

Universidad de Costa Rica

Escuela de Biología

**“Diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las
Chorreras, Heredia”**

**Memoria de Práctica Dirigida para optar por el grado de Licenciatura en
Biología con énfasis en Botánica.**

Andrés Araya Brenes

2005

Esta memoria de práctica dirigida fue ac
Trabajos Finales de Graduación en Biología de la Universidad de Costa
Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciado.

M. Sc. Eladio Chaves Salas
Director de Práctica Dirigida.



Dr. José F. Di Stéfano Gandolfi
Asesor.



Lic. Víctor Meza Picado
Asesor.



Dr. Elmer G. García
Asesor.

M. Sc. Daniel Briceño L.
Director Escuela de Biología.



Andrés Araya Brenes
Candidato.

Prefacio

Esta memoria de Práctica Dirigida fue escrita de acuerdo con el reglamento de la Comisión de Trabajos Finales de Graduación de la Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica.

Se presenta en un solo capítulo el cual sigue las normas de presentación de manuscritos de la Revista de Biología Tropical.

Reconocimientos

Eladio Chaves, por su paciencia y dedicación a pesar de sus nuevas responsabilidades, y por asumir con gusto el papel de nuevo director para este proyecto...

José F. Di Stefano, por recordarme constantemente que un trabajo debe quedar bien hecho, no sólo por los aspectos académicos, sino para obtener satisfacción personal...

Víctor Meza, por aceptar formar parte de este grupo en uno de sus complicados momentos...

Elmer García, por dejar un poco de lado sus compromisos de fin de semestre para dedicarse a revisar el presente documento...

William Fonseca, por todos sus comentarios y recomendaciones a pesar de sus ahora múltiples compromisos internacionales...

William Hernández, Mario Vega, José Vargas, Jorge Gonzáles y Luis Rodríguez, por su importante colaboración en el trabajo de campo...

A la Municipalidad de Heredia, por incluirme en un proyecto en beneficio de mi propia comunidad...

... y finalmente...

A todo el personal del INISEFOR, por su apoyo y colaboración durante todo este tiempo, y por hacerme sentir parte de una familia que va más allá de lo estrictamente académico...

Resumen

Andrés Araya Brenes

Diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las Chorreras, Heredia, Costa Rica.

Tesis Biología. -San José, C.R.:
A. Araya B., 2005
116h.: 7il.-80refs.

Palabras claves: Diversidad florística, regeneración natural, estructura forestal, *Cupressus lusitanica*, sustitución forestal, ambiente lumínico.

Director de investigación: M. Sc. Eladio Chaves Salas

Unidad Académica: Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Se estudió la diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las Chorreras, San Rafael de Heredia. El área se caracteriza por poseer un mosaico de vegetación compuesto por sectores de bosque natural secundario y una plantación ornamental de ciprés. La finca es propiedad de la Municipalidad de Heredia, entidad que planea el desarrollo de un complejo recreativo y agro-turístico en la zona, mediante el aprovechamiento de la madera de ciprés y su posterior sustitución con especies nativas. El estudio comprendió tres áreas de investigación: 1) Diversidad de la regeneración natural, 2) Uso potencial de las

especies forestales y 3) Análisis de la cantidad y calidad lumínica. De acuerdo a la diversidad florística se encontró una alta riqueza de especies, pero con una baja abundancia. Se halló además una mayor cantidad de fustales en los sectores de bosque natural, pero mayor cantidad de brinzales y latizales en la plantación de ciprés; esto evidencia procesos más fuertes de regeneración natural en esta última área, siendo *Cornus disciflora* la especie de mayor peso ecológico. Respecto al uso forestal, se estableció que Finca Las Chorreras posee especies con potencial de manejo y aprovechamiento, destacándose *C. disciflora*, *Ocotea mollicella*, *Quercus oocarpa* entre otras. El análisis sobre el ambiente lumínico determinó que existe una variación significativa entre las áreas de bosque natural y plantación de ciprés por separado; sin embargo, no se encontraron diferencias a la hora de comparar entre la totalidad de ambas unidades de bosque. La homogenización de las condiciones lumínicas no ha provocado por lo tanto diferencias en la regeneración natural de la vegetación. Es frecuente por lo tanto encontrar especies comunes para ambas unidades de bosque, principalmente aquellas de carácter heliófito. Estos resultados en conjunto, serán de suma importancia a la hora de establecer los parámetros de manejo para la Finca Las Chorreras; en donde se recomienda la implementación de un programa estructurado de repoblación forestal, una vez que inicie la etapa de extracción del ciprés. Además resulta necesario el establecimiento de un sistema de parcelas permanentes para monitorear los distintos efectos ecológicos de los procesos regenerativos y sucesionales que ocurran en el futuro.

