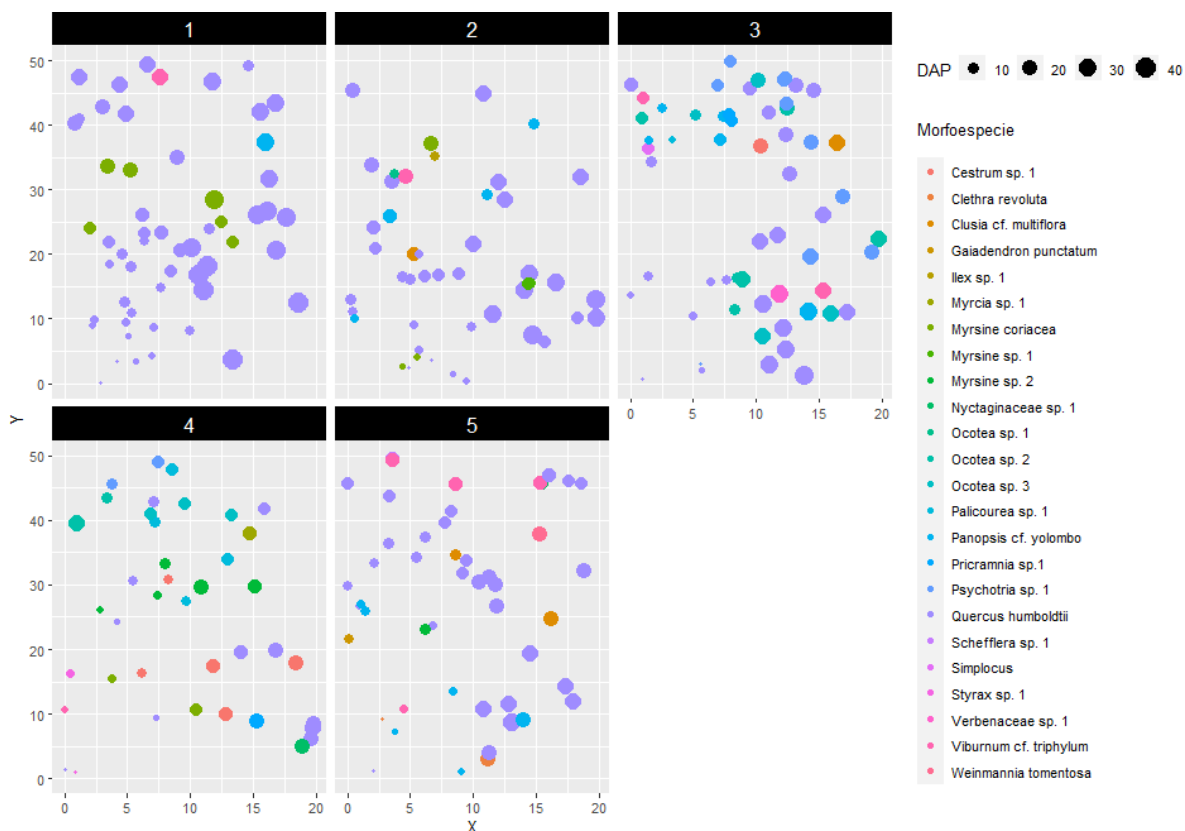
4. Resultados

5.1. Las especies presentan gregarismo, pero oscila su distribución al ampliar el área.

5.1.1. Robledal. Las tres especies con mayor abundancia registradas y presididas por el *Q. humboldtii* fueron *Panopsis cf. yolombo* (16), *Psychotria sp.1* (12) y *Myrsine coriacea* (11). En contraste, las especies sin replica fueron *Simplocus sp*, *Verbenaceae sp. 1* y *Weinmannia tomentosa*; para un total de 252 individuos que representaron 24 especies censados en cinco parcelas como se evidencia en la distribución de los individuos (Figura 5); cabe mencionar que los fustales fueron representados por *Ocotea sp. 2* (9), *M. coriacea* (7) y *Viburnum cf. triphylum* (6); mientras que los latizales estuvieron representados por *Psychotria sp. 1* (12), *P. yolombo* (11) y *Myrsine sp. 2* (6).

Figura 5

Distribucion espacial del Robledal



Nota: Mapeo de cinco parcelas permanentes del robledal, donde, X Y son las dimensiones que expresan en metros.

Las tres escalas de muestreo (20x50, 20x20 y 10x10 m), arrojaron la distribución espacial gregaria en *Q. humboldtii* según los índices de Cox, Eberhardt y Morisita. La tendencia gregaria continua con *Ocotea sp. 2* según Eberhardt. de igual manera, *Palicourea sp. 1* y *Panopsis cf. yolombo*, siguieron gregarias en áreas de 400 m² y 1000 m² con Eberhardt. La estimación de Morisita arrojó para las especies *Myrsine coriacea*, *Cestrum sp. 1*, *Psychotria sp. 1* y *Myrsine sp. 2* un patrón de distribución similar (Tabla 2).

Tabla 2

Valores de los índices de distribución espacial arbórea del robleal, aplicado al área muestral

ESPECIES	Índice								
	Cox			Eberhardt			Morisita		
	20x50	20x20	10x10	20x50	20x20	10x10	20x50	20x20	10x10
<i>Myrsine coriacea</i>	0,123	0,130	0,075	1,655	1,188	1,148	0,010	0,019	0,636
<i>Panopsis cf. yolombo</i>	0,133	0,089	0,076	1,465	1,302	NA	0,010	0,840	0,400
<i>Quercus humboldtii</i>	3,478	2,189	1,129	1,287	1,492	1,356	0,056	0,102	0,097
<i>Myrsine sp. 1</i>	0,016	0,019	0,016	NA	NA	NA	0,000	0,667	0,000
<i>Cestrum sp. 1</i>	0,093	0,075	0,046	1,154	1,153	1,037	0,070	0,030	0,800
<i>Ocotea sp. 2</i>	0,143	0,083	0,062	1,815	1,823	1,923	0,000	0,800	0,667
<i>Palicourea sp. 1</i>	0,093	0,065	0,029	1,358	1,442	NA	0,070	0,909	0,333
<i>Psychotria sp. 1</i>	0,373	0,128	0,086	1,195	1,321	2,221	0,104	0,958	0,636
<i>Myrsine sp. 2</i>	0,093	0,096	0,038	1,141	1,096	NA	0,070	0,065	0,533
<i>Styrax sp. 1</i>	0,016	0,012	0,008	NA	NA	NA	0,000	0,667	0,000
<i>Clethra revoluta</i>	0,016	0,010	0,008	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Viburnum cf. triphylum</i>	0,034	0,027	0,038	1,652	1,107	NA	0,972	0,423	0,222
<i>Clusia cf. multiflora</i>	0,014	0,018	0,015	NA	NA	NA	0,500	0,250	0,000
<i>Ilex sp. 1</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Ocotea sp. 1</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Ocotea sp. 3</i>	0,075	0,039	0,032	1,270	1,143	NA	0,857	0,714	0,286
<i>Pricramnia sp.1</i>	0,016	0,012	0,020	NA	NA	NA	0,667	0,667	0,667
<i>Simplocus</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Verbenaceae sp. 1</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Myrcia sp. 1</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Nyctaginaceae sp. 1</i>	0,006	0,005	0,008	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Gaiadendron punctatum</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
<i>Schefflera sp. 1</i>	0,004	0,002	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000

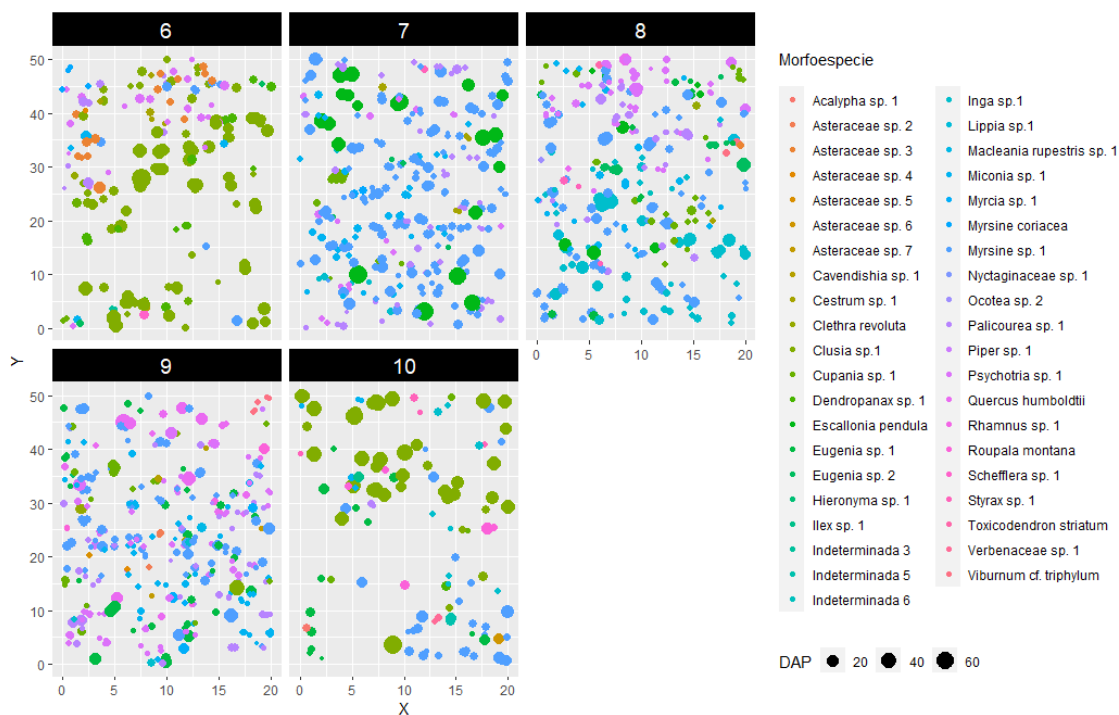
<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,004	0,005	0,004	NA	NA	NA	0,000	0,000	0,000
-----------------------------	-------	-------	-------	----	----	----	-------	-------	-------

Nota: Resultado de la distribución espacial. Donde, el gregarismo se presenta para Cox mayor a 0; pero Eberhardt mayor 1,27 y Morisita mayor 1; NA son especie que no representa replica.

