

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**REGENERACIÓN NATURAL DE TRES ESPECIES
FORESTALES CON POBLACIONES REDUCIDAS EN
MONTEVERDE, COSTA RICA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON
ÉNFASIS EN CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
FORESTALES CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

MARÍA CATALINA SOLANO PEREIRA

CARTAGO, COSTA RICA, 2023

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

**REGENERACIÓN NATURAL DE TRES ESPECIES
FORESTALES CON POBLACIONES REDUCIDAS EN
MONTEVERDE, COSTA RICA**

**TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA FORESTAL CON
ÉNFASIS EN CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE ECOSISTEMAS
FORESTALES CON EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIATURA**

MARÍA CATALINA SOLANO PEREIRA

CARTAGO, COSTA RICA, 2023

REGENERACIÓN NATURAL DE TRES ESPECIES FORESTALES CON POBLACIONES REDUCIDAS EN MONTEVERDE, COSTA RICA

María Catalina Solano Pereira*

Resumen

Se establecieron ocho parcelas de 10 x 10 m, tres de *Ocotea monteverdensis*, tres de *Damburneya salicina* y dos de *Quercus insignis* en diferentes sitios dentro del paisaje del cantón de Monteverde, provincia de Puntarenas, donde se midió diámetro a 1,30 m del suelo, se identificaron taxonómicamente y se clasificaron los árboles en diferentes estratos de desarrollo (latizales altos y fustales; latizales bajos; brinzales), para conocer las especies presentes y caracterizar la composición horizontal y estructura poblacional. Se comparó con el índice de similitud de Jaccard la semejanza de especies entre comunidades con las especies identificadas en las parcelas, se comparó las áreas basimétricas de los árboles entre parcelas y también se estimó la cobertura de dosel para cada parcela para caracterizar las parcelas según la cantidad de luz presente en cada una. Se obtuvo que la mayor cantidad de individuos y especies se acumuló en la categoría de latizales para todas las especies. Los índices de similitud de Jaccard indicaron que la similitud entre comunidades fue baja, con mayor similitud entre parcelas de la misma especie. No hubo diferencias significativas entre medias de porcentaje de cobertura de dosel entre especies, pero sí entre parcelas, donde las parcelas de *Q. insignis* mostraron tener menor incidencia de luz respecto a las de *D. salicina*. Los resultados mostraron la presencia de regeneración natural de las especies en estudio en bosques secundarios y la alta diversidad florística presente en el paisaje. Se recomienda estudiar cómo se ve afectada la regeneración natural de estas especies y sus procesos de dispersión por actividades humanas y el cambio climático y monitorear su desarrollo y supervivencia en los sitios identificados.

Palabras clave: Bosque nuboso tropical montano, composición horizontal, semejanza de comunidades, cobertura de dosel, *Ocotea monteverdensis*, *Damburneya salicina*, *Quercus insignis*.

Abstract

Eight plots of 10 x 10 m; three of *Ocotea monteverdensis*, three of *Damburneya salicina* and two of *Quercus insignis* were established in the landscape of Monteverde, Puntarenas province, in which the diameter at 1,30 from the ground was measured, trees were identified taxonomically and classified into different strata of development (seedlings; low saplings; tall saplings and trees) to know the species present and characterize the horizontal composition and population structure. The similarity of species between communities was compared with the species identified in the plots, the basal areas of the trees were compared between plots and the canopy cover was also estimated for each plot to characterize the plots according to the amount of light present. It was obtained that the greatest number of species was accumulated in the category of low saplings for all species. The similarity indices of Jaccard indicated that the similarity between communities was low, with greater similarity between plots of the same species. There were no significant differences between means of percentage of canopy cover between species, but there were between plots, where the plots of *Q. insignis* showed to have lower light incidence compared to those of *D. salicina*. The results showed the presence of natural regeneration of the species under study in secondary forests and the high floristic diversity present in the landscape. It is recommended to study how the natural regeneration of these species and their dispersal processes are affected by human activities and climate change and to monitor their development and survival in the identified sites.

Keywords: Tropical montane cloud forest, horizontal structure, community similarity, canopy cover, *Ocotea monteverdensis*, *Damburneya salicina*, *Quercus insignis*.

*Solano Pereira, C. 2023. Regeneración natural de tres especies forestales con poblaciones reducidas en Monteverde, Costa Rica. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico, Cartago, Costa Rica.

Regeneración natural de tres especies forestales con poblaciones reducidas en Monteverde, Costa Rica © 2023 by María Catalina Solano Pereira is licensed under [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

**CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE
GRADUACIÓN**

Trabajo final de graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por Ph.D. Branko Hilje Rodríguez; Ph.D. Nancy Gamboa Badilla; Ph.D. Ruperto Quesada Monge como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal con énfasis en Conservación y Restauración de ecosistemas forestales, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Branko Hilje Rodríguez Ph. D.

Director del trabajo final de graduación

Nancy Gamboa Badilla Ph.D.

Profesora lectora

Ruperto Quesada Monge Ph.D.

Profesor lector

Dorian Carvajal Vanegas M. Sc

Coordinador trabajo final de graduación

Catalina

María Catalina Solano Pereira

Estudiante

INDICE GENERAL

Resumen	I
Abstract.....	II
NDICE DE CUADROS	V
NDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE ANEXOS	VII
Introducción	1
Materiales y métodos	3
Especies en estudio	3
Sitio de estudio	5
Localización de las parcelas	6
Procedimiento para recolección de datos	7
Análisis de datos	9
Resultados y discusión.....	11
Composición florística	11
Semejanza de composición de especies entre comunidades	14
Estructura poblacional	16
Área basal.....	19
Cobertura de dosel	22
Conclusiones	24
Recomendaciones.....	24
Agradecimientos.....	25
Referencias.....	26
Anexos.....	32

NDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Número de especies encontradas en las parcelas de <i>O. monteverdensis</i> , <i>D. salicina</i> y <i>Q. insignis</i> según de fustales y latizales altos, latizales bajos y brinzales, Monteverde, Costa Rica.....	11
Cuadro 2. Especies más abundantes en las parcelas de regeneración de <i>Ocotea monteverdensis</i> (Om 1, Om 2, Om3).....	12
Cuadro 3. Especies más abundantes en las parcelas de regeneración de <i>Damburneya salicina</i> (Ds1, Ds2 y Ds3).	13
Cuadro 4. Especies más abundantes en las parcelas de regeneración de <i>Quercus insignis</i> (Qi1 y Qi2).	13
Cuadro 5. Índice de similitud de Jaccard entre comunidades de parcelas de regeneración establecidas, incluyendo las especies de las categorías fustales y latizales altos, latizales bajos y brinzales.	14
Cuadro 6. Índice de similitud de Jaccard entre comunidades de parcelas de regeneración establecidas, incluyendo únicamente a especies en la categoría brinzales.	15

NDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación de las parcelas de <i>O. monteverdensis</i> , <i>D. salicina</i> y <i>Q. insignis</i> en el paisaje de Monteverde.	6
Figura 2. Arreglo de las parcelas de medición. Las dimensiones de las parcelas donde se midieron latizales altos y fustales corresponden a 10x10 m, las de latizales bajos 5x5 m y las de brinzales 2x2 m.....	8
Figura 3. Distribución diamétrica de individuos de <i>O. monteverdensis</i> en las parcelas de regeneración de <i>O. monteverdensis</i>	16
Figura 4. Distribución diamétrica de individuos de <i>D. salicina</i> en las parcelas de regeneración de <i>D. salicina</i>	17
Figura 5. Distribución diamétrica de individuos de <i>Q. insignis</i> en las parcelas de regeneración de <i>Q. insignis</i>	18
Figura 6. Comparación de áreas basimétricas por parcela de las especies <i>O. monteverdensis</i> , <i>D. salicina</i> y <i>Q. insignis</i>	21
Figura 7. Comparaciones de medias de porcentaje de cobertura de dosel (%) entre <i>D. salicina</i> , <i>Q. insignis</i> y <i>O. monteverdensis</i>	22
Figura 8. Comparaciones de medias de porcentaje de cobertura de dosel (%) entre parcelas de <i>O. monteverdensis</i> (Om1, Om2, Om3)), <i>D. salicina</i> (Ds1, Ds2, Ds3) y <i>Q. insignis</i> (Qi1 y Qi2).....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de árboles identificados en las parcelas de <i>O. monteverdensis</i> (Om 1, Om 2 y Om 3).....	32
Anexo 2. Lista de árboles identificados en las parcelas de <i>D. salicina</i> (Ds 1, Ds 2 y Ds 3)....	33
Anexo 3. Lista de árboles identificados en las parcelas de <i>Q. insignis</i> (Qi 1 y Qi 2).	34
Anexo 4. Rama de brinzal de <i>Ocotea monteverdensis</i>	35
Anexo 5. Latizal bajo de <i>Ocotea monteverdensis</i>	36
Anexo 6. Rama de <i>Damburneya salicina</i> con un fruto.....	37
Anexo 7. Regeneración natural de <i>Quercus insignis</i>	38

Introducción

Los Bosques Nubosos Tropicales Montanos (BNTM), son ecosistemas muy ricos en especies y endemismo ocupando el 0,4% de la superficie terrestre para el año 2001, con cerca de 3700 especies de aves mamíferos, anfibios y helechos arborescentes de las cuales aproximadamente la mitad está restringida a bosques nubosos [1]. En la parte alta de las Cordilleras de Tilarán y Guanacaste se encuentra el bosque nuboso de Monteverde, una de las comunidades más biodiversas del mundo que contiene arreglos de muchas especies y una de las comunidades de aves más ricas de Costa Rica [2], donde todavía los pequeños fragmentos de bosque nuboso montano tropical albergan una alta diversidad de árboles y bromelias epífitas [3].