Índice general

Página

1. Introducción

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación de la investigación.....	8
1.3 Objetivos de la investigación.....	10

2. Sitio de estudio.....11

3. Metodología

3.1 Diversidad de la regeneración natural.....	13
3.1.1. Establecimiento de las parcelas de muestreo.....	13
3.1.2. Mapeo de la finca.....	15
3.1.3. Estimación de la diversidad.....	15
3.2 Uso potencial de las especies forestales.....	16
3.3 Análisis cuantitativo de la cantidad y calidad lumínica.....	17

4. Resultados

4.1. Descripción general de la finca por carriles de muestreo.....	19
4.2 Estimación de la diversidad.....	22
4.3 Uso potencial de las especies forestales.....	34
4.4 Análisis de la cantidad y calidad lumínica.....	36

5. Discusión

5.1 Estimación de la diversidad.....	42
5.2 Uso potencial de las especies forestales.....	53
5.3 Análisis cuantitativo de la cantidad y calidad lumínica.....	57

6. Conclusiones y recomendaciones.....65

7. Bibliografía.....69

8. Apéndices.....84

Índice de Ilustraciones

	Página
Fig. 1. Ubicación de carriles y parcelas en Finca Las Chorreras, San Rafael, Heredia.....	24
Fig. 2. Curva área-especie para la totalidad del área muestreada en Finca Las Chorreras.....	25
Fig. 3. Número total de especies e individuos por carril (C) y parcela (P) para bosque natural.....	26
Fig. 4. Número total de especies e individuos por carril (C) y parcela (P) para plantación de ciprés.....	27
Fig. 5. Número total de especies y número total de individuos por carril.....	30
Fig. 6. Distribución por clase diamétrica para los fustales muestreados en Finca Las Chorreras. BN (Bosque Natural), PC (Plantación de Ciprés).....	34
Fig. 7. Promedio de destellos para cada parcela según unidad de bosque, BN (Bosque Natural), PC (Plantación de Ciprés).....	41

Índice de cuadros

	Página
Cuadro 1. Total de individuos por tamaño y tipo de bosque para cada parcela en Finca Las Chorreras, Heredia.	23
Cuadro 2. Especies únicas y compartidas para cada unidad de bosque.....	28
Cuadro 3. Coeficiente de similitud de Jaccard entre ambas unidades de bosque....	29
Cuadro 4. Número total de individuos por carril según tamaño.....	29
Cuadro 5. Índices de Valor de Importancia para los Fustales medidos en Bosque Natural.....	31
Cuadro 6. Índices de Diversidad y Cociente de Mezcla para los Fustales medidos en Bosque Natural.....	32
Cuadro 7. Índices de Valor de Importancia para los Fustales medidos en Plantación de Ciprés.....	33
Cuadro 8. Índices de Diversidad y Cociente de Mezcla para los Fustales medidos en Plantación de Ciprés.....	33
Cuadro 9. Valor de las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para Bosque Natural.....	37
Cuadro 10. Valor de las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para Plantación de Ciprés.....	38
Cuadro 11. Promedio para cada una de las variables lumínicas obtenidas con el GLA para ambos tipos de bosque.....	40

Resumen

Andrés Araya Brenes

Diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las Chorreras, Heredia, Costa Rica.

Tesis Biología. -San José, C.R.:

A. Araya B., 2005

116h.: 7il.-80refs.

Palabras claves: Diversidad florística, regeneración natural, estructura forestal, *Cupressus lusitanica*, sustitución forestal, ambiente lumínico.

Director de investigación: M. Sc. Eladio Chaves Salas

Unidad Académica: Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica.