5.1.2. Bosque mixto. Las tres especies con mayor representación en bosque mixto fueron *Myrsine sp.1* (339), *Psychotria sp. 1* (154) y *Palicourea sp. 1* (144); de manera opuesta, las especies *Piper sp. 1*, *Schefflera sp. 1* y *Toxicodendron striatum* no presentaron replicas, como se evidencia en la distribución (Figura 6). En sotobosque, las especies más abundantes registraron 213; 143 y 134 individuos respectivamente, en contraste, la representatividad del dosel estuvo a cargo de *Myrsine sp. 1* (126), *Clusia sp.1* (105) y *Escallonia pendula* (26).

Figura 6

Distribución espacial del bosque mixto



Nota: Mapeo de las cinco parcelas permanentes del bosque mixto, donde, X Y son las dimensiones que expresan en metros.

En cualquiera de las escalas de análisis y sin importar el índice aplicado, *Myrsine sp1* arrojó gregarismo. Conservando las escalas de análisis *Cupania sp. 1*, *Dendropanax sp. 1*, *Eugenia sp. 2* entre otras, registraron el mismo patrón de distribución como respuesta a los índices Eberhardt y Morisita.

Cox y Morisita en escalas menores, es decir 100 m² tiende a generar distribuciones uniformes para *Clusia sp. 1* y *Psychotria sp. 1*, en igual comportamiento espacial, figuraron *Asteraceae sp. 2* y *Asteraceae sp. 7* con Eberhardt (Tabla 3).

Tabla 3

Valores de los índices de distribución espacial arbórea del bosque mixto, aplicado al área muestral

ESPECIES	Índice								
	Cox			Eberhardt			Morisita		
	20x50	20x20	10x10	20x50	20x20	10x10	20x50	20x20	10x10
<i>Asteraceae sp. 3</i>	0.172	0.119	0.050	1.231	1.315	1.321	0.212	0.482	0.100
<i>Cestrum sp. 1</i>	0.041	0.023	0.019	1.386	1.531	1.024	0.054	0.016	0.628
<i>Clusia sp.1</i>	5.860	2.316	0.754	1.315	1.204	1.389	0.261	0.359	0.166
<i>Cupania sp. 1</i>	0.383	0.204	0.186	1.421	1.550	1.381	0.155	0.146	0.191
<i>Dendropanax sp. 1</i>	0.221	0.089	0.040	1.779	1.614	1.936	0.227	0.157	0.869
<i>Eugenia sp. 2</i>	0.154	0.124	0.066	1.632	1.516	1.457	0.159	0.267	0.275
<i>Indeterminada 3</i>	0.003	0.002	0.003	NA	NA	NA	0.000	0.124	0.000
<i>Miconia sp. 1</i>	1.389	0.763	0.313	1.377	1.231	1.540	0.203	0.179	0.094
<i>Myrsine sp. 1</i>	11.350	5.453	1.708	1.296	1.285	1.307	0.215	0.295	0.188

BIOGEOGRAFÍA ARBOREA CAMBIA POR LAS CONDICIONES AMBIENTALES,
FISIOGRÁFICA Y DEMOGRÁFICA.

37

<i>Palicourea sp. 1</i>	1.872	0.900	0.379	1.503	1.442	1.631	0.179	0.146	0.023
<i>Psychotria sp. 1</i>	2.520	1.577	0.961	1.337	1.462	1.520	0.084	0.252	0.364
<i>Escallonia pendula</i>	0.358	0.147	0.079	1.437	1.212	1.491	0.078	0.229	0.113
<i>Inga sp.1</i>	1.813	0.956	0.345	1.279	1.391	1.348	0.487	0.523	0.183
<i>Styrax sp. 1</i>	0.019	0.017	0.017	1.561	1.384	1.172	0.022	0.089	0.972
<i>Eugenia sp. 1</i>	0.853	0.340	0.130	1.328	1.278	1.491	0.100	0.220	0.005
<i>Lippia sp.1</i>	0.007	0.004	0.004	1.727	NA	NA	0.000	0.667	0.667
<i>Quercus humboldtii</i>	0.217	0.102	0.046	1.171	1.215	1.164	0.178	0.517	0.081
<i>Asteraceae sp. 2</i>	0.013	0.012	0.008	2.790	1.863	1.174	0.000	0.077	0.000
<i>Asteraceae sp. 7</i>	0.013	0.012	0.008	3.203	2.071	1.172	0.000	0.077	0.000
<i>Cavendishia sp. 1</i>	0.007	0.004	0.002	1.176	NA	NA	0.000	0.800	0.000
<i>Myrcia sp. 1</i>	0.013	0.009	0.005	1.521	1.382	NA	0.000	0.037	0.500
<i>Rhamnus sp. 1</i>	0.003	0.002	0.002	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Indeterminada 5</i>	0.003	0.002	0.003	NA	NA	NA	0.000	0.124	0.000
<i>Verbenaceae sp. 1</i>	0.003	0.002	0.003	NA	NA	NA	0.000	0.124	0.000
<i>Asteraceae sp. 4</i>	0.001	0.001	0.002	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Clethra revoluta</i>	0.003	0.004	0.005	NA	NA	NA	0.500	0.571	0.500
<i>Myrsine coriacea</i>	0.015	0.015	0.019	1.372	1.405	1.372	0.857	0.019	0.857
<i>Schefflera sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Indeterminada 6</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Ocotea sp. 2</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Toxicodendron striatum</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Viburnum cf. triphylum</i>	0.021	0.019	0.026	1.686	1.798	1.686	0.929	0.047	0.929
<i>Asteraceae sp. 5</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Hieronyma sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Macleania rupestris sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Nyctaginaceae sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000

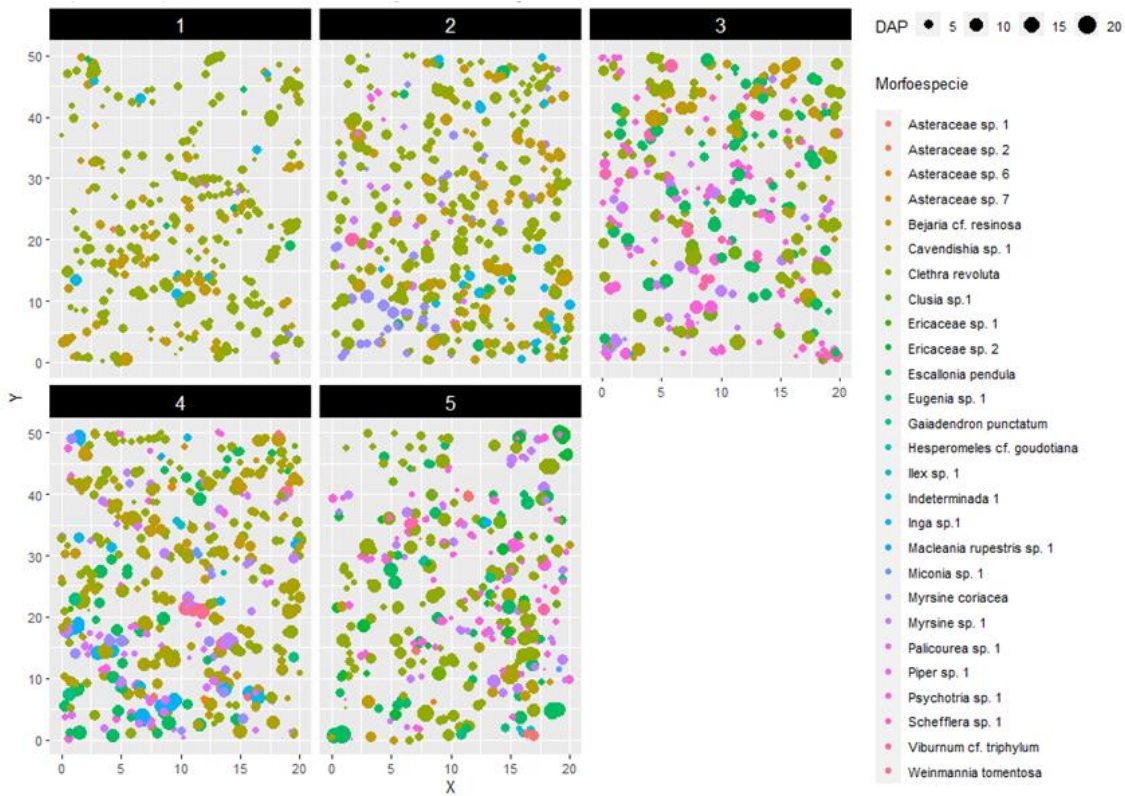
<i>Piper sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Roupala montana</i>	0.021	0.014	0.010	1.785	1.863	NA	0.929	0.914	0.536
<i>Acalypha sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Asteraceae sp. 6</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000
<i>Ilex sp. 1</i>	0.001	0.001	0.001	NA	NA	NA	0.000	0.000	0.000

Nota: resultado de la distribución espacial. Donde, el gregarismo se presenta para Cox mayor a 0; pero Eberhardt mayor 1,27 y Morisita mayor 1; NA son especie que no representa replica.

5.1.3. Rastrojo. Se registraron 2203 individuos arbóreos que representaron 41 especies, en cinco parcelas (Figura 7), por lo que, *C. revoluta* (899), *Bejaria cf. resinosa* (260), y *Psychotria sp. 1* (246) presentaron mayores abundancias, por el contrario, las especies *Asteraceae sp. 7*, *Ericaceae sp. 1* y *Macleania rupestris sp. 1* presentaron solo un individuo; aclarando que, la especie *C. revoluta* registró fustales (31) y latizales (868).

Figura 7

Distribución espacial del rastrojo



Nota: Mapeo de las cinco parcelas permanentes del rastrojo, donde, X Y son las dimensiones que expresan en metros.

Al presentar mayores réplicas de individuos de la misma especie, la distribución espacial es agregaría como sucede con *C. revoluta*. Pero puede variar los resultados a través de las escalas e índices, las especies persisten en la categoría gregaria, excepto *B. resinosa*, *Psychotria sp. 1* y *Cavendishia sp. 1* para el índice de Cox, y *Asteraceae sp. 1* para Eberhardt y Morisita en el área 100 m² (Tabla 4).