Los BNTM de la región de Monteverde han sufrido históricamente una reducción y fragmentación del área boscosa por deforestación al cambiar el uso de suelo para actividades agrícolas y ganaderas [4]. Actualmente, el ecoturismo que se ha convertido en la principal actividad económica [4], la cual puede estar amenazando las comunidades de flora y fauna local al generar una presión alta sobre los ecosistemas boscosos debido al crecimiento económico y urbanización que implican mayor demanda de recursos naturales para suplir necesidades humanas [5]. Sumado a esto, el cambio climático global está provocando alteraciones en tiempos y frecuencia de eventos fenológicos de especies forestales [6], así como su desplazamiento en distribución altitudinal [7], [8], [9].

Se ha demostrado que la fragmentación aumenta el aislamiento y disminuye el área de los hábitats, afectando directamente los patrones de dispersión de semillas y a la vez la persistencia de plantas y frugívoros, en mayor medida a especies de gran tamaño [10]. Debido al uso histórico de la tierra y a presiones como las mencionadas anteriormente, algunas especies forestales se encuentran en condiciones vulnerables en la zona de Monteverde y han recibido especial atención en términos de conservación por su papel ecológico e importancia en la comunidad biológica. Entre estas especies se encuentran *Ocotea monteverdensis* W. C. Burger (Lauraceae), *Damburneya salicina* (C. K. Allen) Trominov & Rohwer (Lauraceae) y *Quercus insignis* M. Martens & Galeotti (Fagaceae). El objetivo general de este trabajo es generar información sobre la regeneración natural de las especies anteriormente mencionadas en la región de Monteverde. Se busca que esta información sea de utilidad en la creación, implementación y mejora de las estrategias para la conservación de los ecosistemas naturales de la región. A manera de objetivos específicos se busca; 1) identificar sitios donde ocurre regeneración natural de estas tres especies; 2) caracterizar la composición florística y estructura horizontal de sitios en los que ocurre regeneración natural de estas especies; lo anterior considerando que los árboles del estrato superior y las plantas de sotobosque alteran el microhábitat inferior, afectando las condiciones de luz e interactuando con las plántulas que se encuentran creciendo y regenerando en el mismo sitio [11] 3) determinar la influencia de características estructurales del bosque en la regeneración natural de estas especies en los sitios estudiados.

Materiales y métodos

Especies en estudio

Ocotea monteverdensis es una especie endémica de Monteverde, presenta poblaciones reducidas con un número aproximado de 770 individuos, asignándola en la categoría de “peligro crítico” según la lista roja de especies de la UICN [12]. Esta especie presenta un rango restringido de distribución en una franja altitudinal entre 1200-1450 metros de elevación en Monteverde [13]. Depende de aves frugívoras para la dispersión de sus semillas y es de reconocida importancia en la dieta del pájaro campana (*Procnias tricarunculatus*) durante los meses de junio a setiembre después de su época reproductiva, y de otras especies amenazadas como el Quetzal (*Pharomachrus mocinno*) y la pava negra (*Chamaepetes unicolor*) en Monteverde [14]. *Ocotea monteverdensis* ha reportado años de baja fructificación debido a que los individuos necesitan de 18 a 20 meses para completar su ciclo fenológico de flor a fruto maduro [14], sumado a que esta especie tiende a producir frutos cuando los árboles son grandes (>50 cm de diámetro a 1,30 m del suelo) y cuando ocupan posiciones dominantes en el dosel. En los años que *O. monteverdensis* no brinda suficiente alimento para el pájaro campana, (según Hamilton et al.), entre sus especies alternativas preferidas se encuentra *D. salicina*, que, en conjunto con otras especies de flora, producen frutos suficientes para su alimentación cuando una sola especie no brinda alimento necesario [14].

La especie *Damburneya salicina* (C. K. Allen) Trominov & Rohwer, también es una especie que depende de aves para la dispersión de sus semillas, produce frutos de preferencia para el pájaro campana como alternativa cuando *O. monteverdensis* se encuentra en años de baja fructificación, ya que reporta una fructificación que tiene una distribución más equitativa año a año [14]. Aunque es catalogada como de “menor preocupación” por la UICN [15] para todo su rango de distribución, localmente el tamaño de sus poblaciones se considera muy reducido [16] En Costa Rica se distribuye en el bosque muy húmedo, pluvial y nuboso entre los 600 y los 1600 m de altitud en ambas vertientes de las cordilleras de Guanacaste y Tilarán y la vertiente pacífica en los Cerros de Escazú [17].

Quercus insignis M. Martens & Galeotti, se distribuye desde México hasta Panamá, en Costa Rica en el bosque muy húmedo, pluvial y nuboso de los 450 a los 1800 m en la vertiente Caribe Norte de la Cordillera de Talamanca, en ambas vertientes de las cordilleras de Guanacaste y de Tilarán, en el Valle Central, la vertiente Pacífica y cerca de la División Continental, las cordilleras Central y de Talamanca Tablazo, Cerros de Escazú, Fila Costeña, región de Puriscal (P.N; La Cangreja) y Península de Osa [18].

Para *Quercus. insignis* la categoría asignada por UICN es “en peligro” [19] y aunque en otros países se han desarrollado más estudios enfocados en su regeneración natural [20], en la zona de Monteverde hay poca información sobre sus dinámicas de regeneración.

Quercus insignis es considerada una especie de etapa de sucesión intermedia, enfrenta dificultades para establecerse en ambientes fuertemente alterados, teniendo poca tolerancia a desecación y mayor sensibilidad a las condiciones de los sitios abiertos, limitada por la alta radiación, estrés hídrico, bajas tasas de germinación e intensa herbivoría [21], [22], [23] y [24]. El establecimiento de brinzales es considerado crucial en la regeneración de las especies de roble que depende de sombra parcial, y luz que puede ser brindada por aperturas en el dosel [25], [26], [27], [28], o disturbios en el bosque [29], [30] pero también un microambiente que proteja a los brinzales de la desecación [31], [32]. Sin embargo, las necesidades lumínicas varían de una especie de roble a otra [33], [34], [35]

Sitio de estudio

El estudio fue conducido en el cantón de Monteverde, provincia de Puntarenas (coordenadas x:-441049, y:1153339) (Figura 1). El área está caracterizada por un clima transicional en términos de radiación solar incidente, cantidad y estacionalidad de la precipitación conforme varía su altitud. La temperatura promedio anual medida a 1460 m.s.n.m. fue 18,5° C con variaciones entre los 9,0° C y los 27,0° C y la precipitación promedio anual tomada a 1460 m.s.n.m. entre 1956 y 1995 fue de 2519 mm [4]. El tipo de bosque presente en la vertiente del Pacífico en Monteverde es bosque perennifolio estacionalmente seco [36] y las parcelas utilizadas en este estudio están ubicadas en la zona de vida bosque muy húmedo premontano según el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge [38]. La mayoría de sus suelos están formados por materiales parentales de origen volcánico de las formaciones de Aguacate y Monteverde y se clasifican como andisoles (sistema de clasificación de suelos USDA), subclasificación Udands por haberse formado en regímenes údicos (condiciones húmedas) [4]

Localización de las parcelas

La localización de los sitios donde se regeneran de forma natural las especies en estudio se logró a partir de una base de datos de ubicaciones históricas de individuos de las tres especies y por una exploración llevada a cabo por el Instituto Monteverde de posibles sitios inferidos a partir de la información disponible.

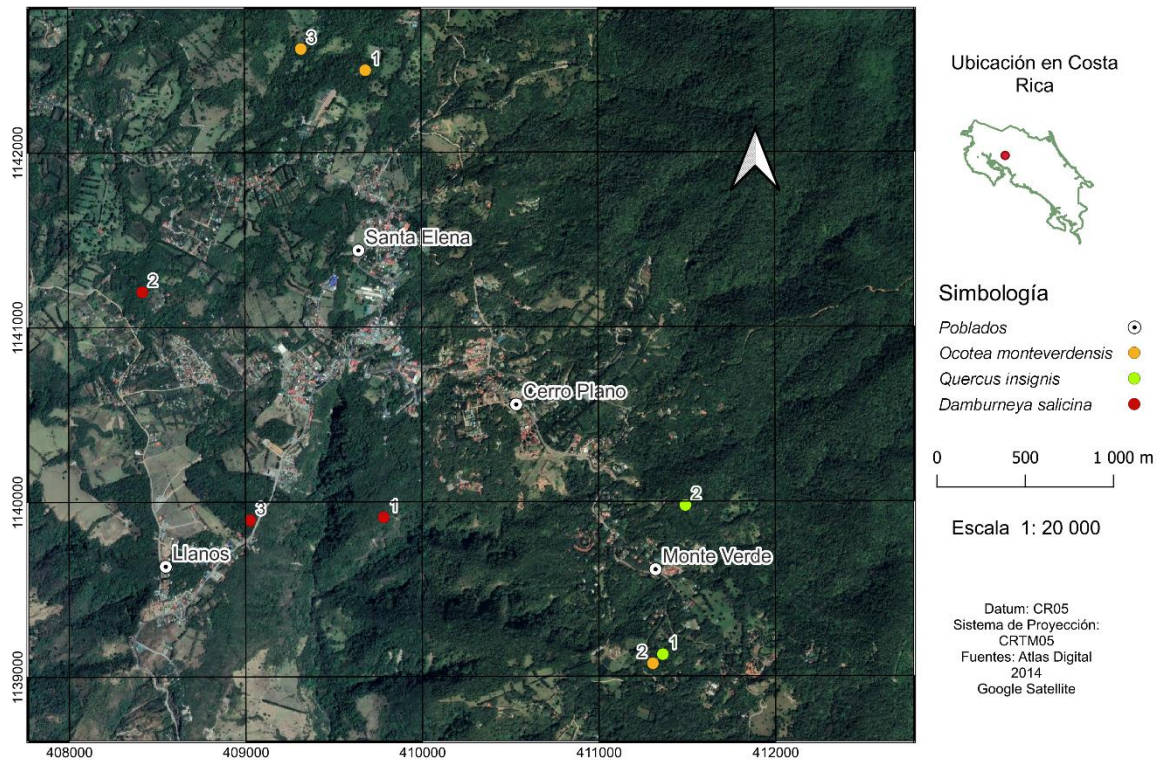


Figura 1. Mapa de ubicación de las parcelas de *O. monteverdensis*, *D. salicina* y *Q. insignis* en el paisaje de Monteverde.