Se estudió la diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las Chorreras, San Rafael de Heredia. El área se caracteriza por poseer un mosaico de vegetación compuesto por sectores de bosque natural secundario y una plantación ornamental de ciprés. La finca es propiedad de la Municipalidad de Heredia, entidad que planea el desarrollo de un complejo recreativo y agro-turístico en la zona, mediante el aprovechamiento de la madera de ciprés y su posterior sustitución con especies nativas. El estudio comprendió tres áreas de investigación: 1) Diversidad de la regeneración natural, 2) Uso potencial de las

especies forestales y 3) Análisis de la cantidad y calidad lumínica. De acuerdo a la diversidad florística se encontró una alta riqueza de especies, pero con una baja abundancia. Se halló además una mayor cantidad de fustales en los sectores de bosque natural, pero mayor cantidad de brinzales y latizales en la plantación de ciprés; esto evidencia procesos más fuertes de regeneración natural en esta última área, siendo *Cornus disciflora* la especie de mayor peso ecológico. Respecto al uso forestal, se estableció que Finca Las Chorreras posee especies con potencial de manejo y aprovechamiento, destacándose *C. disciflora*, *Ocotea mollicella*, *Quercus oocarpa* entre otras. El análisis sobre el ambiente lumínico determinó que existe una variación significativa entre las áreas de bosque natural y plantación de ciprés por separado; sin embargo, no se encontraron diferencias a la hora de comparar entre la totalidad de ambas unidades de bosque. La homogenización de las condiciones lumínicas no ha provocado por lo tanto diferencias en la regeneración natural de la vegetación. Es frecuente por lo tanto encontrar especies comunes para ambas unidades de bosque, principalmente aquellas de carácter heliófito. Estos resultados en conjunto, serán de suma importancia a la hora de establecer los parámetros de manejo para la Finca Las Chorreras; en donde se recomienda la implementación de un programa estructurado de repoblación forestal, una vez que inicie la etapa de extracción del ciprés. Además resulta necesario el establecimiento de un sistema de parcelas permanentes para monitorear los distintos efectos ecológicos de los procesos regenerativos y sucesionales que ocurran en el futuro.

1. Introducción.

1.1 Antecedentes

La subsistencia humana depende directa o indirectamente de la vegetación, ya sea por alimento, refugio, combustible o salud. Por lo tanto, los estudios en biodiversidad vegetal se han vuelto más importantes en todos los niveles de interés. Medir, monitorear y mantener la diversidad vegetal es más que necesario para la supervivencia de la humanidad (Lund *et al.* 1995). La biodiversidad no sólo representa la variedad y variabilidad entre los organismos vivientes, sino que además se relaciona con las complejidades ecológicas en las que estos se desenvuelven. Puede definirse como el número de diferentes ítems y su frecuencia relativa, los cuales pueden organizarse desde secuencias de ADN hasta ecosistemas completos (Smitinand 1995).

La descripción de la estructura vegetal de los bosques ha sido uno de los pasos básicos para comprender las interacciones y dinámicas que permiten el mantenimiento de su diversidad (Duivenvoorden 1996, Gentry 1988). Sin embargo, los estudios florísticos para la descripción de formaciones de vegetación tropical se complican inmensamente por la extrema diversidad de especies de la región, problemas taxonómicos, logísticos y escasez de tiempo disponible (Gálvez *et al.* 2001).

El continente americano a su vez presenta la mayor extensión y diversidad de zonas boscosas tropicales en el mundo (Whitmore 1997), incluyendo bosques muy húmedos, estacionales y montanos (FAO 1993). En Costa Rica, la estructura arbórea de sus bosques ha sido detallada en amplios estudios de varias regiones, destacándose el Pacífico Norte, la Zona Atlántica y los robledales en las zonas altas (Glander y Nisbett 1994, Hartshorn y Hammel 1994, Kappelle 1996).

Sin embargo, el avance de la frontera agrícola, la colonización no dirigida, así como la explotación selectiva de los bosques han provocado la alteración de importantes extensiones de bosque primario (Myers 1988). Lo anterior ha desembocado en el establecimiento de grandes áreas con diferentes tipos de ecosistemas entre los que se encuentra el bosque secundario, del que se estima existen más de 400 000 ha y que en la actualidad representan la mayor porción del recurso forestal del país (COSEFORMA 1998). Esto se debe a que inclusive en estas áreas de bosque secundario existe una constante renovación de la masa boscosa, la cual se asocia con cambios en la composición florística de los árboles de gran porte por medio de mecanismos de regeneración natural (Mata y Quevedo 1992).

El comportamiento de la regeneración natural en un bosque está determinado por la calidad de su composición florística y la de sus alrededores, ya que el proceso no se desarrolla de manera uniforme ni simultánea (Ramírez 2000). De acuerdo con Hale (2004) existen ciertos requerimientos para que la regeneración

natural sea exitosa, entre ellos un adecuado banco de semillas, buenas condiciones microclimáticas, así como espacio suficiente para la competencia entre la vegetación.