Tabla 4

Valores de los índices de distribución espacial arbórea del rastrojo, aplicado al área muestral

ESPECIES	Índice								
	Cox			Eberhardt			Morisita		
	20x5 0	20x2 0	10x1 0	20x5 0	20x2 0	10x1 0	20x5 0	20x2 0	10x1 0
<i>Asteraceae sp. 2</i>	0,00 2	0,00 2	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,66 7	0,00 0
<i>Bejaria cf. resinosa</i>	2,82 5	1,44 3	0,59 5	1,44 0	1,29 5	1,43 6	0,15 2	0,20 8	0,14 7
<i>Clethra revoluta</i>	14,4 1	6,54 0	2,25 3	1,28 3	1,22 7	1,30 6	0,07 0	0,09 1	0,11 9
<i>Escallonia pendula</i>	1,73 5	0,82 6	0,38 6	1,45 5	1,39 8	1,54 5	0,18 5	0,25 1	0,23 4
<i>Indeterminada 1</i>	0,16 9	0,08 8	0,06 1	1,49 1	1,29 8	1,48 5	0,14 7	0,16 2	0,13 9
<i>Myrsine coriacea</i>	0,73 2	0,28 3	0,28 4	1,32 0	1,24 4	1,32 0	0,48 4	0,38 7	0,52 6
<i>Myrsine sp. 1</i>	0,58 5	0,25 8	0,15 0	1,36 2	1,32 3	1,42 5	0,17 7	0,13 7	0,13 1
<i>Palicourea sp. 1</i>	0,67 7	0,36 8	0,22 2	1,52 1	1,37 9	1,51 7	0,15 1	0,24 5	0,33 8
<i>Psychotria sp. 1</i>	6,05 2	2,45 7	0,72 5	1,83 2	1,53 9	1,60 9	0,21 1	0,25 7	0,18 3
<i>Viburnum cf. triphylum</i>	0,23 0	0,07 9	0,03 9	1,44 3	1,43 7	1,46 1	0,25 1	0,06 2	0,87 1
<i>Cavendishia sp. 1</i>	8,81 3	3,14 6	0,80 1	1,40 5	1,25 8	1,32 7	0,49 1	0,50 3	0,18 0
<i>Clusia sp.1</i>	0,03 6	0,02 4	0,01 0	1,23 6	1,34 0	NA	0,06 6	0,06 9	0,45 8
<i>Asteraceae sp. 1</i>	0,02 1	0,00 9	0,01 0	3,15 7	2,85 6	1,21 2	0,11 7	0,02 8	0,00 0
<i>Asteraceae sp. 6</i>	0,00 4	0,00 2	0,00 3	2,32 1	NA	NA	0,00 0	0,50 0	0,50 0
<i>Hesperomeles goudotiana</i>	0,00 2	0,00 1	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,00 0	0,00 0
<i>Inga sp.1</i>	0,09 7	0,04 1	0,02 7	1,44 5	1,67 6	1,28 8	0,16 1	0,16 1	0,02 0
<i>Miconia sp. 1</i>	0,00 4	0,00 5	0,00 5	1,04 1	1,04 1	1,04 1	0,00 0	0,85 7	0,00 0
<i>Weinmannia tomentosa</i>	0,08 9	0,03 1	0,02 6	2,12 3	1,91 5	2,06 4	0,00 0	0,93 5	0,00 3
<i>Ericaceae sp. 2</i>	0,49 4	0,18 5	0,09 6	1,34 0	1,21 8	1,30 9	0,00 0	0,00 2	0,18 3
<i>Gaiadendron punctatum</i>	0,00 2	0,00 2	0,00 2	NA	NA	NA	0,00 0	0,66 7	0,00 0

<i>Eugenia sp. 1</i>	0,00 8	0,00 4	0,00 5	1,21 6	NA	NA	0,96 4	0,51 3	0,42 9
<i>Ericaceae sp. 1</i>	0,00 1	0,00 1	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,00 0	0,00 0
<i>Ilex sp. 1</i>	0,00 5	0,00 4	0,00 6	1,03 4	1,03 4	1,03 4	0,80 0	0,71 4	0,80 0
<i>Macleania rupestris sp. 1</i>	0,00 1	0,00 0	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,00 0	0,00 0
<i>Piper sp. 1</i>	0,00 1	0,00 1	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,00 0	0,00 0
<i>Asteraceae sp. 7</i>	0,00 1	0,00 1	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,00 0	0,00 0
<i>Schefflera sp. 1</i>	0,00 1	0,00 0	0,00 1	NA	NA	NA	0,00 0	0,00 0	0,00 0

Nota: resultado de la distribución espacial. Donde, el gregarismo se presentó cuando: Cox fue mayor a 0; mientras que, Eberhardt mayor a 1,27 y Morisita mayor a 1; NA son especies que no presentan replica.

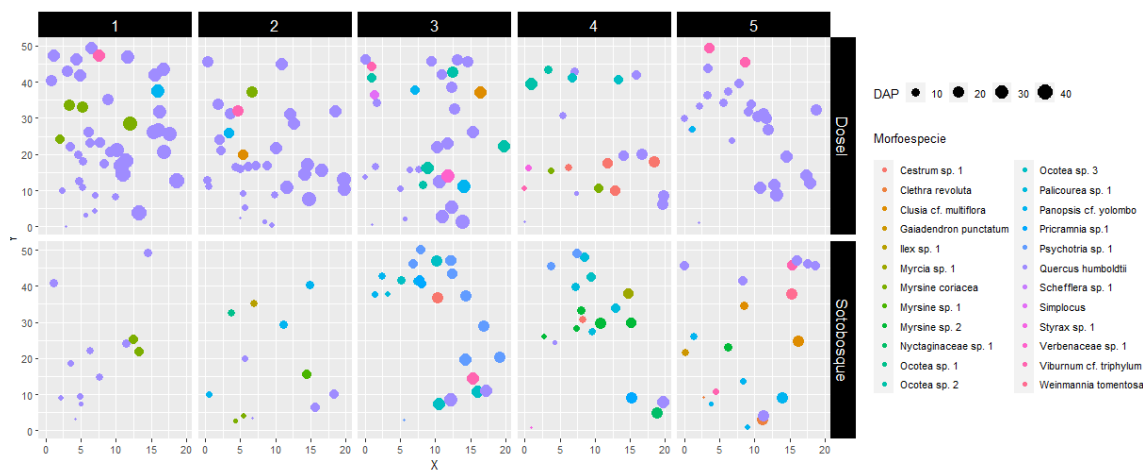
5.2. El hábito de crecimiento (sotobosque y dosel) varia el gregarismo

5.2.1. Robledal.

La representación de los individuos, ayuda analizar la distribución espacial por el estrato arbóreo (Figura 8).

Figura 8

Distribución espacial del robledal según hábito de crecimiento (sotobosque y dosel)



Nota: Mapificación de individuos arbóreos de cinco parcelas del robleal, donde, las dimensiones X Y se expresan en metros.

La especie dominante *Q. humboldtii* presentó distribución aleatoria en sotobosque y dosel según Eberhardt y Morisita para las escalas analizadas; en contraste, *Psychotria sp. 1* presentó gregarismo en 100 m² y 400 m² en sotobosque y *Ocotea sp. 2* en el dosel, con los dos análisis espaciales mencionados anteriormente. De otra parte, el incremento en la escala de muestreo para *Ocotea sp. 2* y *M. coriacea*, tienden a registrar uniformidad según Morisita (Tabla 5).

Tabla 5

Resultados de los índices de distribución espacial de las especies de mayor abundancia del robleal.

Morfoespecie	F/L	ÍNDICE					
		EBERHARDT			MORISITA		
		20x50	20x20	10x10	20x50	20x20	10x10
<i>Quercus humboldtii</i>	L	1,27	1,20	1,21	0,08	0,03	0,68
<i>Psychotria sp. 1</i>	L	1,19	1,32	2,22	0,10	0,96	0,64
<i>Panopsis cf. yolombo</i>	L	1,16	1,20	NA	0,87	0,83	0,33
<i>Quercus humboldtii</i>	F	1,15	1,21	1,25	0,045	0,05	0,06
<i>Ocotea sp. 2</i>	F	1,81	1,82	1,93	0	0,8	0,66
<i>Myrsine coriácea</i>	F	1,21	1,30	NA	0	0,76	0,28

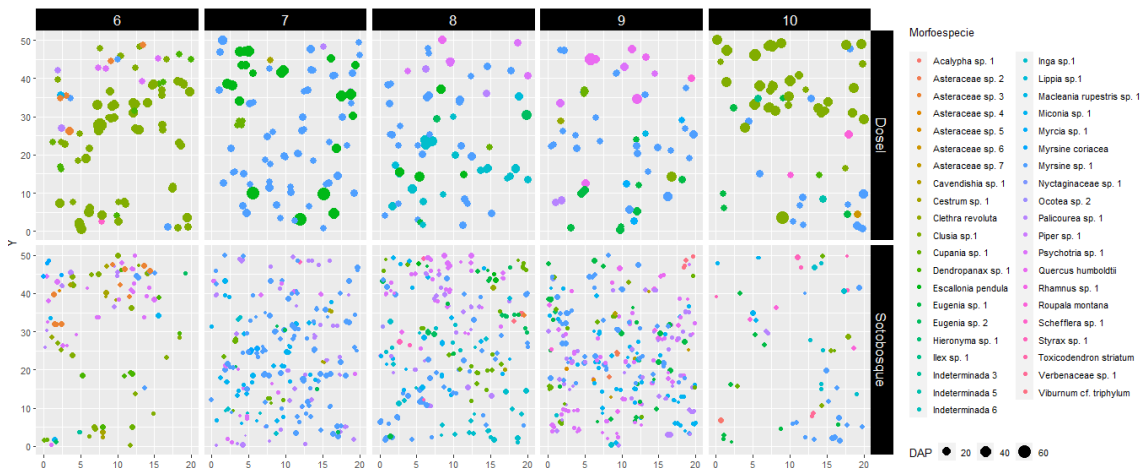
Nota: resultado de la distribución espacial. Donde, Eberhard $I_e > 1,31$ gregario; $1,31 > I_e > 1,18$ aleatorio; $1,18 > I_e$ uniforme y Morisita $I_\delta > 0,5$ gregario; $0,5 > I_\delta > -0,5$ aleatorio; $-0,5 > I_\delta$ uniforme; NA son especie que no representa replica.