En los sitios donde se ubicó regeneración natural de cada especie, se hizo una selección de la ubicación de la parcela dentro del área efectiva para realizar el levantamiento con el criterio de que hubiera una considerable cantidad de individuos en regeneración natural de la especie en estudio. El rango altitudinal en el que se establecieron las parcelas fue entre 1275 y 1534 m. s. n. m (Cuadro 1) y todos los sitios donde se ubicó regeneración natural de estas especies corresponden a bosques secundarios [16].

Se establecieron tres parcelas de 10 x 10 m en sitios con regeneración de *O. monteverdensis*, la primera en el Refugio Monteverde Night Tour, la segunda en sitio Figuerola propiedad de la Asociación Conservacionista de Monteverde y la tercera en propiedad de la Fundación Conservacionista Costarricense (FCC); tres parcelas para *D. salicina*, la primera en el Santuario Ecológico Monteverde, la segunda en Refugio Ecológico Finca Rodríguez y la tercera en finca San Francisco de Asís propiedad de la familia Mengel y dos parcelas de *Q. insignis*, la primera en sitio Figuerola y la segunda en la Reserva de Rachel y Dwight Crandell (Figura 1).

Procedimiento para recolección de datos

Con una brújula Suunto y una cinta métrica se establecieron los límites de las parcelas, cada una fue dividida en subunidades para muestrear diferentes estratos de vegetación utilizando la metodología adaptada para bosques del neotrópico de Wyatt-Smith por Sáenz y Finegan, mencionada por Guzmán [37], [39], donde se consideran brinzales tamaños de 0,30 m hasta 1,50 m de altura, latizal bajo: a partir de 1,50 m de altura hasta 4,9 cm de DAP, latizal alto: $DAP \geq 5$ cm hasta 9,9 cm y fustal: $DAP \geq 10$ cm.

Se demarcaron las cuatro esquinas de las parcelas de 10 x 10 m, y subparcelas de 5 x 5 m y 2 x 2 m, con estacas y cinta topográfica, en la figura 2 se muestra la disposición de las subparcelas dentro de la parcela.

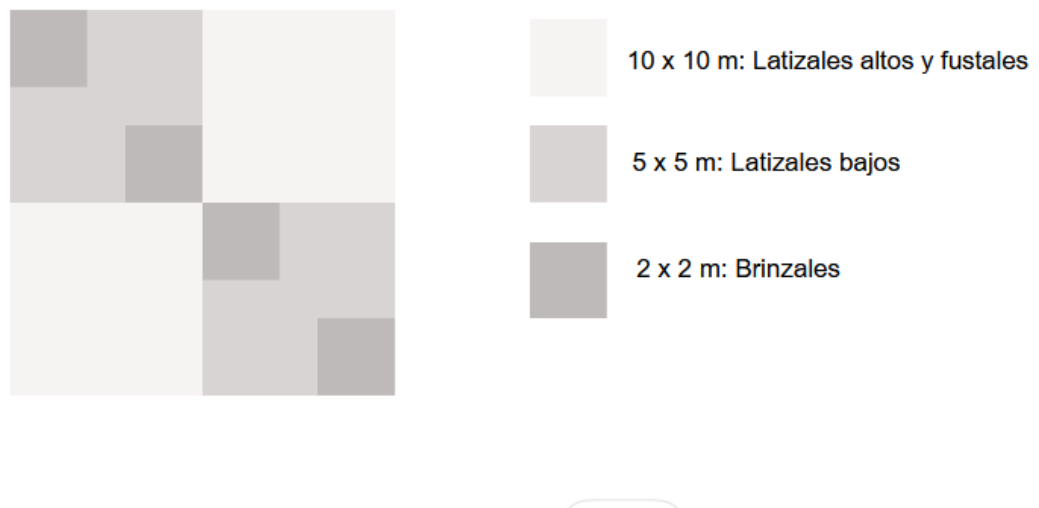


Figura 2. Arreglo de las parcelas de medición. Las dimensiones de las parcelas donde se midieron latizales altos y fustales corresponden a 10x10 m, las de latizales bajos 5x5 m y las de brinzales 2x2 m.

En las parcelas de 10 x 10 m se identificaron taxonómicamente y se midieron con una cinta diamétrica los diámetros a la altura de pecho (1,30 m del suelo) de todos los fustales y latizales altos. En las subparcelas de 5 x 5 m se identificaron taxonómicamente y se midieron con un vernier los diámetros de los latizales bajos. Por último, en las cuatro subparcelas de 2 x 2 m se realizó la identificación taxonómica y con un vernier se midieron los diámetros a la base de los brinzales. Se tomaron muestras de las especies de árboles desconocidas para su posterior identificación y verificación con el Manual de Plantas de Costa Rica (2023) de la base de datos de Trópicos, cada especie observada fue clasificada en familia, género y especie con ayuda de expertos conocedores de la flora local.

Para la estimación del porcentaje de cobertura de bosque se utilizó la aplicación para teléfonos inteligentes Canopy App versión 1.0.3 de la Universidad de New Hampshire. Su procedimiento consiste en nivelar la cámara con dirección al dosel con ayuda del giroscopio, tomar una fotografía y tocar en la pantalla los colores del dosel para definir la máscara de cobertura generada por el software y obtener el porcentaje de cobertura. En cada parcela se realizaron cuatro estimaciones de la cobertura del dosel, una en cada cuadrante de 5x5 m.

Análisis de datos

Para realizar los cálculos de riqueza se sumaron las especies en cada parcela y no se tomaron en cuenta las especies que no se logró identificar.

Se realizó una comparación de semejanza de comunidades entre parcelas considerando todas las especies en todas las categorías mediante el índice de Jaccard, que se obtiene a partir de la ecuación 1 [41].

$$ISJ = \left[\frac{c}{a+b+c} \right] * 100 \quad (1)$$

Donde:

ISJ = Índice de Semejanza de Jaccard (%).

a = número de especies exclusivas de la comunidad A.

b = número de especies exclusivas de la comunidad B.

c = número de especies comunes para ambas comunidades.

En cada parcela se clasificaron los individuos de las especies en estudio en clases diamétricas de 5 cm de los 0 cm a los 50 cm de diámetro medido a 1,30 m del suelo, para construir sus curvas de distribución diamétrica.

Para analizar relaciones entre variables, especies y parcelas, se realizaron comparaciones de medidas de tendencia central con el software de uso libre R [40]. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para detectar diferencias entre áreas basimétricas de parcelas tomando como factor de variación las parcelas. Para comparar porcentaje de cobertura del dosel entre parcelas por especie se hizo un ANOVA de una vía donde se tomó como factor de variación la especie en estudio considerando las parcelas como repeticiones y también otro ANOVA para el que se tomó las parcelas como factor de variación,

Resultados y discusión

Composición florística

En el Cuadro 1 se presenta el número de especies encontradas en cada parcela clasificadas en categoría de fustales y latizales altos, latizales bajos y brinzales.

Cuadro 1. Número de especies encontradas en las parcelas de *O. monteverdensis*, *D. salicina* y *Q. insignis* según de fustales y latizales altos, latizales bajos y brinzales, Monteverde, Costa Rica

Parcela	Fustales y latizales		
	altos	Latizales bajos	Brinzales
Om 1	8	16	12
Om 2	6	20	13
Om 3	6	11	12
Ds 1	4	13	9
Ds 2	10	13	6
Ds 3	4	20	14
Qi 1	10	15	7
Qi 2	7	17	7

Fuente: datos de campo

En todas las parcelas a excepción de la parcela Om3 la mayor concentración de especies se encontró en la categoría de latizales bajos. De acuerdo con los datos obtenidos en este trabajo, la cantidad de árboles y especies ubicadas en las primeras clases de tamaño muestra el crecimiento y desarrollo de los árboles y su avance a través de las clases diamétricas, con una disminución de número de árboles conforme se avanza hacia clases diamétricas mayores [42], se espera que al agrupar mayor cantidad de individuos, las clases de menor tamaño posean mayor número de especies y que al aumentar la edad de los bosques también aumente la diversidad y riqueza de especies hasta semejar la composición de bosques primarios [43], [44], [45], [46].

Las especies más comunes en las parcelas de las tres especies estudiadas se muestran en los Cuadros 2, 3 y 4, donde se puede observar que entre parcelas de *O. monteverdensis* las especies más comunes difieren entre parcelas y que para las parcelas Om1 y Om2 la especie más abundante fue *O. monteverdensis*. Entre parcelas de *D. salicina* la especie más abundante para las parcelas Ds2 y Ds3 fue esta especie en estudio y las especies *Myrcia splendens* y *Psychotria quinqueradiata* coinciden entre las cinco especies más abundantes para Ds1 y Ds3. En las parcelas de *Q. insignis* la mayor cantidad de individuos pertenece a esta especie y se encontró entre las más abundantes la presencia de *O. monteverdensis*.

Algunos factores que pudieron dar paso al establecimiento de una aglomeración de individuos de las especies en estudio y por ende sus altas abundancias en los sitios de las parcelas, son los claros de luz que se pudieron formar por caída de árboles o ramas y permiten el establecimiento de las plántulas, condiciones de suelo y topográficas del terreno y la dispersión de semillas [47].