Aunque en las regiones tropicales usualmente se asume que la recuperación por regeneración natural de las áreas degradadas se lleva a cabo en una escala de tiempo relativamente corta, algunas veces los procesos resultan retrasados por barreras físicas o biológicas (Lugo 1988, Nepstad *et al.* 1991). Para medir la biodiversidad por lo tanto, existen muchas fuentes de variación que deben ser considerados en el diseño de procedimientos de muestreo y monitoreo (Fonseca y Vásquez 1999), encontrándose entre los más importantes las etapas de crecimiento de los individuos ya que los números, la abundancia y la rareza de una especie individual pueden cambiar a través de las etapas de su vida (Burley y Gauld 1995).

La formación de claros en el bosque producto de la caída de árboles grandes juega un papel muy importante en esta dinámica (Clark y Clark 1987), caracterizándose por la invasión inicial del área por un número reducido de especies colonizadoras efímeras que luego empiezan a ser reemplazadas por especies tolerantes a la sombra (Whitehead 1982). Las especies pioneras que son raras en la mayoría de las zonas inalteradas pueden extenderse rápidamente, mientras especies que fueron comunes anteriormente se vuelven raras o se extinguen (Koop *et al.* 1995).

Desde hace más de una década diversas iniciativas han incrementado el nivel de conocimiento sobre aspectos ecológicos de un considerable número de especies maderables nativas (Calvo y Arias 2002). Sin embargo esto se ha puesto en práctica en muy pocos proyectos, como por ejemplo los de reforestación (Morera 2002). Hoy en día se estima que se han plantado poco más de 170 000 ha (Herrera 2003), principalmente de teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*), ciprés (*Cupressus lusitanica*) y jaúl (*Alnus acuminata*) concentradas las dos últimas mayoritariamente en las tierras circundantes al Valle Central (Murillo *et al.* 2002).

De estas especies plantadas, el ciprés se ha convertido en la más importante para las zonas más allá de los 1600 msnm, no sólo por su alta capacidad adaptativa sino también por el éxito que tuvieron las plantaciones en otras áreas a nivel mundial (Chinchilla 1989). Sin embargo, existe controversia a causa del posible efecto alelopático que esta especie puede producir debido a la acidez causada por la acumulación de acículas en el suelo, lo que podría inhibir el establecimiento de plántulas de especies nativas (Lines y Fournier 1979, Chaverri *et al.* 1998, Cavelier y Santos 1999).

Por lo tanto, el manejo que se ha dado a las plantaciones forestales no se ha dirigido hacia procesos que contribuyan a la regeneración natural de bosques manejados (Guariguata 1998), lo que ha provocado que otras especies con valor potencial sean subutilizadas o eliminadas en muchas áreas para favorecer el

crecimiento de las ya conocidas (Flores y Obando 2003). Con el incremento de las dinámicas introducidas por el ser humano dentro de los bosques, la biodiversidad en término de número de especies puede declinar, mantenerse o incluso incrementarse, con nuevas especies que pueden invadir el bosque y producir alteraciones clave (Koop *et al.* 1995).

A pesar de lo anterior el sector forestal de Costa Rica ha experimentado cambios importantes en los últimos años, que han llevado a incentivar la reforestación con especies nativas (Quirós *et al.* 2002). Se ofrecen así interesantes posibilidades para la producción de bienes y servicios (Calvo y Arias 2002), además de favorecer la restauración de los bosques buscando armonizar el crecimiento del sector forestal y el desarrollo de las comunidades (Quirós *et al.* 2002). Se busca un manejo sostenible de los bosques como una estrategia para disminuir la tasa de deforestación en los trópicos (Bowles *et al.* 1998), mediante diversas técnicas para el aprovechamiento de la madera, la regeneración del bosque y la conservación de la diversidad (Guariguata 1998).

Aún así, existe poca evidencia que sugiera que la regeneración de los bosques se garantice simplemente creando áreas de conservación dentro de las zonas que han sido intervenidas (Guariguata 1998), sobre todo en aquellas que poseen una alta importancia ecológica (refugio de especies) o que sean aledañas a cursos de agua (IUCN 1992) principalmente porque la regeneración natural se ve

afectada por factores tanto bióticos (macro y micro-organismos) como abióticos, principalmente el clima y el suelo (Ramírez 2000).