5.2.2. Bosque mixto.

El comportamiento de las especies a través de los hábitos de crecimiento va de acuerdo con la variación de la distancia de los individuos (fustal y latizales) indicando nuevos patrones de distribución en las especies (Figura 9)

Figura 9

Distribución espacial del bosque mixto según hábito de crecimiento (sotobosque y dosel)



Nota: Mapificación de individuos arbóreos de cinco parcelas del bosque mixto donde, las dimensiones X Y se expresan en metros.

Especies como *Palicourea sp. 1*, *Eugenia sp. 2* y *Dendropanax sp. 1*, presentaron gregarismo en latizales (sotobosque), estimado por Eberhardt y Morisita. Distribución similar, registró *Palicourea sp. 1* con árboles de dosel, analizados con los índices descritos. Así mismo, el gregarismo en escalas de 10x10 m y 20x50 m fue evidente para *Eugenia sp. 1* para sotobosque y para dosel en la escala menor del análisis (Tabla 6).

Tabla 6

Resultados de la distribución espacial de las especies de más abundantes del bosque mixto

Morfoespecie	F/L	ÍNDICE					
		EBERHARDT			MORISITA		
		20x50	20x20	10x10	20x50	20x20	10x10
<i>Myrsine sp. 1</i>	L	1,31	1,23	1,31	0,21	0,27	0,16
<i>Psychotria sp. 1</i>	L	1,35	1,47	1,51	0,09	0,25	0,34
<i>Palicourea sp. 1</i>	L	1,45	1,45	1,64	0,19	0,15	0,03
<i>Miconia sp. 1</i>	L	1,32	1,26	1,54	0,21	0,19	0,10
<i>Cupania sp. 1</i>	L	1,60	1,58	1,41	0,19	0,11	0,08
<i>Inga sp.1</i>	L	1,27	1,38	1,40	0,26	0,38	0,23
<i>Eugenia sp. 1</i>	L	1,39	1,29	1,58	0,09	0,21	0,87
<i>Clusia sp.1</i>	L	1,40	1,22	1,35	0,36	0,16	0,06
<i>Eugenia sp. 2</i>	L	1,42	1,56	1,61	0,12	0,22	0,19
<i>Cestrum sp. 1</i>	L	1,52	1,46	1,02	0,06	0,02	0,64
<i>Quercus humboldtii</i>	L	1,17	1,13	1,49	0,18	0,41	0,74
<i>Asteraceae sp. 3</i>	L	1,42	1,56	1,79	0,16	0,33	0,03
<i>Dendropanax sp. 1</i>	L	1,91	1,89	2,06	0,00	0,11	0,00
<i>Styrax sp. 1</i>	L	1,56	1,38	1,17	0,02	0,09	0,97
<i>Myrsine sp. 1</i>	F	1,30	1,27	1,42	0,19	0,24	0,14
<i>Clusia sp.1</i>	F	1,36	1,26	1,45	0,23	0,32	0,20
<i>Escallonia pendula</i>	F	1,43	1,23	1,49	0,14	0,30	0,12
<i>Inga sp.1</i>	F	1,26	1,26	1,23	0,00	0,14	0,03
<i>Eugenia sp. 1</i>	F	1,23	1,19	1,33	0,09	0,18	0,77
<i>Psychotria sp. 1</i>	F	1,42	1,41	2,46	0,92	0,12	0,81
<i>Cupania sp. 1</i>	F	1,19	1,19	1,19	0,02	0,05	0,02
<i>Palicourea sp. 1</i>	F	2,07	2,00	1,90	0,71	0,79	0,62
<i>Dendropanax sp. 1</i>	F	1,37	1,73	1,96	0,13	0,05	0,69

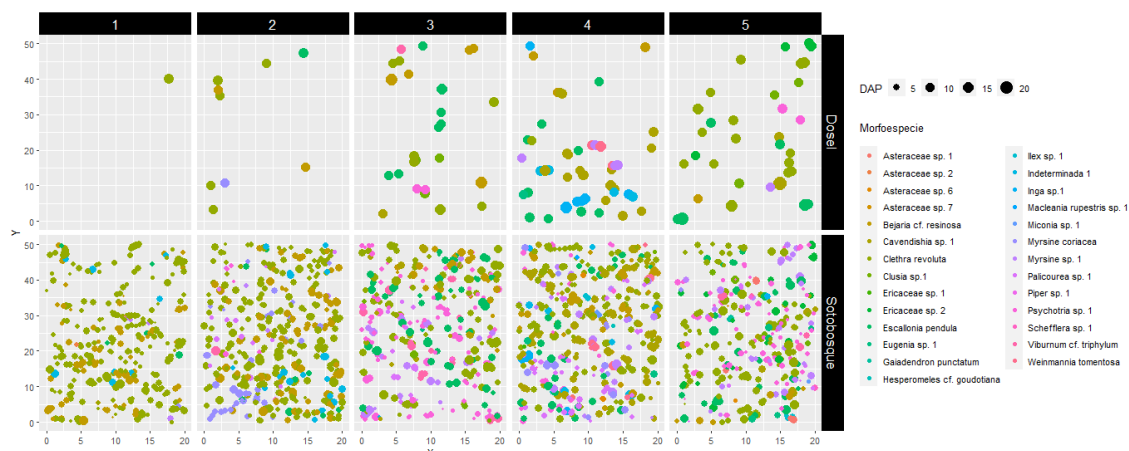
Nota: resultado de la distribución espacial. Donde, Eberhard $I_e > 1,31$ gregario; $1,31 > I_e > 1,18$ aleatorio; $1,18 > I_e$ uniforme y Morisita $I_\delta > 0,5$ gregario; $0,5 > I_\delta > -0,5$ aleatorio; $-0,5 > I_\delta$ uniforme; NA son especies que no representa replica.

5.2.3. Rastrojo.

El crecimiento arbóreo en el espacio y tiempo altera el comportamiento de las especies, donde se evidencia la dinámica poblacional indica nuevas distribuciones espacial en el área (Figura 10).

Figura 10

Distribución espacial del rastrojo según habito de crecimiento (sotobosque y dosel)



Nota: Mapificación de individuos arbóreos de cinco parcelas permanentes del rastrojo, donde, las dimensiones X Y se expresan en metros.

E. pendula y *Psychotria sp. 1* fueron especies con espacialización gregaria y aleatoria respectivamente en el componente arbóreo en sotobosque. Mientras que, *C. revoluta* y *E. pendula* presidieron aleatoriedad en la escala menor del sotobosque según Morisita. En contraste, dichas especies arrojaron valores que tienden a representar distribuciones gregarias, excepto *C. revoluta* con patrones aleatorios únicamente en escalas de 20x50 m y 20x20 m con Eberhardt (Tabla 7).

Tabla 7

Resultado de la distribución espacial de las especies de mayor abundancia en rastrojo del rastrojo.

Morfoespecie	F/L	ÍNDICE					
		EBERHARDT			MORISITA		
		20*50	20*20	10*10	20*50	20*20	10*10
<i>Clethra revoluta</i>	L	1.28	1.23	1.32	0.13	0.08	0.10
<i>Bejaria cf. resinosa</i>	L	1.44	1.29	1.42	0.16	0.17	0.22
<i>Psychotria sp. 1</i>	L	1.83	1.54	1.61	0.18	0.21	0.25
<i>Escallonia pendula</i>	L	1.39	1.49	1.53	0.23	0.19	0.25
<i>Cavendishia sp. 1</i>	L	1.45	1.37	1.38	0.19	0.48	0.50
<i>Myrsine sp. 1</i>	L	1.38	1.35	1.49	0.10	0.17	0.13
<i>Palicourea sp. 1</i>	L	1.52	1.38	1.52	0.34	0.15	0.24
<i>Myrsine coriácea</i>	L	1.32	1.24	1.33	0.53	0.48	0.37
<i>Indeterminada 1</i>	L	1.43	1.33	1.46	0.17	0.18	0.23
<i>Viburnum cf. triphylum</i>	L	1.45	1.45	1.46	0.90	0.24	0.06
<i>Ericaceae sp. 2</i>	L	1.23	1.17	1.23	0.10	0.00	0.98
<i>Inga sp.1</i>	L	1.22	1.53	1.23	0.03	0.09	0.02
<i>Weinmannia tomentosa</i>	L	2.38	1.85	2.28	0.01	0.00	0.87
<i>Clusia sp.1</i>	L	1.31	1.10	NA	0.47	0.02	0.87
<i>Clethra revoluta</i>	F	1.40	1.25	1.52	0.24	0.12	0.69
<i>Escallonia pendula</i>	F	1.42	1.43	1.36	0.05	0.99	0.84
<i>Cavendishia sp. 1</i>	F	1.28	1.31	1.35	0.36	0.33	0.14
<i>Bejaria cf. resinosa</i>	F	1.68	1.42	NA	0.97	0.79	0.30

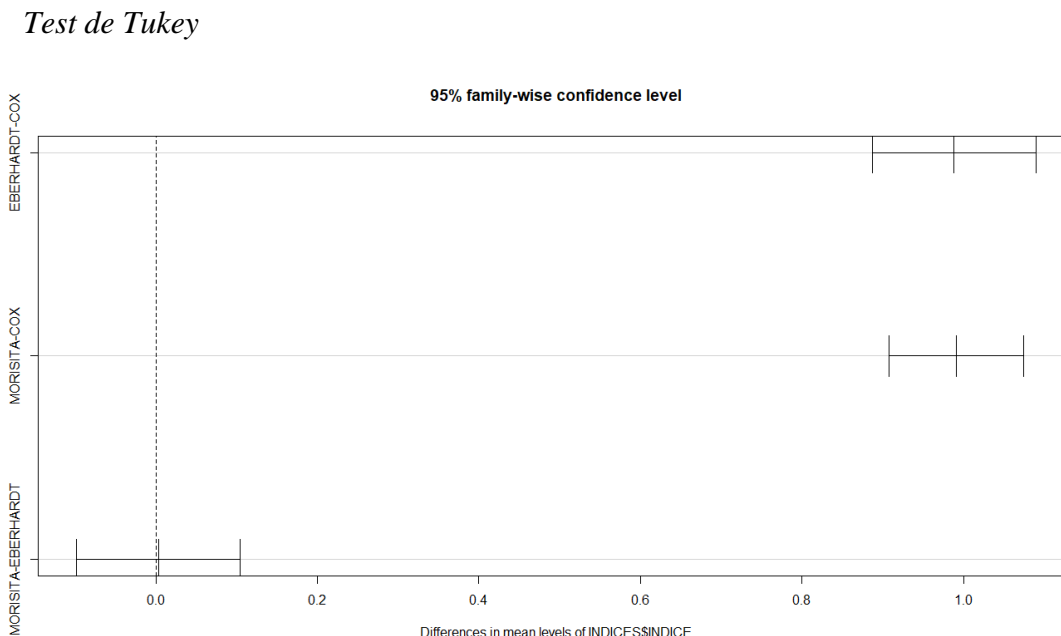
Nota: resultado de la distribución espacial. Donde, Eberhard $I_e > 1,31$ gregario; $1,31 > I_e > 1,18$ aleatorio; $1,18 > I_e$ uniforme y Morisita $I_\delta > 0,5$ gregario; $0,5 > I_\delta > -0,5$ aleatorio; $-0,5 > I_\delta$ uniforme; NA son especie que no representa replicas.