Cuadro 2. Especies más abundantes en las parcelas de regeneración de *Ocotea monteverdensis* (Om 1, Om 2, Om3).

Om 1	Om 2	Om 3
<i>Ocotea monteverdensis</i> (21)	<i>Ocotea monteverdensis</i> (12)	<i>Casearia tacanensis</i> (11)
<i>Hampea appendiculata</i> (12)	<i>Prunus cornifolia</i> (6)	<i>Eugenia monteverdensis</i> (7)
<i>Eugenia monteverdensis</i> (12)	<i>Casearia sylvestris</i> (6)	<i>Inga sp</i> (5)
<i>Ocotea whitei</i> (10)	<i>Coffea arabica</i> (5)	<i>Ocotea floribunda</i> (3)
<i>Persea americana</i> (5)	<i>Sapium glandulosum</i> (3)	<i>Bunchosia macrophylla</i> (3)

Fuente: datos de campo. Datos en paréntesis indican el número de individuos.

Cuadro 3. Especies más abundantes en las parcelas de regeneración de *Damburneya salicina* (Ds1, Ds2 y Ds3).

Ds 1	Ds 2	Ds 3
<i>Inga punctata</i> (22)	<i>Damburneya salicina</i> (12)	<i>Damburneya salicina</i> (16)
<i>Malpighia glabra</i> (14)	<i>Sorocea trophoides</i> (10)	<i>Citharexylum costaricensis</i> (16)
<i>Damburneya salicina</i> (10)	<i>Inga sp</i> (5)	<i>Chamaedorea costaricana</i> (11)
<i>Psychotria quinqueradiata</i> (7)	Nyctaginaceae (4)	<i>Psychotria quinqueradiata</i> (7)
<i>Myrcia splendens</i> (4)	<i>Coffea arabica</i> (3)	<i>Myrcia splendens</i> (7)

Fuente: datos de campo. Datos en paréntesis indican el número de individuos.

Cuadro 4. Especies más abundantes en las parcelas de regeneración de *Quercus insignis* (Qi1 y Qi2).

Qi 1	Qi 2
<i>Quercus insignis</i> (26)	<i>Quercus insignis</i> (15)
<i>Ocotea monteverdensis</i> (10)	<i>Aiouea pittieri</i> (6)
<i>Cinnamomum tonduzii</i> (9)	<i>Siparuna grandiflora</i> (3)
<i>Sideroxylum portoricense</i> (8)	<i>Ocotea monteverdensis</i> (3)
<i>Viburnum costaricanum</i> (6)	<i>Symplocos brenesii</i> (3)

Fuente: datos de campo. Datos en paréntesis indican el número de individuos.

Semejanza de composición de especies entre comunidades

Para las comparaciones realizadas de especies presentes entre comunidades por parcela, todos los valores de semejanza entre comunidades fueron bajos (<40%) de acuerdo con Oluyinka [49] (Cuadro 5).

Cuadro 5. Índice de similitud de Jaccard entre comunidades de parcelas de regeneración establecidas, incluyendo las especies de las categorías fustales y latizales altos, latizales bajos y brinzales.

	Ds 1	Ds 2	Ds 3	Om 1	Om 2	Om 3	Qi 1	Qi 2
Ds 1	*	11%	20%	5%	7%	8%	8%	0%
Ds 2		*	13%	7%	9%	0%	5%	2%
Ds 3			*	6%	9%	6%	8%	4%
Om 1				*	26%	21%	21%	14%
Om 2					*	17%	30%	26%
Om 3						*	23%	10%
Qi 1							*	23%
Qi 2								*

Se observa que el valor más alto de similitud es el obtenido entre las parcelas segunda de *O. monteverdensis* (Om2) y primera de *Q. insignis* (Qi1) lo que se puede deber a que ambas se encuentran en el sitio Figuerola a poco menos de 100 m de distancia entre sí. El valor que le sigue es el de 26% entre las parcelas Om 2 y Qi 2 que se encuentran altamente conectadas en el paisaje a aproximadamente 1 km de distancia. La comparación entre las parcelas Om2 y Om1 tuvo una similitud de 26%, entre Om1 y Om3 21% y entre Om 2 y Om 3 de 17%, todos indicando mayor similitud que al comparar las parcelas de *O. monteverdensis* con las de *D. salicina*. Los valores de similitud al comparar las parcelas de *D. salicina* entre sí también fueron más altos que al comparar las parcelas de *D. salicina* con las parcelas de las otras dos especies en estudio.

Al comparar las dos parcelas de regeneración de *Q. insignis*, *Myrcine coriaceae* fue la única especie dentro de la categoría de tamaños de fustales presente en ambas, de la cual también se identificó un individuo de 23,6 cm dap en la segunda parcela de *O. monteverdensis* (sitio Figuerola) lo que concuerda con que esta especie se encuentra en bosques de roble [50]. Al comparar fustales en las parcelas de regeneración natural de *O. monteverdensis* no se compartieron especies, lo que también se halló al comparar especies de fustales en las parcelas de *D. salicina*.

Cuadro 6. Índice de similitud de Jaccard entre comunidades de parcelas de regeneración establecidas, incluyendo únicamente a especies en la categoría brinzales.

	Ds 1	Ds 2	Ds 3	Om 1	Om 2	Om 3	Qi 1	Qi 2
Ds 1	*	8%	10%	5%	5%	5%	7%	0%
Ds 2		*	6%	12%	0%	0%	0%	0%
Ds 3			*	4%	4%	8%	5%	5%
Om 1				*	9%	20%	12%	12%
Om 2					*	9%	33%	11%
Om 3						*	6%	0%
Qi 1							*	17%
Qi 2								*

La baja similitud entre las comunidades de parcelas establecidas refleja la heterogeneidad florística presente en el paisaje y la importancia de la protección de estos ecosistemas de altas elevaciones [51]. Otros factores que pueden influenciar en el porcentaje de similitud entre comunidades comparadas son las diferencias en elevación, precipitación horizontal, temperatura y condiciones de suelo entre parcelas [52].

Estructura poblacional

Para las parcelas establecidas en sitios con regeneración natural de *O. monteverdensis*, dentro de la primera parcela (Refugio Monteverde Night Tour) el número de individuos de *O. monteverdensis* fue de veintiuno, de los cuales cuatro pertenecen a la categoría de brinzales, catorce a la categoría de latizales bajos y tres a la categoría de latizales altos. En la segunda parcela (sitio Figuerola) se encontraron doce individuos, cinco pertenecientes a la categoría de brinzales, seis individuos de la categoría de latizales bajos y un individuo de la categoría de latizales altos. Dentro de la tercera parcela (propiedad de la Fundación Conservacionista Costarricense) solo se identificaron tres individuos de *O. monteverdensis* pertenecientes a la categoría de latizales bajos. La mayor concentración de individuos dentro de las tres parcelas se encuentra dentro de la categoría de latizales bajos (Figura 3).

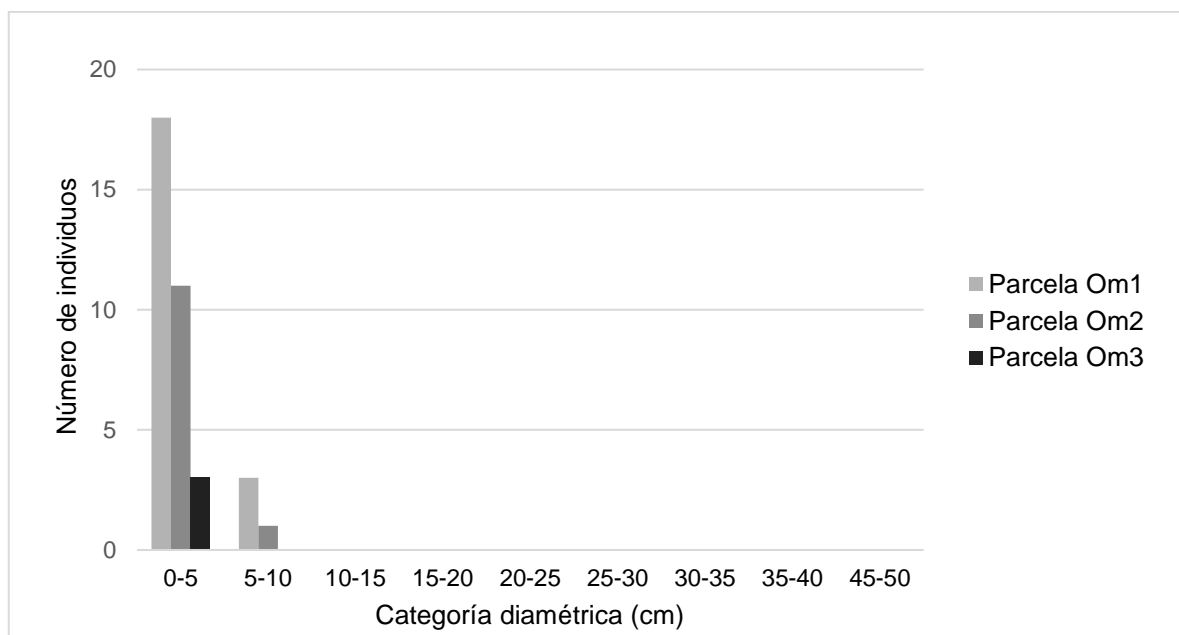


Figura 3. Distribución diamétrica de individuos de *Ocotea monteverdensis* en las parcelas de regeneración de *Ocotea monteverdensis*, Monteverde, Costa Rica.