Según Kabakoff y Chazdon (1996) uno de los factores más determinantes de esta dinámica es el acceso a la luz, pues la cantidad que logra ingresar más allá del dosel es limitada por causa de la heterogeneidad del bosque; esto conlleva a complejos mecanismos de competencia durante las diferentes etapas de la sucesión (Fetcher *et al.* 1994, Chazdon *et al.* 1996). Debido a esta heterogeneidad o estratificación de ambientes, las plantas desarrollan diferentes estrategias para obtener un mejor acceso a los recursos (Lambers *et al.* 1998).

Más allá de la regeneración natural, los distintos ambientes lumínicos dentro de un bosque afectan de manera directa otros procesos de suma importancia para las plantas como la estructura y la productividad (Englund *et al.* 2000). Por lo tanto, el conocer la estructura lumínica de un área permitirá determinar la forma en que las plantas tratan de aprovechar tan valioso recurso (Hogan y Machado 2002) derivando en grandes variaciones estructurales que pueden ser cuantificadas de manera directa o indirecta (Svenning 1999).

La fotografía hemisférica es una técnica óptica indirecta que ha sido ampliamente utilizada en estudios de estructura del dosel y de transmisión de luz a través del bosque (Fraser *et al.* 1999); permite no sólo manejar una gran cantidad

de datos, sino que estos pueden relacionarse con aquellos obtenidos por medio de algunos equipos de medición (sensores de radiación, estaciones meteorológicas, entre otros) para llevar a cabo estudios más complejos que traten de explicar la dinámica de crecimiento del bosque (Chazdon *et al.* 1996, Englund *et al.* 2000).

Además, es útil para medir cambios a través del tiempo en los ambientes lumínicos del bosque (Rich *et al.* 1993, Martens *et al.* 1993), gracias al desarrollo de programas para el análisis de las imágenes que permiten calcular parámetros como apertura del dosel y ángulos solares, así como estimar las cantidades de radiación que atraviesan el dosel (Chazdon y Field 1987). Es una técnica adecuada para realizar estudios a largo plazo, en donde se comparan sitios dentro de una misma área geográfica (Rich *et al.* 1993); de esta manera las investigaciones científicas relacionadas con el aprovechamiento de los bosques logran tener una base más fuerte, buscando además minimizar los efectos negativos sobre la diversidad biológica y la regeneración de los bosques tropicales (Rice *et al.* 1997).

1.2 Justificación de la investigación

La justificación del presente trabajo se basa en la necesidad de comprender más a fondo los procesos que rigen la regeneración natural dentro de un bosque secundario y que determinan los niveles de complejidad del mismo, mediante una investigación que propicie la participación multidisciplinaria entre entidades académicas y gubernamentales.

Para este proyecto el estudio se justifica como una herramienta para iniciar un proceso de sustitución de la especie *Cupressus lusitanica* Mill. (ciprés) por especies forestales autóctonas, el cual forma parte de un plan a largo plazo que la Municipalidad de Heredia ha diseñado para impulsar un desarrollo más enfocado hacia el turismo en la Finca Las Chorreras. El proyecto será puesto en práctica a partir del año 2005 como una obra de carácter social a mediana escala en beneficio de la comunidad de Heredia bajo el título "Establecimiento de una oferta recreativa, deportiva y agro-turística sustentable en el Parque Las Chorreras" (Municipalidad de Heredia 2005).

Según la Municipalidad, el parque Las Chorreras se encuentra subutilizado en un 96% y no representa una fuente de ingresos importante para la institución. Se pretende entonces ampliar y diversificar la oferta de servicios bajo un concepto sustentable, orientado hacia la generación de empleo y el máximo aprovechamiento de los recursos naturales; además de garantizar la conservación y

recuperación de las micro-cuencas existentes en el parque. Para esto se ha establecido un convenio con la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) para incluir el área en el programa de pago por servicios ambientales.

De esta manera, el presente trabajo forma parte de un proyecto de mayores dimensiones llevado a cabo por el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional (INISEFOR), al que corresponderá un posterior estudio de cuantificación, extracción y aprovechamiento de la madera, mediante la ejecución de un convenio propuesto por la Municipalidad de Heredia. El propósito del mismo será iniciar un adecuado proceso de sustitución del ciprés y la comercialización de los productos maderables, para la etapa final de construcción de las obras de infraestructura programadas en el plan de desarrollo del proyecto.