5.3. La similitud de las escalas muestrales y los índices varía según la significancia

El análisis de varianzas (ANOVA) indica la dispersión de los grupos o la semejanza, donde, el robledal tuvo un valor de p-valor de 0,678 para Cox; 0,395 para Eberhardt y 0,242 para Morisita, Por consiguiente, aceptando la hipótesis nula que indica que no hay diferencias

El resultado de la varianza para la similitud de los índices, se obtuvo la siguiente información: se rechazó la hipótesis nula, significa que, se acepta la hipótesis alternativa ya que no presentan similitud entre los índices, con un grado de confiabilidad del 95%, ya que el resultado del p – value se aproximó al $2,16 \cdot 10^{-16}$. Al comparar las medias de Tukey, se evidencia que el índice de Cox no presenta semejanzas con Eberhardt, ni con Morisita, en cambio, Eberhardt y Morisita presentaron semejanzas en las medias según el análisis de Tukey (Figura 12).

Figura 12



Nota: la similitud de los índices según los resultados de la prueba de Tukey

5. Discusión

Los bosques premontanos del flanco oriental en la Cordillera Oriental de los Andes colombianos, tienden a registrar especies arbóreas gregarias; como sucede con las especies *Q. humboldtti* (Robledal), *Myrsine sp1* (bosque mixto) y *C. revoluta* (Rastrojo), gregarismo

asociado con la distancia de la dispersión de la semilla alrededor del árbol parental y la densidad del árbol madre (Salinas-Melgoza 2002;), e incluso, la sobrevivencia de las especies vegetales en rebrotes (Sánchez et al., 2019). Resultados similares se evidenciaron en montañas andinas del departamento de Antioquía, para las zonas de vida de bosque muy húmedo premontano, montano bajo y montano, en los municipios de Anorí, Angelópolis y Belmira respectivamente, donde se determinaron distribuciones espaciales gregarias de las especies arbóreas *Brunellia sibundoya*, *Guettarda crispiflora*, *Miconia multiplinervia Cogn*, *Miconia sp1*, *Protium towarensense Pittier*, *Psychotria jervisei*, *Q. humboldtii* y *Tibouchina lepidota* (Montañez et al., 2010).

Las especies de tierras firmes en la Amazonia Colombiana (Parque Nacional Natural Amacayacu) presentaron distribución determinística o aleatoria para *Conceveiba weberbaueri*, *Carapa guianensis*, *Pouteria baehniiana*, *Protium nodulosum* y la palma *Socratea exorrhiza* en bosques húmedo tropical (Peña et al., 2012). La dominancia en dichos bosques incide en el patrón espacial gregario como la *Eschweilera sp*; factores ambientales determinan la distribución aleatorio caso de *Lacinia octandra*; la limitación en dispersión de semilla ocasiona a componente espacial uniforme *Licania longistyla* (Peña et al., 2012).

Para la investigación se encontró que depende como se analice los resultados, es decir, al separar el estrato arbóreo en sotobosque y dosel según las escalas, los individuos arbóreos cambiaron en su distribución, como son los casos de las especies más abundantes por estratos. Además, la distribución aleatoria del *Q. humboldtii* en el dosel contradice la distribución espacial gregario de Montañez et al., (2010).

las especies presentan una adaptabilidad en las condiciones bioclimáticas y geográficas para la selección de las especies según las etapas de madures (Aakala et al., 2011; Condit et al., 2000; He et al., 2020; Moret et al., 2008; Rodríguez 2019). Complementando

la teoría Vaughn et al. (2015), el patrón aleatorio se presenta en pendientes abruptas. Comparando el presente estudio, la especie del bosque mixto como el *Inga sp.1* presentó distribución aleatoria, pero no cumple con la distribución aleatoria las especies *Clusia sp*, *Cupania sp. 1* y *Eugenia sp. 1*.

el estudio de Rodríguez (2019), evalúa la distribución espacial y sus cambios, causadas por el relieve, la inclinación del terreno y la precipitación en zonas de Antioquia, Choco, Buenaventura y Nariño; como resultados, las condiciones del relieve y la inclinación del terreno afecta la abundancia de las especies e indica la importancia en los bosques húmedos tropicales del pacífico colombiano. Las especies que presentaron gregarismo fueron *Camposperma panamense*, *Oenocarpus bataua* y *Pourouma bicolor*; y al azar *Brosimum utile*.

Los procesos de las especies pioneras (sucesión y restauración) indican las sobrevivencias a través de los claros. Las tres coberturas presentes en el estudio comparten las especies como *C. revoluta* y *M. coriacea*, donde se evidencia los procesos sucesionales y la etapa de madures de los bosques, pero también cambian la distribución espacial, es decir, la especie pionera ya mencionada, se distribuye aleatorio en el robledal y gregario para el bosque mixto y rastrojo. Resultados similares presentó Flórez y Raz (2019), donde compararon la distribución espacial de dos localidades en el Dibuilla (Guajira) y Santa Catalina (Bolívar) de los bosques secos del Caribe colombianos de la especie *Brosimum alicastrum*, indicando que la especie presentó mayor abundancia en los dos sectores, pero varia la distribución espacial por la distancia que presentan los individuos; y procesos de la sucesión de la especie. Por lo tanto, la especie *B. alicastrum* en la cobertura vegetal de bosque seco fue gregaria, caso contrario con la distribución aleatoria en bosques en Bolívar. Lo anterior, se fundamentó por la abundancia de la especie, la densidad poblacional y relación

del diámetro a la altura del pecho y diámetro de copa que conllevan a la complejidad en la estructura y la diversidad (Vallejo & Galeano, 2009).

Las transformaciones boscosas a través del tiempo y espacio están ligadas al cambio de la distribución espacial, causados por comportamientos abióticos o biótico, como sucedió en el bosque mixto en la parcela 10 (*Apéndice G*) por el volcamiento de los fustales perjudicando a los latizales. Melgoza (2002), dice que al aumentar el área o se presente un suceso, no significa que la distribución se comporte igual, aunque los resultados de la distribución tengan semejanzas. Pero, dichas transformaciones se reflejan a través de los modelos matemáticos de distribución espacial en monitoreos continuos (Wisniewski et al., 2013); Flor & Romero (2015) indican que programas como MaxEnt pueden determinar los cambios bioclimáticos a través de la distribución espacial en constantes monitoreos.

6. Conclusión

El comportamiento boscoso es gregario, pero fluctúa por las diferentes condiciones geográficas (inclinación del terreno, estructura del suelo), las etapas de la cobertura, la dinámica poblacional, el estado sanitario de los individuos y los rebrotes. Además, se tienen en cuenta otros parámetros que son la dominancia, abundancia y las densidades del diámetro de copas.

variabilidad en el área de la muestra. Además, el estado bosque y la dominancia de las especies indica el comportamiento del patrón de distribución espacial.

Al analizar los patrones de distribución espacial según los hábitos de crecimiento, se evidencia que la distribución cambia en el sotobosque y en el dosel, por procesos

regenerativos (rebrotos), volcamiento de las especies, procesos de crecimientos, relaciones coexistencia y la dinámica poblacional. Además, la densidad en la propagación de la semilla.

La similitud de las escalas de análisis se presenta por el distanciamiento de las especies, pero pueden variar al incrementar, es decir, que al aumentar el área las

La similitud en el resultado de la distribución espacial en las áreas de análisis (20x50m, 20x20m, 10x10m) varían significativamente, para aumentar la confiabilidad, se debe implementar zonas de análisis en diferentes de bosques, además, un seguimiento constante para presidir las diferencias de los patrones de distribución a lo largo de una escala de tiempo.

7. Recomendaciones

Se recomienda la remediación constante de las parcelas con el fin, la estimación de los procesos demográficos, sucesionales y compara la distribución espacial, e incluso tener en cuenta la taxonomía de las especies.

Es necesario aumentar el número de parcelas presentes en La Llanada e incluso el tamaño de ellas, con el fin de identificar los cambios presentes en la estructura horizontal y el comportamiento espacial. Además, realizar la comparación de patrones espaciales en las nuevas parcelas.

Implementar nuevas parcelas en diferentes lugares pero que tengan similitud en la altitudinal o la cobertura arbórea para comparar la distribución espacial y si varía según la abundancia

utilizar los nuevos métodos de teledetección para determinar si cambia la distribución espacial según las copas de los árboles.