Dentro de las parcelas de regeneración natural de *D. salicina* en la primera (Santuario Ecológico Monteverde) se localizaron diez individuos; tres pertenecientes a la categoría de brinzales; cinco a la categoría de latizales bajos y dos individuos en la categoría de latizales altos. En la segunda parcela se hallaron doce individuos, dos dentro de la categoría de brinzales; seis en la de latizales bajos; dos dentro de latizales altos y dos en la de fustales. Para la tercera parcela, el número de individuos de *D. salicina* identificados fue dieciséis, cinco dentro de la categoría de brinzales y once en la de latizales bajos. Se puede observar que la mayor concentración de individuos de *D. salicina* para las tres parcelas se encuentra en la categoría de latizales bajos (Figura 4).

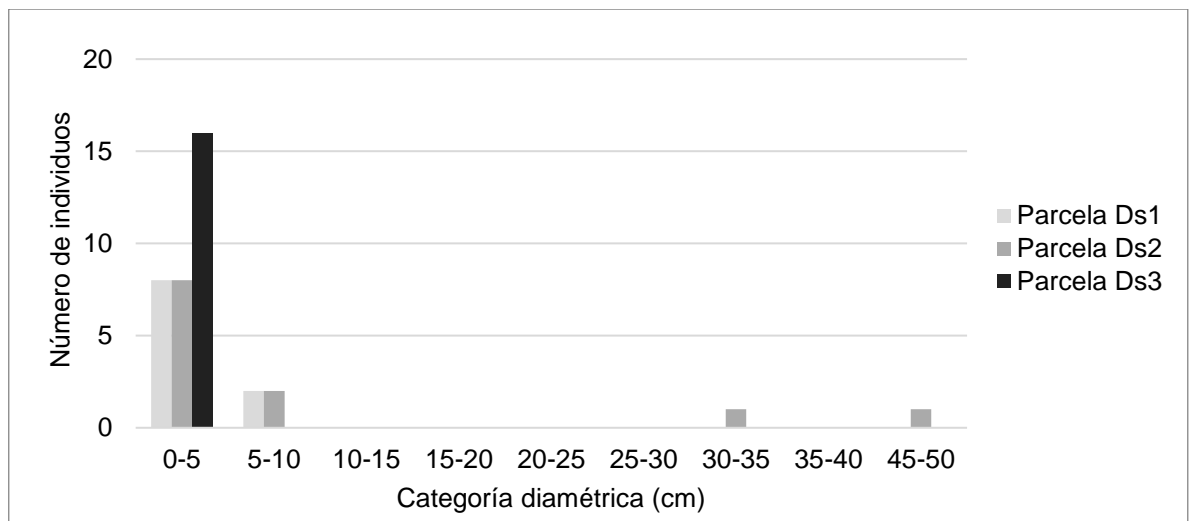


Figura 4. Distribución diamétrica de individuos de *Damburneya salicina* en las parcelas de regeneración de *Damburneya salicina*.

En la primera parcela de regeneración natural de *Q. insignis* (sitio Figuerola) se identificaron veintiseis individuos de *Q. insignis* de los cuales cinco se encontraron dentro de la categoría de brinzales, diecinueve dentro de latizales bajos; uno en latizales altos y uno en fustales. Para la segunda parcela se hallaron cinco brinzales, ocho latizales bajos y tres latizales altos para un total de dieciséis individuos de *Q. insignis* (Figura 5)

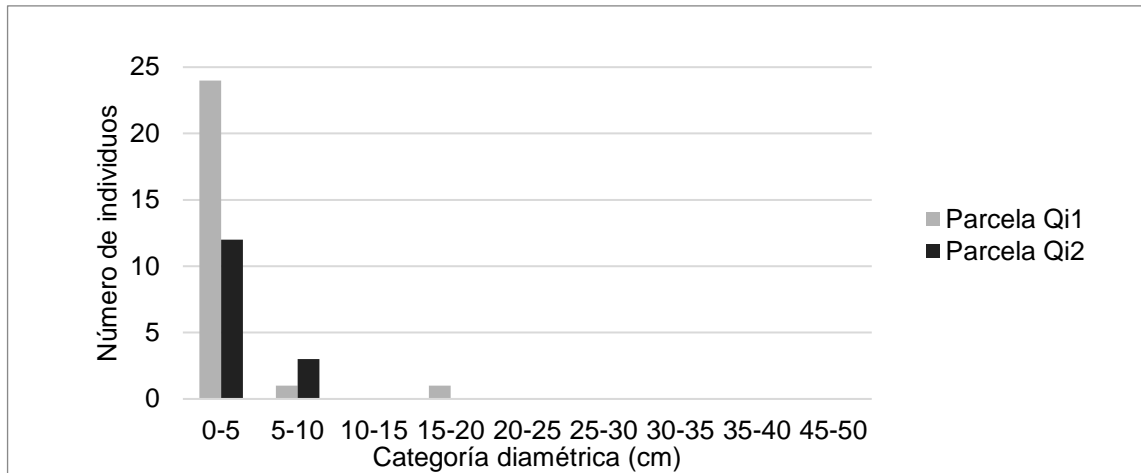


Figura 5. Distribución diamétrica de individuos de *Q. insignis* en las parcelas de regeneración de *Q. insignis*.

Considerando que todos los sitios donde se establecieron parcelas corresponden a bosques secundarios, en estadios tempranos de sucesión con mayor espacio y recursos para permitir el reclutamiento de especies, se explica que la mayor cantidad de individuos, se encuentre en las primeras categorías de tamaño [53]. Las tres especies presentaron una distribución diamétrica de “J invertida” que representa una estructura discetánea [54], [55]. La dinámica de crecimiento y mortalidad explica que conforme aumenta la clase diamétrica haya menor cantidad de individuos, donde los individuos que pasan a la clase inmediata superior son reemplazados por los reclutados de la clase inmediata inferior, muchos de los individuos presentes en las primeras categorías diamétricas no llegan a mayores categorías de tamaño por la alta competencia y por que al estar aglomerados se dan mayores tasas de mortalidad por incidencia de herbivoría y patógenos, que dependiendo de la distancia al árbol madre pueden provenir de éste [56], [57], [58]. La falta de árboles en clase diamétricas intermedias se puede deber a que las especies tienen un reclutamiento periódico intermitente para el que la cantidad de semillas es suficiente y la poca frecuencia de una categoría no impide la continuidad de la población así como también se puede deber a perturbaciones antropogénicas como la tala selectiva donde los árboles talados son los jóvenes que alcanzaron una altura adecuada para su aprovechamiento y quedan ausentes en las clases diamétricas intermedias, las suposiciones anteriores se podrían probar o descartar con un monitoreo a largo plazo [59], [60].

Área basal

Al analizar las especies que componen el área basal de las parcelas, en la parcela Om1 un 16,80% fue aportado por individuos de la especie *Hampea appendiculata*, un 15,67% por *Cecropia obtusifolia* y un 5,15% por *Prunus cornifolia*, señalando que el sitio se encuentra en un estado sucesión temprano por la alta abundancia de individuos de las especies *H. appendiculata* y presencia de *C. obtusifolia* que se clasifican en el gremio ecológico de heliófitas efímeras. Para la parcela Om2 un 48,89% fue aportado por *Sapium glandulosum* especie con un individuo en cada categoría de tamaño de este estudio, *Myrsine coriaceae* aportó un 27,98% y *Hampea appendiculata* un 7,23% las tres clasificadas como heliófitas. Las especies con mayor aporte en el área basal de la parcela Om3 fueron *Inga sp* heliófita durable, *Ocotea floribunda* esciófita y *Cordia cymosa* heliófita durable con 46,39%, 29,65% y 9,41% respectivamente.

En un análisis de la cronosecuencia de un bosque secundario nuboso tropical montano, en Veracruz, México, Muñiz-Castro et al. [61] reportaron que la proporción de especies del grupo de especies tolerantes a la sombra cambió a lo largo de la trayectoria sucesional, donde la mayoría de especies e individuos fueron intolerantes a la sombra en estadíos sucesionales tempranos, disminuyendo hasta que los porcentajes de especies e individuos intolerantes a la sombra se aproximaron a 0% a los 80 años de abandono de sitio y las especies del grupo de tolerantes a la sombra o esciófitas aumentaron con la edad de los sitios alcanzando su máximo en los sitios de bosque de sucesión tardía.

Para la parcela Ds1 el 39,67% del área basal fue aportado por la especie *Alstonia pittieri*, 30,27% por la especie *Conostegia xalapensis* y 24,23% por *Inga punctata* las tres clasificadas como heliófitas. En la parcela Ds2 un 70,26% fue aportado por un individuo de 118 cm dap de *Myrcianthes* "black fruit". un 16,6% por *D. salicina* y un 5,60% por *Sorocea trophoides* especie heliófita durable. En la parcela Ds3 el 77,64% fue aportado por *Cupressus sp* seguido por un 12,73% de *Montanoa guatemalensis* perteneciente al gremio de heliófitas efímeras y un 4,74% de *Eucalyptus sp*, sitio en el que se plantaron árboles de ciprés y eucalipto años antes de permitir la sucesión secundaria del bosque natural.

Dentro de la parcela Qi1 el mayor aporte de área basal fue por parte de *Hampea appendiculata* con 23,17% seguido por 19,30% de *Viburnum costaricanum* heliófita durable y 8,70% de *Myrcine coriaceae* perteneciente al grupo de heliófitas efímeras, lo que confirma que el sitio Figuerola parece estar dominado por especies de sucesión temprana.

En la parcela Qi2 las tres especies con mayor aporte al área basal fueron *Aiouea pittieri* (Lauraceae) esciófita con 28,46% dispersada por frugívoros, *Myrcine coriaceae* con 13,19% y *Q. insignis* con 7,92% considerada esciófita. En una cronosecuencia de un bosque nuboso tropical montano en Oaxaca, México, del Castillo y Pérez-Ríos [62] encontraron que semillas de especies dispersadas por animales aumentaron en número con la edad de los estadíos y que las semillas de especies de estadíos de sucesión tardía fueron raras en estadíos de sucesión temprana, por lo que la dominancia de especies esciófitas y dispersadas por animales señala que este sitio ha avanzado a en su estadío de sucesión. Además, Muñiz-Castro et al. [61] encontraron que las especies con limitaciones de dispersión como las dispersadas por animales grandes o por gravedad como *Q. insignis* comenzaron a establecerse después de los 10 años de abandono del sitio y comenzaron a aumentar su representación en el área basal a lo largo de la cronosecuencia hasta dominar el área basal en los estadíos de sucesión tardía.

Cobertura de dosel

Al comparar los porcentajes de cobertura de dosel por especie se obtuvo que no hay diferencias significativas entre los valores de cobertura para las parcelas entre especies ($F_{2,29} = 2,927$, $P = 0,0695$) (Figura 7). Al realizar las comparaciones pareadas de Bonferroni, las especies entre las cuales la prueba se acercó más a tener diferencias significativas fue entre *D. salicina* y *Q. insignis* ($P = 0,066$) lo que se pudo percibir en los sitios de las parcelas donde para la parcela Ds1 y Ds3 había aberturas en el dosel y gran cantidad de bejucos cuya presencia se puede deber a claros ocasionados por alguna perturbación [63] y un dosel más cerrado en las parcela Qi1 y Qi2, donde para la segunda el área basal tenía importante fracción de especies esciófitas o tolerantes a la sombra como se menciona en el apartado anterior.

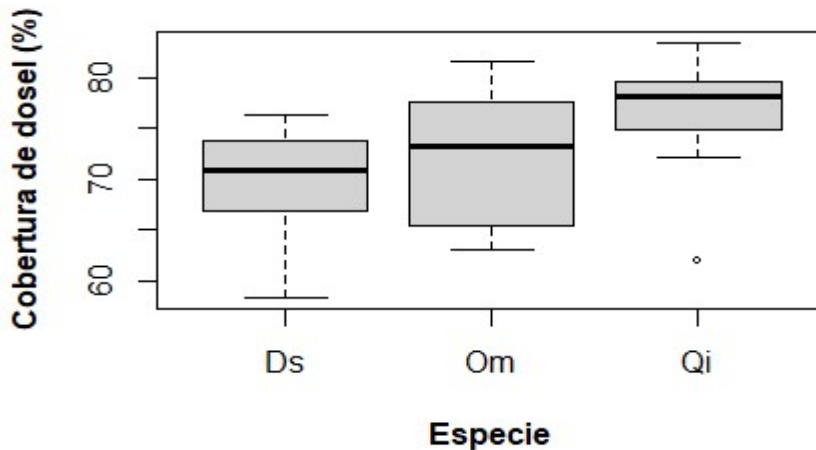


Figura 7. Comparaciones de medias de porcentaje de cobertura de dosel (%) entre *D. salicina*, *Q. insignis* y *O. monteverdensis*.

Al comparar los porcentajes de cobertura de dosel entre parcelas (Figura 8), se obtuvo que hay diferencias significativas entre los valores estimados ($F_{7,24} = 2,97$, $P = 0,02165$). Se determinaron diferencias entre medias para las parcelas Om1, Qi1 y Qi2 con respecto a Ds1 (probabilidades $P < 0,05$ respectivamente), indicando que los porcentajes de cobertura del dosel para Om1, Qi1 y Qi2 son mayores que los de la parcela Ds1. Al aplicar la prueba post hoc Tukey para comparar pares de parcelas entre sí, los resultados indicaron que no hay diferencias significativas entre medias de porcentaje de cobertura de parcelas, lo que se puede deber a que el tamaño de la muestra es pequeño y es más difícil detectar diferencias o a que las diferencias entre grupos no son grandes.

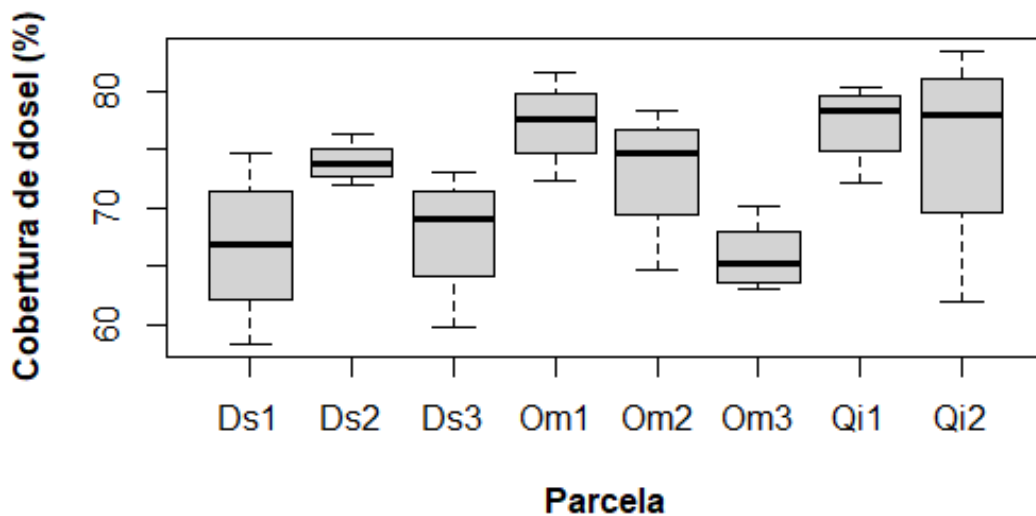


Figura 8. Comparaciones de medias de porcentaje de cobertura de dosel (%) entre parcelas de *O. monteverdensis* (Om1, Om2, Om3), *D. salicina* (Ds1, Ds2, Ds3) y *Q. insignis* (Qi1 y Qi2).

Conclusiones

La mayor cantidad de individuos de las tres especies estudiadas se agrupó en las clases diamétricas inferiores indicando que las masas boscosas se encuentran en estadios tempranos de sucesión. Las curvas de distribución diamétrica para las especies en estudio y su abundancia indican que en los sitios identificados se da buena regeneración natural de las mismas.

Las comparaciones entre comunidades de las parcelas establecidas indicaron que hay poca similitud entre sitios resaltando la alta diversidad florística en el paisaje.

En la mayoría de las parcelas las especies heliófitas tienden a dominar la mayoría del espacio.

Los resultados remarcan la importancia de los bosques secundarios en la regeneración natural de especies en condiciones vulnerables

Recomendaciones

Establecer mayor cantidad de parcelas en cada sitio para tener datos que representen mejor a las poblaciones y poder hacer inferencias de mayor alcance.

Estudiar la distribución espacial de la regeneración de *O. monteverdensis*, *D. salicina* y *Q. insignis* en relación con los árboles madre o productores de semillas.

Estudiar cómo se ve afectado el comportamiento del pájaro campana por las actividades humanas, en relación con su alimentación y papel de dispersor de semillas en la región de Monteverde .

Monitorear los individuos de las especies en estudio en los sitios de regeneración identificados para conocer sus comportamientos con respecto al paso hacia siguientes categorías de tamaño, permanencia en el bosque y mortalidad.

Agradecimientos

Agradezco al Instituto Monteverde por permitirme conocer el proyecto Mi Ocotea y su proyecto de reforestación con especies nativas, así como permitirme aprender con este trabajo y dar un aporte al conocimiento de estas especies en peligro, también a todas las personas que me brindaron su apoyo en el trabajo de campo, a Daniela con toda la logística, a don Eladio con su valioso aporte en la identificación de las especies y a don Dev que siempre nos acompañó, apoyó en el trabajo y brindó transporte, gracias por que me inspiran con su compromiso con la conservación del tesoro natural de Monteverde. Igualmente quiero agradecer a doña Elieth y a don Humberto por recibirme con tanto cariño en su casa los días de mi estadía.

También a la Escuela de Ingeniería Forestal por proveer todo el equipo e insumos para el trabajo de campo durante todos los años como estudiante y a todos los profesores que han brindado las bases para mi formación con su dedicación, compromiso y paciencia, en especial a mi profesor tutor Branko este año 2023 que fue de gran ayuda en el desarrollo de este trabajo.

Por último, le agradezco a todas las personas que me han impulsado durante todos estos años a continuar y a mi mamá por darme la oportunidad de estudiar y aprender tanto.

Referencias

- [1] D.N. Karger, M. Kessler, M. Lehnert and W. Jetz, "Limited protection and ongoing loss of tropical cloud forest biodiversity and ecosystems worldwide," *Nature Ecology & Evolution*, vol. 5, no. 6, pp. 854-862
- [2] K. Fairchild, "Elevation, habitat structure and Monteverde bird communities,"
- [3] T. Toledo-Aceves, J.G. García-Franco, G. Williams-Linera, K. MacMillan and C. Gallardo-Hernández, "Significance of remnant cloud forest fragments as reservoirs of tree and epiphytic bromeliad diversity," *Tropical Conservation Science*, vol. 7, no. 2, pp. 230-243.
- [4] N.T. Wheelwright and N.M. Nadkarni, "Monteverde: ecología y conservación de un bosque nuboso tropical,"
- [5] J.S. Brandt and R.C. Buckley, "A global systematic review of empirical evidence of ecotourism impacts on forests in biodiversity hotspots," *Current Opinion in Environmental Sustainability*, vol. 32, pp. 112-118.
- [6] R.E. Gray & R.M. Ewers, "Monitoring forest phenology in a changing world," *Forests*,
- [7] B.G. Freeman and A.M. Class Freeman, "Rapid upslope shifts in New Guinean birds illustrate strong distributional responses of tropical montane species to global warming," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, no. 12, pp. 4490-4494.
- [8] E.M. Rehm, "Rates of upslope shifts for tropical species depend on life history and dispersal mode," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 111, no. 17, pp. E1676.
- [9] E.M. Rehm and K.J. Feeley, "The inability of tropical cloud forest species to invade grasslands above treeline during climate change: potential explanations and consequences," *Ecography*, vol. 38, no. 12, pp. 1167-1175.
- [10] C. Emer, M. Galetti, M.A. Pizo, P.R. Guimaraes Jr, S. Moraes, A. Piratelli and P. Jordano, "Seed-dispersal interactions in fragmented landscapes—a metanetwork approach," *Ecol.Lett.*, vol. 21, no. 4, pp. 484-493.
- [11] C. Weng, K. Yang, C. Hsieh, C. Hsieh and M. Su, "Local neighborhood communities in the understory play a critical role by affecting regeneration niches and subsequent community assembly in a montane cloud forest," *Ecol.Res.*, vol. 32, pp. 821-833.