8. Bibliografía

- Aguilar, E., Tolón, A., Martínez, F., Flebes, J. M., Vasquez, H., & Lopez, J. C. (2020). Caracterización del banco de semillas de cuatro agroecosistemas de la Frailesca, Chiapas, México. *SIEMBRA*, 93-109.
- Aguirre Mendoza, Zhofre, & Encarnación Criollo, Adriana. (2021). Evaluación de parámetros poblacionales y regeneración natural de *Podocarpus oleifolius* D. Don (Podocarpaceae) en dos relictos boscosos del sur del Ecuador. *Arnaldoa*, 28(1), 199-216. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.281.28112>
- Andrades-Grassi, J. E., Vásquez Rivas, D. D. V., Gámez Álvarez, L. E. & Rodriguez Lucero, G. G. (2022). Exploración y comparación de la distribución espacial de los bosques periurbanos en Mérida, Venezuela (Vol. 25, Number 1, p. 36). Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas. <https://doi-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.14483/2256201x.18046>
- Antos, J., McPherson, A., & Guest, H. (2020). Growth rates and crown morphology of *Abies amabilis* in the seedling bank of an ancient subalpine conifer forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 1124-1130. doi: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2020-0087>
- Badii, M. A. (2011). Dispersión Espacial: El Prerrequisito Esencial para el Muestreo. *Daena: International Journal of Good Conscience*.. ISSN 1870-557X, 40-71.
- Barry, K., Mommer, L., van Ruijven, J., Wirth, C., Wright, A., Bai, Y., . . . Weigelt, A. (2019). The future of complementarity: Disentangling causes from consequences. *Trends in Ecology & Evolution*.34(2), 167–180. doi:doi:10.1016/j.tree.2018.10.013
- BGCI. (2022) Global Tree Search online database. Botanic gardens conservation international. Richmond, UK, Available at https://tools.bgci.org/global_tree_search.php Accessed on (20/05/2022)

Bogotá, D.C, Congreso de Colombia decreto 1076 26 de mayo de 2015, Diario de oficina
No. 49.523 (2015)

Bogotá, D.C, Congreso de Colombia decreto 165 09 de noviembre de 1994, Diario de oficina
No. 41.589 (1994)

Bogotá, D.C, Congreso de Colombia decreto 1996 15 de octubre de 1999, Diario de oficina
No. 43.751 (1999)

Bogotá, D.C, Congreso de Colombia Ley 2 17 de enero de 1959, Diario Oficial No. 29.853
(1959).

Bogotá, D.C, Congreso de Colombia ley 22 22 de diciembre de 1993, Diario de oficina No.
41.146 (1993).

Brienen, R. J. W. et al. 2015. Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature* 519:
344–348.

Bronstein, J. (2009). The evolution of facilitation and mutualism. *Journal of Ecology*, 1160–
1170. doi:doi:10.1111/j.1365-2745.2009.01566.x.

Budowski, G. (1965). Distribution of tropical American rain-forest species in the light of
successional processes (No. 10254)

Calderón, C., y Olejua, J. (2020). diversidad, estructura y rasgos funcionales entre el dosel y
el sotobosque de un ecosistema de alta montaña [tesis de pregrado, Universidad
Industrial de Santander]. Repositorio Institucional.

Camacho, J. H., Guerra, A. H., Quijano, R. O., & Walschburger, T. (1992). Centros de
endemismo en Colombia. Volumen especial. Mexico: Acta Zoologica Mexicana.

Chai, Z., Sun, C., Wang, D., & Liu, W. (2016). Interspecific associations of dominant tree
populations in a virgin old-growth oak forest in the Qinling Mountains, China.
Botanical Studies 57(1). doi:doi:10.1186/s40529-016-0139-5

- Chai, Z., Sun, C., Wang, D., Liu, W., & Zhang, C. (2017). Spatial structure and dynamics of predominant populations in a virgin old-growth oak forest in the Qinling Mountains, China. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 32(1), 19-29.
- Condit, Richard & Ashton, Peter & Baker, Patrick & Bunyavejchewin, Sarayudh & Gunatilleke, Savithri & Gunatilleke, Nimal & Hubbell, Stephen & Foster, Robin & Itoh, Akira & Lafrankie, James & Lee, Hua & Losos, Elizabeth & Manokaran, N & Sukumar, Raman & Yamakura, Takuo. (2000). Spatial Patterns in the Distribution of Tropical Tree Species. *Science* (New York, N.Y.). 288. 1414-8. 10.1126/science.288.5470.1414.
- Connell, J.H. (1971). On the role of the natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees. Págs. 298-310 en: P.J. den Boer & G.R. Gradwell (eds), *Dynamics of Populations*. Proceeding of the Advanced Study Institute, Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningeng
- Cornejo Santos, E. O. (2022). Estimación del potencial de captura de carbono en la biomasa forestal en el *Polylepis* sp en los bosques altoandinos La Quinoa en la provincia de Pasco.
- Cruz Burelo, F. D. L. (2013). Distribución espacial de la regeneración natural de especies arbóreas dentro del gradiente altitudinal Caribe-Villa Mills, Costa Rica y su relación con variables bioclimáticas.
- de la Flor, M. T., & Romero, M. A. C. (2015). Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático. *Espacio y Desarrollo*, (27), 159-179.
- Diazgranados M. y Castellanos- Castro C. (2021). Frailejones en peligro. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Donoso, C. (1998). Bosques templados de Chile y Argentina; Variación, estructura y dinámica. 4 ed. Santiago, Universitaria. 483 p
- Durán, J., Delgado, M., Doughill, A., Guuroh, R., Linstadter, A., Thomas, A., & Maestre, F. (2018). Temperature and aridity regulate spatial variability of soil multifunctionality in drylands across the globe. *Ecology*, 1184-1193. doi: <https://doi.org/10.1002/ecy.2199>
- Flor, MT de la & Romero, MAC (2015). Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático. 27, 159–179. <https://doi-org.bibliotecavirtual.uis.edu.co/10.18800/espacioydesarrollo.201501.008>
- Flores Flores, G. S. (2017). Biogeografía de un bosque alto andino: historia e impactos del cambio climático en los queñuales peruanos.
- Florez, M., & Raz, L. (2019). Estructura poblacional y patrón espacial de *Brosimum alicastrum* en el bosque seco de la región Caribe de Colombia. *Caldasia* 41(1), 152-164. doi:10.15446/caldasia.v41n1.71307.
- Forrester, D., & Bausch, J. (2016). A review of processes behind diversity—productivity relationships in forests. *Current Forestry Reports*, 2(1), 45–61. doi:10.1007/s40725-016-0031-2.
- Franklin, J., & Rey, S. (2007). Spatial patterns of tropical forest trees in Western Polynesia suggest recruitment limitations during secondary succession. *J. Trop. Ecol.*, 1-12.
- García Girón, J. D. (2020). Distribución espacial de la humedad del suelo y su relación con la cobertura vegetal en América Central, discrepancias dentro y fuera del Corredor Seco Centroamericano.
- Gause, G. (1935). *The struggle for existence*. Baltimore: The Williams and Wilkins.

- Gómez, D. (2021). caracterización del banco semillas germinable (bsg) en diferentes coberturas de la formación bosque seco tropical, huila – Colombia [Tesis de pregrado, Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas]. Repositorio Institucional. Recuperado el 19 de agosto de 2022, de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/26599/G%C3%B3mezSantamar%C3%ADaDaniela2021.pdf?sequence=1>
- He, C., Jia, S., Luo, Y., Hao, Z., & Yin, Q. (2022). Spatial Distribution and Species Association of Dominant Tree Species in Huangguan Plot of Qinling Mountains, China. *Forests*, 13(6), 866.
- Hernández, C., y Álvarez, F. (2020). Diversidad y estructura de fustales y latizales en dos bosques altoandinos en diferente estado de intervención antrópica. [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander]. Repositorio Institucional.
- Hernández, Francisco Javier, Navarro Mata, Carlos Brian, Peña Montañez, Raúl, & Nájera Luna, Abel. (2018). Patrón de distribución espacial de las especies arbóreas de la región de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(47), 169-186. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i47.161>
- Hernández-Jatib, N., Ulloa-Carcasés, M., Almager-Carmenate, Y., & Rosario-Ferrer, Y. (2014). Evaluación ambiental asociada a la explotación del yacimiento de materiales de construcción la Inagua, Guantánamo. Cuba.: Luna Azul ISSN 1909-2474 No. 38.
- Heydari, M., Prévosto, B., Abdi, T., Mirzaei, J., Mirab-Balou, M., Rostami, N., ... & Pothier, D. (2017). Establishment of oak seedlings in historically disturbed sites: Regeneration success as a function of stand structure and soil characteristics. *Ecological Engineering*, 107, 172-182.

Hofmann, R. D. (2004). Análisis de distribución espacial de la mortalidad en una plantación de *Austrocedrus Chilensis*, Valdivia, Chile. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
<https://doi.org/10.4060/ca8642es>

Hubbell, S. P. 2001. The Unified Neutral Theory of Biodiversity and Biogeography. Series Monographs in population Biology. Princeton University Pres, Princeton, NJ USA. 448 p.

Hunter, M. L., & Gibbs, J. P. (2009). Fundamentals of conservation biology. John Wiley, Nueva York NY, EUA.

IDEAM, Fundacion Natura, Pnud, Mads, Dnp, & Cancilleria. (2021). Bur3 Tercer Informe Bienal de Actualización De Cambio Climático de Colombia a la Convención de Marco de las Naciones Unidad del Cambio Climático.

IDEAM. (2020). Oferta agua - IDEAM. Obtenido de Siac.gov.co:
<http://www.siac.gov.co/ofertaagua>

Imas., H. N. (2014). Análisis de distribución espacial de los árboles en los bosques de Belloto del Norte (*Beilschmedia miersii*(Gay)Kostern).En el cordón de Cantillana, Región metropolitana de Chile. Santiago: Universidad de Chile. Inagua, Guantánamo. Cuba.: Luna Azul ISSN 1909-2474 No. 38.

Invernón, V., Gonzalez, M. d., Lopez, E., Arnelas, I., & Devesa, J. (2012). Manual de laboratorio de Botánica: El fruto. Reduca (Biología). Serie Botánica., 1-14.

Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. The American Naturalist 104: 501-528

Jardel-Peláez, E. (2015). Criterios para la conservación de la biodiversidad en los programas de manejo forestal. Mexico: Edgar Javier González Castillo.

Jardel-Peláez, E.J. 2014 b. Guía para la caracterización y clasificación de hábitats forestales. Guía de campo. Pnud-Gef-Conafor. Guadalajara, Jal., México.

Jiang, J. (2022). Stochastic Processes. In: Large Sample Techniques for Statistics. Springer Texts in Statistics. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91695-4_10

Kershaw, K. 1973. Quantitative and dynamic ecology. New York, American Elsevier Publishing Company. 234 p

Larsen, J. G., Duarte, E., Brixner Dreyer, J. B., Pizutti Dallabrida, J., Monteiro Muzeka, L., Neto dos Santos, G., ... & Higuchi, P. (2019). Variación espaciotemporal de la regeneración natural arbórea y arbustiva de bosque de alta montaña en etapa inicial de desarrollo en el sur de Brasil. *Bosque (Valdivia)*, 40(2), 185-193.