- [12] J. D. Joslin, W. A. Haber y D. Hamilton, (2023,junio,1). *Quizarrá blanco*. The IUCN List of Threatened Species [En línea] Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T48724260A117762662.en>.
- [13] UICN. (2023, junio, 1). *The IUCN Red List of Threatened Species, Quizarrá Blanco*. [En línea] Disponible en: <https://www.iucnredlist.org/species/48724260/117762662#geographic-range>
- [14] D. Hamilton, R. Singleton and J.D. Joslin, "Resource tracking and its conservation implications for an obligate frugivore (*Procnias tricarunculatus*, the three-wattled bellbird)," *Biotropica*, vol. 50, no. 1, pp. 146-156.
- [15] R. Condit, (2023, 6, 1), *Nectandra salicina*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2019. [En línea] Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T36134A151962033.en>
- [16] D. Quesada (comunicación personal) 2023.
- [17] Tropicos.org. Missouri Botanical Garden (2023, oct, 28), *Damburneya salicina* (C.K. Allen) Trofimov & Rohwer. [En línea] Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/100450140>
- [18] Tropicos.org. Missouri Botanical Garden (2023, oct, 28), *Quercus insignis* M. Martens & Galeotti. [En línea] Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/13100166>
- [19] D. Jerome, (2018, julio, 1). *Quercus insignis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2018: e.T194177A2302931. . [En línea] Disponible en: <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-1.RLTS.T194177A2302931.en>
- [21] M. de la Luz Avendaño-Yáñez, L.R. Sánchez-Velásquez, J.A. Meave and M. del Rosario Pineda-López, "Is facilitation a promising strategy for cloud forest restoration?" *For.Ecol.Manage.*, vol. 329, pp. 328-333.
- [22] M. Holmgren, L. Gómez-Aparicio, J.L. Quero and F. Valladares, "Non-linear effects of drought under shade: reconciling physiological and ecological models in plant communities," *Oecología*, vol. 169, pp. 293-305.
- [23] [1] K.D. Holl, M.E. Loik, E.H. Lin and I.A. Samuels, "Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment," *Restor.Ecol.*, vol. 8, no. 4, pp. 339-349.
- [24] E.S. Ramírez-Bamonde, L.R. Sánchez-Velásquez and A. Andrade-Torres, "Seedling survival and growth of three species of mountain cloud forest in Mexico, under different canopy treatments," *New Forests*, vol. 30, pp. 95-101.

- [25] G. Ke and M.J. Werger, "Different responses to shade of evergreen and deciduous oak seedlings and the effect of acorn size," *Acta Oecol.*, vol. 20, no. 6, pp. 579-586.
- [26] B.S. Collins and L.L. Battaglia, "Microenvironmental heterogeneity and *Quercus michauxii* regeneration in experimental gaps," *For.Ecol.Manage.*, vol. 155, no. 1, pp. 279-290.
- [27] Q. Li and K. Ma, "Factors affecting establishment of *Quercus liaotungensis* Koidz. under mature mixed oak forest overstory and in shrubland," *For.Ecol.Manage.*, vol. 176, no. 1, pp. 133-146.
- [28] J.M. Riley and R.H. Jones, "Factors limiting regeneration of *Quercus alba* and *Cornus florida* in formerly cultivated coastal plain sites, South Carolina," *For.Ecol.Manage.*, vol. 177, no. 1, pp. 571-586.
- [29] R. Thadani and P.M.S. Ashton, "Regeneration of banj oak (*Quercus leucotrichophora* A. Camus) in the central Himalaya," *For.Ecol.Manage.*, vol. 78, no. 1, pp. 217-224.
- [30] A.S. Adams and L.K. Rieske, "Herbivory and fire influence white oak (*Quercus alba* L.) seedling vigor," *For.Sci.*, vol. 47, no. 3, pp. 331-337.
- [31] R.M. Callaway and F.W. Davis, "Recruitment of *Quercus agrifolia* in central California: the importance of shrub-dominated patches," *Journal of Vegetation Science*, vol. 9, no. 5, pp. 647-656.
- [32] E.S. Gardiner and J.D. Hodges, "Growth and biomass distribution of cherrybark oak (*Quercus pagoda* Raf.) seedlings as influenced by light availability," *For.Ecol.Manage.*, vol. 108, no. 1, pp. 127-134.
- [33] C. Bonfil and J. Soberón, "*Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its re-introduction in a disturbed Mexican landscape," *Applied Vegetation Science*, vol. 2, no. 2, pp. 189-200
- [34] F. López-Barrera, R.H. Manson, M. González-Espinosa and A.C. Newton, "Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest–edge–exterior gradients," *For.Ecol.Manage.*, vol. 225, no. 1, pp. 234-244.
- [35] N. Ramírez-Marcial, A. Camacho-Cruz, M. González-Espinosa and F. López-Barrera, "Establishment, survival and growth of tree seedlings under successional montane oak forests in Chiapas, Mexico," *Ecology and conservation of Neotropical montane oak forests*, pp. 177-189.
- [36]. R. A. Bolaños y V. Watson. *Mapa ecológico de Costa Rica*. San José, Costa Rica: Centro Científico Tropical, 1993.

- [37] G.P. Sáenz and B. Finegan, "Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal," *Manejo Forestal Tropical (CATIE)*(no.15) 8 p.
- [38] L.R. Holdridge. *Ecología basada en zonas de vida*. San José, Costa Rica: IICA ,1987.
- [39] R.A. Guzmán Gutiérrez, "Caracterización y clasificación de especies forestales en gremios ecológicos en el bosque sub-húmedo estacional de la región de Lomerío, Santa Cruz, Bolivia," .
- [40] R-Core-Team. (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria. Disponible en <https://www.r-project.org/>
- [41] M.H. Badii, J. Landeros and E. Cerna, "Patrones de asociación de especies y sustentabilidad (Species association patterns and sustainability)," *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 3, no. 1, pp. 632-660.
- [42] B. Finegan, "Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano, recuperación de la biodiversidad y producción sostenible de madera," pp. 106–119, 1997.
- [43] R. Condit, S.P. Hubbell, J.V. Lafrankie, R. Sukumar, N. Manokaran, R.B. Foster and P.S. Ashton, "Species-area and species-individual relationships for tropical trees: a comparison of three 50-ha plots," *J.Ecol.*, pp. 549-562.
- [44] M.R. Guariguata and R. Ostertag, "Sucesión secundaria," *Ecología y conservación de bosques neotropicales*, pp. 591-623
- [45] M.S.M. Salazar, B. Vilchez, R.L. Chazdon, M.O. Gutiérrez, E.O. Malavasi and M.G. Bonilla, "Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico de Osa, Costa Rica," *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 9, no. 23, pp. 19-28.
- [46]. M.T. Nascimento and J. Proctor, "Population dynamics of five tree species in a monodominant *Peltogyne* forest and two other forest types on Maracá Island, Roraima, Brazil," *For.Ecol.Manage.*, vol. 94, no. 1-3, pp. 115-128.
- [Martram]
- [47] M. Martínez-Ramos and E. R. Álvarez-Buylla, "Seed dispersal and patch dynamics in tropical rain forests: a demographic approach," vol. 2, no. 3, pp. 223–229, 1995.
- [48] M.H. Badii, J. Landeros and E. Cerna, "Patrones de asociación de especies y sustentabilidad (Species association patterns and sustainability)," *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 3, no. 1, pp. 632-660.

- [49] A. Oluyinka Christopher, "Comparative analyses of diversity and similarity indices of west bank forest and block a forest of the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) Ibadan, Oyo State, Nigeria," *International journal of forestry research*, vol. 2020, pp. 1-8.
- [50]. Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (2023, Oct 28) *Myrsine coriacea* (Sw.) R. Br. ex Roem. & Schult2023, [En línea] Disponible en: <http://www.tropicos.org/Name/22000644?projectid=66>
- [51] [1] P.V. Pompeu, M.A.L. Fontes, R.M.d. Santos, P.O. Garcia, T.A. Batista, W.A.C. Carvalho and A.T.d. Oliveira Filho, "Floristic composition and structure of an upper montane cloud forest in the Serra da Mantiqueira Mountain Range of Brazil," *Acta Botanica Brasilica*, vol. 28, pp. 456-464.
- [52]. A. Häger, "The effect of climate and soil conditions on tree species turnover in a Tropical Montane Cloud Forest in Costa Rica," *Revista de Biología Tropical*, vol. 58, no. 4, pp. 1489-1506.
- [53] D.C. Vanegas and J.C.C. Alvarado, "Tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de vegetación en tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica," *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, vol. 10, no. 25, pp. 1-12.
- [54]. H. Lamprecht, *Silvicultura en los trópicos. Ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. República Federal de Alemania: GTZ.
- [55]. B. Finegan, "El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas", *Coleccion Silv. Manejo Bosques Nat.*, Serie técnica, n.º 188, p. 28, 1992.
- [56] D. H. Janzen, "Herbivores and the number of tree species in tropical forests," vol. 104, no. 940, pp. 501–528, 1970.
- [57] J. H. Connell, "On the role of natural enemies in preventing competitive exclusion in some marine animals and in rain forest trees," vol. 298, no. 312, 1971.
- [58] H. S. Ballina-Gómez, S. Iriarte-Vivar, R. Orellana, and L. S. Santiago, "Crecimiento, supervivencia y herbivoría de plántulas de *Brosimum alicastrum* (Moraceae), una especie del sotobosque neotropical," vol. 56, no. 4, pp. 2055–2067, 2008.
- [59] M. Flórez-P and L. Raz, "Population structure and spatial pattern of *Brosimum alicastrum* in the dry forest of the Caribbean region of Colombia," *Caldasia*, vol. 41, (1), pp. 152-164, 2019. Available: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/population-structure-spatial-pattern-brosimum/docview/2211939373/se-2>. DOI: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v41n1.71307>.

[60] C. M. Peters and B. Mundial, *The ecology and management of non-timber forest resources*. World Bank Washington, DC, 1996.

[61] M. A. Muniz-Castro, G. Williams-Linera, and M. Martínez-Ramos, "Dispersal mode, shade tolerance, and phytogeographical affinity of tree species during secondary succession in tropical montane cloud forest," vol. 213, pp. 339–353, 2012.

[62] R. F. Del Castillo and M. P. Ríos, "Changes in seed rain during secondary succession in a tropical montane cloud forest region in Oaxaca, Mexico," vol. 24, no. 4, pp. 433–444, 2008.

[62] K. D. Holl, "Factors limiting tropical rain forest regeneration in abandoned pasture: Seed rain, seed germination, microclimate, and soil 1," vol. 31, no. 2, pp. 229–242, 1999.

[63]. [1] E. Fallas-Montero and B. Vílchez-Alvarado, "Regeneración de un bosque secundario afectado por el Huracán Otto en Costa Rica," *Revista de Biología Tropical*, vol. 69, no. 2, pp. 717-732.

Anexos

Anexo 1. Lista de árboles identificados en las parcelas de *O. monteverdensis* (Om 1, Om 2 y Om 3)

Om 1	Parcela Om2	Om3
<i>Acnistus arborescens</i>	<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Aiouea tonduzii</i>
<i>Aiouea tonduzii</i>	<i>Cedrela tonduzii</i>	<i>Bourreria costaricensis</i>
<i>Beilschmiedia brenesii</i>	<i>Cestrum panamensis</i>	<i>Bunchosia macrophylla</i>
<i>Casearia tonduzii</i>	<i>Cestrum sp</i>	<i>Bunchosia veluticarpa</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>	<i>Casearia tacanensis</i>
<i>Cestrum panamense</i>	<i>Coffea arabica</i>	<i>Cedrela tonduzii</i>
<i>Daphnopsis americana</i>	<i>Cupania glabra</i>	<i>Cestrum sp</i>
<i>Eugenia monteverdensis</i>	<i>Erythroxylum macrophyllum</i>	<i>Cordia cymosa</i>
<i>Hampea appendiculata</i>	<i>Eugenia monteverdensis</i>	<i>Eugenia monteverdensis</i>
<i>Musa sp</i>	<i>Guarea glabra</i>	<i>Hampea appendiculata</i>
<i>Nectandra membranaceae</i>	<i>Hampea appendiculata</i>	<i>Inga sp</i>
<i>Ocotea floribunda</i>	<i>Myrcine coriaceae</i>	<i>Meliosma idiopoda</i>
<i>Ocotea monteverdensis</i>	<i>Nectandra membranaceae</i>	<i>Myrcia sp</i>
		<i>Nectandra</i>
<i>Ocotea tenera</i>	<i>Ocotea monteverdensis</i>	<i>membranaceae</i>
<i>Ocotea whitei</i>	<i>Ocotea whitei</i>	<i>Ocotea floribunda</i>
<i>Persea americana</i>	<i>Palicourea padifolia</i>	<i>Ocotea monteverdensis</i>
<i>Piper auritum</i>	<i>Piper amalago</i>	<i>Ocotea tonduzii</i>
<i>Pisonia sylvatica</i>	<i>Piper lanceolata</i>	<i>Ocotea whitei</i>
<i>Pouteria exfoliata</i>	<i>Piper sp</i>	<i>Piper sp</i>
<i>Prunus cornifolia</i>	<i>Pouteria exfoliata</i>	<i>Piperaceae</i>
<i>Psychotria sp</i>	<i>Prunus cornifolia</i>	<i>Plinia salticola</i>
<i>Sapium glandulosum</i>	<i>Psychotria monteverdensis</i>	<i>Xylosma intermedia</i>
<i>Sorocea trophoides</i>	<i>Sapium glandulosum</i>	
<i>Stemmadenia alfari</i>	<i>Sideroxylon portoricense</i>	
<i>Tapirira mexicana</i>	<i>Sorocea trophoides</i>	
	<i>Styrax argenteus</i>	
	<i>Trichilia havanensis</i>	
	<i>Viburnum costaricanum</i>	

Anexo 2. Lista de árboles identificados en las parcelas de D. salicina (Ds 1, Ds 2 y Ds 3).

Ds 1	Parcela Ds 2	Ds 3
<i>Alstonia pittieri</i>	<i>Acanthaceae</i>	<i>Cestrum sp</i>
<i>Chionanthus panamensis</i>	<i>Chamaedorea tepejilote</i>	<i>Chamaedorea costaricana</i>
<i>Cinamomum costaricanum</i>	<i>Coffea arabica</i>	<i>Citharexylum costaricensis</i>
<i>Conostegia xalapensis</i>	<i>Cupania sp</i>	<i>Coffea arabica</i>
<i>Cupania glabra</i>	<i>Damburneya salicina</i>	<i>Conostegia xalapensis</i>
<i>Damburneya salicina</i>	<i>Dendropanax sp</i>	<i>Crossopetalum tonduzii</i>
<i>Erythroxyllum macrophyllum</i>	<i>Faramea sp</i>	<i>Croton niveus</i>
<i>Inga marginata</i>	<i>Inga sp</i>	<i>Cupressus sp</i>
<i>Inga punctata</i>	<i>Myrcianthes "Black Fruit"</i>	<i>Damburneya salicina</i>
<i>Lonchocarpus oliganthus</i>	<i>Piper amalago</i>	<i>Daphnopsis costaricensis</i>
<i>Malpighia glabra</i>	<i>Pisonia silvatica</i>	<i>Dendropanax arboreus</i>
<i>Myrcia splendens</i>	<i>Psychotria sp</i>	<i>Erythrina macrophylla</i>
<i>Myrcianthes sp</i>	<i>Solanum sp</i>	<i>Erythroxyllum macrophyllum</i>
<i>Nectandra membranacea</i>	<i>Sorocea trophoides</i>	<i>Eucalyptus sp</i>
	<i>Thouinidium</i>	
<i>Psychotria quinquerradiata</i>	<i>decandrum</i>	<i>Lasianthaeae fruticosa</i>
<i>Psychotria sp</i>	<i>Zygia sp</i>	<i>Montanoa guatemalensis</i>
<i>Solanum brenesii</i>		<i>Myrcia splendens</i>
<i>Xylosma intermedia</i>		<i>Ocotea floribunda</i>
		<i>Panopsis costaricensis</i>
		<i>Pricamnia antidesma</i>
		<i>Psychotria monteverdensis</i>
		<i>Psychotria quinquerradiata</i>
		<i>Psychotria sp</i>
		<i>Solanum brenesii</i>
		<i>Sorocea trophoides</i>
		<i>Symplocos sp</i>
		<i>Trichilia havanensis</i>
		<i>Xylosma intermedia</i>
		<i>Zanthoxylum monophyllum</i>
		<i>Zanthoxylum setulosum</i>

Anexo 3. Lista de árboles identificados en las parcelas de *Q. insignis* (Qi 1 y Qi 2).

Parcela	
Qi 1	Qi 2
<i>Bunchosia veluticarpa</i>	<i>Aiouea pittieri</i>
<i>Cedrela tonduzii</i>	<i>Beilschmiedia brenesii</i>
<i>Cestrum panamensis</i>	<i>Cestrum sp</i>
<i>Cestrum sp</i>	<i>Chamaedorea pinnatifrons</i>
<i>Cinnamomum tonduzii</i>	<i>Coffea arabica</i>
<i>Cinnamomun costaricanum</i>	<i>Conostegia oerstediana</i>
<i>Citharexylum costaricensis</i>	<i>Eugenia monteverdensis</i>
<i>Conostegia oerstediana</i>	<i>Myrcine coriacea</i>
<i>Cupania glabra</i>	<i>Myrsia sp</i>
<i>Eugenia monteverdensis</i>	<i>Ocotea monteverdensis</i>
<i>Hampea appendiculata</i>	<i>Palicourea padifolia</i>
<i>Myrcine coriacea</i>	<i>Persea americana</i>
<i>Nectandra membranacea</i>	<i>Piper lanceolatum</i>
<i>Ocotea floribunda</i>	<i>Piper sp</i>
<i>Ocotea monteverdensis</i>	<i>Psychotria chiriquensis</i>
<i>Prunus cornifolia</i>	<i>Quercus insignis</i>
<i>Quercus insignis</i>	<i>Roupala glaberrima</i>
<i>Sideroxylum portoricense</i>	<i>Saurauria montana</i>
<i>Sorocea trophoides</i>	<i>Sideroxylon portoricense</i>
<i>Styrax argenteus</i>	<i>Siparuna grandiflora</i>
<i>Tapirira mexicana</i>	<i>Symplocos brenesii</i>
<i>Viburnum costaricanum</i>	<i>Tapirira mexicana</i>

Anexo 4. Rama de brinzal de *Ocotea monteverdensis*.



Anexo 5. Latizal bajo de *Ocotea monteverdensis*.



Anexo 6. Rama de *Damburneya salicina* con un fruto.



Anexo 7. Regeneración natural de *Quercus insignis*.