Ledo, A., Condés, S., & Montes Pita, F. (2012). Review of spatial indices used in forest inventory and their application in tropical forests. *Revista Peruana de Biología*, 19(1), 113-124.

Lindemayer, D. B. & J. F. Franklin 2002. Conserving forest biodiversity. Island Press, Washington DC, EUA. 351 p.

Lockhart, R. (2021). The theory of near-rings (Vol. 2295). Springer; unknown.

Manjarres, E. (2021). Caracterización de semillas de tres especies de palmas y su relación con la depredación posdispersiva. *Revista Facultad de Ciencias Básicas.*, 91-100. doi:<https://doi.org/10.18359/rfcb.5742>

Manson, R., Jardel, E., Jimenez, M., & Escalante, C. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre ecorregiones, labiodiversidad y el bienestar economico. Mexico: Conabio.

- Martínez, I., González Taboada, F., Wiegand, T. y Obeso, J. R. (2013). Spatial Patterns Of Seedling-Adult Associations in a temperate forest community. *Forest Ecology and Management* 296:74-80.
- Martín-Vélez, V., van Leeuwen, C., Sánchez, M., Hortas, F., Shamoun-Baranes, J., Thaxter, C., . . . Green, A. (2021). Spatial patterns of weed dispersal by wintering gulls within and beyond an agricultural landscape. *Journal of Ecology*, 1365-2745
- Melgoza, M. A. (2002). Aspectos ecológicos de patrones espaciales de árboles tropicales, caracteres de historia natural y tipo de hábitat en una selva húmeda neotropical (Chajul Chiapas, México). Morelia: UNAM.
- Mendoza-Cifuentes, H. (2012). Patrones de riqueza específica de las familias Melastomataceae y Rubiaceae en la cordillera oriental, Colombia, norte de los andes y consideraciones para la conservación. *Colombia forestal*, 15(1), 5-54.
- Miranda, A., Hernández, H. J., Bustamante, R., Díaz, E. M., González, L. A., & Altamirano, A. (2016). Regeneración natural y patrones de distribución espacial de la palma chilena *Jubaea chilensis* (Molina) Baillon en los bosques mediterráneos de Chile central. *Gayana Botanica*, 73(1), 54-63
- Montañez Valencia, R, Escudero Vásquez, C y Duque Montoya, Á. (2010). Patrones de distribución espacial de especies arbóreas en bosques de alta montaña del departamento de Antioquia, Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Morales, P., & Lopez, C. (2020). Evaluación del riesgo de extinción de árboles y arbustos endémicos de Colombia. En I. V. Humbolt, biodiversidad reporte sobre el estado y las tendencias de la biodiversidad continental en Colombia (pág. 21).

Moret, A. Y., Valera, L., Mora, A., Garay, V., Jerez, M., Plonczak, M., ... & Hernández, D.

(2008). Estructura horizontal y vertical de *Pachira quinata* (Jacq.) WS Alverson,(Bombacaceae) en el bosque universitario “El Caimital”, Barinas, Venezuela. *Ecotrópicos*, 21(2), 62-74.

Morisita M., (1959). Measuring of the dispersion and analysis of distribution patterns. *Memoires of the Faculty of Sciences, Kyushu University, Series E. Biology* 2:215-235.

Nathan, R. y Muller-Landau, H. C. (2000). Spatial patterns of seed dispersal, their determinants and consequences for recruitment. *Trends in ecology & evolution* 15(7):278-285.

Neeman, G., Lahav, H., Izhaki, I. (1992). Spatial pattern of seedlings 1 year after fire in a Mediterranean pine forest. *Oecologia* 91(3):365-370.

Pearson, R. G., & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. *Global ecology and biogeography*, 12(5), 361-371.

Peña, M. A., Cárdenas, D., & Duque, Álvaro. (2012). Distribución de especies y su relación con la variación ambiental y espacial a escala local en un bosque de tierra firme en la Amazonia colombiana. *Actualidades Biológicas*, 32(92), 41–51. Recuperado a partir de <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/331485>

Perea, A., Weigand, T., Garrido, J., Rey, P., & Alcántara, P. (2021). Legacy effects of seed dispersal mechanisms shape the spatial interaction network of plant species in Mediterranean forests. *Journal of Ecology*, 3670-3684. doi:10.1111/1365-2745.13744

- Perry, D.A. (1998). The scientific basis of forestry. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 435-466.
- Perry, G. L., Miller, B. P. y Enright, N. J. (2006). A comparison of methods for the statistical analysis of spatial point patterns in plant ecology. *Plant Ecology* 87(1):59-82.
- Phillips, O. L. et al. (2009). Drought Sensitivity of the Amazon Rainforest. *Science*. 323: 1344-1347.
- Proctor, D. M., Shelef, K. M., Gonzalez, A., Davis, C. L., Dethlefsen, L., Burns, A. R., ... & Relman, D. A. (2020). Microbial biogeography and ecology of the mouth and implications for periodontal diseases. *Periodontology* 2000, 82(1), 26-41.
- Puettmann, K., Coates, D., & Messier, C. (2016). crítica de la silvicultura: El manejo de la complejidad. Madrid, España: ACCI ediciones - Asociación Cultural y Científica Iberoamerica.
- Pukkala. (1989). efectos de la distribución espacial de los árboles en crecimiento de un rodal de pinos silvestres joven
- Rejmánek, M. y Leps, J. (1996). Negative associations can reveal interspecific competition and reversal of competitive hierarchies during succession. *Oikos* 76:161-168
- Rodríguez Cossio, Y. (2019). Patrón Espacial de Especies Arbóreas de Importancia Ecológica y Su Relación Con La Altitud, La Pendiente y La Precipitación en Bosques Húmedos Tropicales Del Pacífico Colombiano.
- Rodríguez, Y. (2019). patrón espacial de especies arbóreas de importancia ecológica y su relación con la altitud, la pendiente y la precipitación en bosques húmedos tropicales del pacífico Colombiano. maestría manejo uso y conservación de bosques facultad de medio ambiente y recursos naturales.

Rojano Padilla, K. L., & España, C. S. (2013). Composición y estructura vegetal presente en la parcela permanente del campus de la Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia.

Salinas-Melgoza, M. A. (2002). Aspectos ecológicos de patrones espaciales de árboles tropicales, caracteres de historia natural y tipo de hábitat en una selva húmeda neotropical (Chajul Chiapas, México) (Doctoral dissertation).

Sánchez, F., Valdez, J. I., Hernández-de la Rosa, P., & Beltrán, L. (2019). Distribución y correlación espacial de especies arbóreas por gradiente altitudinal en la Selva Lacandona, Chiapas. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(54), 74-99.

Sánchez, J. (2021). El legado de George Evelyn Hutchinson en la ecología y limnología moderna George Evelyn Hutchinson's legacy in modern ecology and limnology. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat*, 115, 175-185. [10.29077/bol.115.e06.sanchez](https://doi.org/10.29077/bol.115.e06.sanchez)

Sarmiento, F. O., & Sarmiento, E. V. (2021). Flancos Andinos: Paleoecología, biogeografía crítica y ecología política en los climas cambiantes de los bosques neotropicales de montaña. Editorial INDES_CES/UNTRM. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza, Amazonas. Chachapoyas, Peru.

Seidler, T., & Plotkin, J. (2006). Seed dispersal and spatial pattern in tropical trees. *Plos Biol*, 2132- 2137.

Shao, L., & Zhang, G.-F. (2021). Niche and interspecific association of dominant tree populations of *Zelkova schneideriana* communities in eastern China. *Botanical Sciences* 99(4), 823-833.

Silva, H. (2014). análisis de la distribución espacial de los árboles en los bosques de belloto del norte (*beilschmiedia miersii* (gay) kosterm.) en el cordón de Cantillana, región metropolitana, Chile. Santiago, Chile: Universidad de Chile Facultad de Ciencias

Forestales y de la Conservación de la Naturaleza Magíster en Áreas Silvestres y
Conservación de la Naturaleza.

Smith, D.M., B.C. Larson, M.J. Kelty & P.M.S. Ashton. (1997). *The Practice of Silviculture: Applied Forest Ecology*. John Wiley, Nueva York, EUA.

Staab, M., Methorst, J., Peters, J., Blüthgen, N., & Klein, A. (2016). Tree diversity and nectar composition affect arthropod visitors on extrafloral nectaries in a diversity experiment. *Journal of Plant Ecology*. doi: doi:10.1093/jpe/rtw017.

Thierry, H., Rose, E., & Rogers, H. (2021). Landscape configuration and frugivore identity affect seed rain during restoration. *OIKOS*, 1-11. doi:10.1111/oik.08323

Trogisch, S., Liu, X., Rutten, G., Xue, K., Bauhus, J., Brose, U., . . . Ma, Z. (2021). The significance of tree-tree interactions for forest ecosystem. *Basic and Applied Ecology*, 1439-1791. doi: <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.02.003>

Tuomas Aakala, Timo Kuuluvainen, Louis De Grandpré, and Sylvie Gauthier. 2011. Trees dying standing in the northeastern boreal old-growth forests of Quebec: spatial patterns, rates, and temporal variation. *Canadian Journal of Forest Research*. 37(1): 50-61. <https://doi.org/10.1139/x06-201>

Valencia, A., Madriñan, L., & Gonzalez, H. (2019). 3.1.4.1 Impactos en la Biodiversidad y los Ecosistemas. En H. J. Ayala Mosquera, L. C. Diaz Muegue, S. Gómez -Fernández, & O. ...Vasquez Ochoa, *Identificación y análisis de impacto de la actividad minera y la explotación ilícita en los ecosistemas del territorio nacional* (pág. 41). IAvH.

Valencia-Duarte, J., Ortiz, L. N. T., & Ríos, O. V. (2012). Dinámica de la vegetación en un enclave semiárido del río Chicamocha, Colombia. *Biota Colombiana*, 13(2).

Vallejo, M. I., & Galeano, G. (2009). cambios a corto plazo en los patrones de distribución espacial de nueve especies de plantas comunes en un bosque nublado al suroccidente

de Colombia/Short-term temporal changes in the spatial patterns of nine species of common plants in an Andean cloud forest in southwestern Colombia. *Caldasia*, 77-98.

Vásquez, D. d., Andrades, J., Gámez, L., & Rodríguez, G. (2021). Exploración y comparación de la distribución espacial de los bosques periurbanos en Mérida, Venezuela. *Colombia Forestal*, 36-50.

Vaughn, N. R., Asner, G. P., Smit, I. P., & Riddel, E. S. (2015). Multiple scales of control on the structure and spatial distribution of woody vegetation in African savanna watersheds. *PloS one*, 10(12), e0145192.

VÁZQUEZ F., I. A. (2011). Patrones espaciales de reclutamiento y dispersión de semillas del árbol *Persea lingue* (Miers ex Bertero) Ness en el bosque del Valle del Sur de Chile, efectos del hábitat y un corredor. Memoria de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. 47p.

Velasco-Linares, P., y Vargas, O. (2008). Estrategias para la restauración ecológica de los bosques altoandinos. Capítulo 2 problemática de los bosques altoandinos. Bogotá D.C., Colombia.

Vera Aravena, D. (2016). Patrones de distribución espacial y representatividad de las especies arbóreas presentes en los territorios de Chile y Argentina.

Warren, D., Glor, R., & Turrelli, M. (2008). Environmental niche equivalency versus conservatism: Quantitative approaches to niche evolution. *Evolution*, 62(11), 2868–2883. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2008.00482.x>

Wisz, M. S., Pottier, J., Kissling, W. D., Pellissier, L., Lenoir, J., Damgaard, C. F., ... & Svenning, J. C. (2013). The role of biotic interactions in shaping distributions and

realised assemblages of species: implications for species distribution modelling. *Biological reviews*, 88(1), 15-30.

Zavaro Pérez, C. A. (2018). La diversidad biológica y la evolución como garantía de la sustentabilidad de la vida. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, 1.

ZHAO Cheng-Zhang, GAO Fu-Yuan, WANG Xiao-Peng, SHENG Ya-Ping, SHI Fu-Xi. Fine-scale spatial patterns of *Stellera chamaejasme* population in degraded alpine grassland in upper reaches of Heihe, China[J]. *Chin J Plant Ecol*, 2010, 34(11): 1319-1326.

Apéndice B

Formulario de Georreferenciación en campo

Universidad Industrial De Santander, Sede Málaga									
		Fecha:		Hojas		F003: G		Georreferenciación	
				de					
Localización(vereda,municipio ,Spto):									
Responsables:					Altitud:				
Rango de placas (F):					Rango de placas (L):				
Coordenadas: V1 _____, _____									
V2 _____, _____									
V3 _____, _____									
V4 _____, _____									
V	Par	N	C	F - L	Morfoespecie	CAP (cm)	X	Y	OBSERVACIONES
RB	1	1	A	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	17,3			Fumagina
RB	1	2	A	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	20,7			
RB	1	3	A	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	15			Torcido
RB	1	4	A	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	23			Torcido
RB	1	5	A	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	34			
RB	1	6	A	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	21,9			Fumagina
RB	1	7	B	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	25,2			
RB	1	8	B	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	29,6			Fumagina
RB	1	9	B	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	23,8			Fumagina
RB	1	10	B	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	18,9			Fumagina
RB	1	11	B	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	11,4			Bifurcado
RB	1	12	C	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	20,2			
RB	1	13	C	F	<i>Myrsine coriacea</i>	15,8			
RB	1	14	C	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	10,9			
RB	1	15	C	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	10			
RB	1	16	C	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	20,9			
RB	1	17	C	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	11,2			Partido
RB	1	18	D	F	<i>Myrsine coriacea</i>	10,9			Inclinado
RB	1	19	D	F	<i>Myrsine coriacea</i>	11			Inclinado
RB	1	20	D	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	36,5			
RB	1	21	E	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	17,6			Fumagina
RB	1	22	E	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	20,1			Fumagina
RB	1	23	E	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	18,4			
RB	1	24	E	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	62,8			Fumagina
RB	1	25	E	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	15,9			
RB	1	26	E	F	<i>Quercus humboldtii</i> Bonpl.	27,7			Fumagina

Fna: fumagina

Inc: inclinado

part: partido

Trif: Trifurcado

Tor: torcido

Enf: enfermo

Bif: bifurcado

N.E: no encontrado

Nota: El formato de Georreferenciación de campo, tiene la siguiente información: tipo de cobertura (V), parcela (P), Número del individuo arbóreo (N), cuadrante (C), Estrato sí es fustal o latizal (F-L), morfoespecie, circunferencia a la altura de pecho (CAP), eje X (X), eje Y (Y) y observaciones

Apéndice C

Proceso de los cálculos de Cox y Morisita

Índice Cox:

```
EINMC_20_50_BX$var=apply(data.frame(t(EINMC_20_50_BX[,2:6])),var)
EINMC_20_50_BX$IC20_50=((EINMC_20_50_BX$var)/(mean(colSums(EINMC_20_50_BX[,2:6]))))
```

Índice de Morisita

```
EINMC_20_50_BX$IM=(EINMC_20_50_BX$n)*(((rowSums((EINMC_20_50_BX[,2:6])^2))-
(rowSums(EINMC_20_50_BX[,2:6]))))/(((rowSums(EINMC_20_50_BX[,2:6])^2)-
(rowSums(EINMC_20_50_BX[,2:6]))))
```

sí presentan valores atípicos, se emplea las condiciones a través de MU y MC. Pero, primero se allá el chi cuadrado de 97,5 % y 2.5 % por especies.

```
EINMC_20_50_BX$MU=(EINMC_20_50_BX$chi_c_0.975 - EINMC_20_50_BX$n +
EINMC_20_50_BX$sum )/((EINMC_20_50_BX$sum)-1)
EINMC_20_50_BX$MC=(EINMC_20_50_BX$chi_c_0.025 - EINMC_20_50_BX$n +
EINMC_20_50_BX$sum )/((EINMC_20_50_BX$sum)-1)
```

las condiciones de IP

```
EINMC_20_50_BX$ip1=(EINMC_20_50_BX$IM > EINMC_20_50_BX$MC &
EINMC_20_50_BX$MC > 1)
EINMC_20_50_BX$ip2=(EINMC_20_50_BX$MC > EINMC_20_50_BX$IM
&EINMC_20_50_BX$IM >= 1)
EINMC_20_50_BX$ip3=(1>EINMC_20_50_BX$IM&EINMC_20_50_BX$IM>EINMC_20_50_
BX$MU)
EINMC_20_50_BX$ip4=(1>EINMC_20_50_BX$MU & EINMC_20_50_BX$MU >
EINMC_20_50_BX$IM )
```

la aplicación de la formulas

```
IP1$IP=(0.5+0.5*((IP1$IM-IP1$MC)/(IP1$n-IP1$MC)); IP2$IP=(0.5*((IP2$IM-1)/(IP2$MC-1)));
IP3$IP= -0.5*((IP3$IM-1)/(IP3$MU-1)); IP4$IP=-0.5+0.5*((IP4$IM-IP4$MU)/IP4$MU).
```

Nota: Para la realización de los cálculos de Cox y Morisita se debe tener la tabla de abundancia (Número de individuos de la misma especie por el área muestral). además, estos cálculos de deben adecuar a la escala de muestreo.

Apéndice D

Procedimiento para hallar los valores de distribución espacial para Eberhardt

Índice de Eberhardt

```

Ind      =      data.frame(matrix(vector(),      0,      4,      dimnames=list(c(),
c("Cobertura","Parcela","Morfoespecie","Indice"))),stringsAsFactors=F)
IndP     =      data.frame(matrix(vector(),      0,      4,      dimnames=list(c(),
c("Cobertura","Parcela","Morfoespecie","Indice"))),stringsAsFactors=F)
for (i in levels(as.factor(BXRCOR$Cobertura..BM...R.))){
  for (p in levels(as.factor(BXRCOR$Parcela))){
    for (k in levels(as.factor(BXRCOR$Morfoespecie))){
      data1 <- subset(BXRCOR,Cobertura..BM...R.==i & Parcela==p & Morfoespecie == k)
      if (nrow(data1) > 1){
        d <- matrix(nrow=nrow(data1),ncol=2)
        d[,1] <- data1$CejeX
        d[,2] <- data1$CejeY
        d <- dist(d)
        d <- as.matrix(d)
        for (m in 1:nrow(d)){
          if (nrow(d) < 6){
            I <- (((sd(d[m,-m]))/(mean(d[m,-m]))))^2 + 1
            Aux <- data.frame(Cobertura..BM...R.=i,Parcela=p,Morfoespecie = k,Indice = I)
            Ind <- rbind(Ind,Aux)
          } else {
            I <- (((sd((sort(d[m,-m])[1:4]))/(mean((sort(d[m,-m])[1:4]))))^2 + 1
            Aux <- data.frame(Cobertura..BM...R.=i,Parcela=p,Morfoespecie = k,Indice = I)
            Ind <- rbind(Ind,Aux)
          }
        }
      }
      Aux2 <- subset(Ind,Cobertura..BM...R.==i & Parcela==p & Morfoespecie == k)
      Ip=mean(Aux2$Indice)
      Aux <- data.frame(Cobertura..BM...R.=i,Parcela=p,Morfoespecie = k,Indice = Ip)
      IndP <- rbind(IndP,Aux)}}}

IE_20_50=na.omit(IndP ) %>% group_by(Cobertura..BM...R.,Morfoespecie) %>%
summarise(IE_20_50= mean(Indice))
    
```

Nota: Para anexar nuevas condiciones, se debe hacer por medio del “for (i in levels(as.factor(**BXRCOR\$Cobertura..BM...R.**)))”}; donde, **i** el nombre de la nueva condicional, **BXRCOR\$Cobertura..BM...R.** la condición o variable. Además, tener en cuenta los demás comandos.

Apéndice E

Adecuación de las parcelas



Nota: Corrección de los ejes a través del azimut y las pendientes, e incluso, georreferenciación de los vértices.

Apéndice F

Registro de las distancias de los individuos



Nota: Recopilación de la información a través de los individuos que forman ángulos de 90° con los ejes.

Apéndice G

Volcamiento de las especies.



Nota: Procesos demográficos presentes en las parcelas 10 del bosque mixto.