1.3 Objetivos de la investigación

Objetivo general

Evaluar la diversidad florística de la regeneración natural en Finca Las Chorreras para iniciar un proceso de sustitución de la especie *Cupressus lusitanica* Mill. (ciprés) por especies forestales autóctonas.

Objetivos específicos

Cuantificar la riqueza y abundancia de las especies leñosas nativas presentes en Finca Las Chorreras, mediante un muestreo sistemático.

Determinar las especies nativas que pueden tener uso potencial como ornamentales, medicinales o comerciales, para su posterior manejo forestal o interés recreativo por parte de la Municipalidad de Heredia.

Realizar un análisis cuantitativo de la cantidad y calidad lumínica presente en las zonas de bosque secundario y en la plantación de ciprés utilizando el método de fotografía hemisférica, para determinar su impacto sobre la regeneración natural para las especies leñosas encontradas.

2. Sitio de Estudio

El proyecto se realizó en Finca Las Chorreras, la cual es propiedad de la Municipalidad de Heredia. Esta posee una extensión de 42 hectáreas y se ubica en el cantón de Barva entre las coordenadas Lambert norte N° 226900- 227800 y Lambert oeste N° 526500 -526100 de la hoja cartográfica Barva 3346-11, a una elevación de 1710 msnm. Se caracteriza por presentar un mosaico de vegetación producto de un proceso de sucesión secundaria, que se ha desarrollado en conjunto con una plantación de *C. lusitanica* durante aproximadamente los últimos 80 años.

Esta plantación no fue planeada con fines comerciales para el aprovechamiento de su madera, por lo que no se estableció bajo ningún diseño forestal definido ni tampoco ha recibido tratamiento para su manejo. El ciprés por lo tanto, se plantó con carácter ornamental y a una densidad elevada, rodeando las áreas verdes recreativas así como a lo largo de los senderos principales. Actualmente el área ocupada por individuos de ciprés es de 18 ha aproximadamente, las cuales se encuentran distribuidas de manera no uniforme.

Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1978) este sitio es un Bosque Tropical Pluvial Premontano, con un ámbito de precipitación entre 3000 - 4000 mm anuales. El bosque natural inalterado en esta zona de vida se caracteriza

por ser siempre verde, denso, y con dos estratos de moderada altura (25 - 30 m) con abundante cantidad de epífitas (Bolaños y Watson 1993). Presenta una temperatura media entre 12 y 17 °C siendo bastante común la presencia de neblina; el período seco es corto y varía entre los meses de enero y abril. Actualmente existen alrededor de 274 845 Ha de este tipo de bosque en el país principalmente en las zonas circundantes al Valle Central (MINAE 2002).

Debido a su alta humedad, esta zona presenta limitaciones moderadas para el desarrollo de las actividades de uso del suelo, especialmente la producción de cultivos agrícolas; sin embargo, es bastante apropiado para la ganadería de tipo intensivo (Bolaños y Watson 1993). El suelo se clasifica como *Typic dystrochep*, el cual es profundo y de coloración oscura con buen contenido de materia orgánica (Andosol), que se encuentra principalmente en las zonas montañosas (Alvarado *et al.* 1978).

3. Metodología

Se llevaron a cabo paralelamente tres actividades, correspondientes a cada uno de los objetivos específicos planteados.

3.1 Diversidad de la regeneración natural.

En el estudio sólo se contemplaron especies leñosas. Para conocer la diversidad, composición y estructura de la vegetación se llevó a cabo un muestreo con parcelas circulares anidadas de tres radios distintos dependiendo del tamaño de los individuos por muestrear; estas parcelas fueron establecidas de forma temporal. Cabe destacar, como uno de los puntos de mayor importancia, el que los individuos de ciprés fueron excluidos de todos los muestreos por el hecho de formar parte del estudio a cargo del INISEFOR.

3.1.1 Establecimiento de las parcelas de muestreo.

Fueron ubicadas mediante un diseño sistemático que cubrió la totalidad de la finca con excepción de las zonas verdes y el área de estacionamiento (Fig. 1). La intensidad de muestreo empleada fue del 1.8% y en total se establecieron siete carriles con un total de 44 parcelas separadas entre sí por una distancia de 100 m de centro a centro.

En las parcelas de 1.26 m de radio se contó e identificó todos los individuos entre los 30 cm de altura hasta los 150 cm de altura. Estos se designaron como el grupo de brinzales.

En las parcelas de 2.82 m de radio se contó e identificó todos los individuos mayores a 150 cm de altura hasta 10 cm de diámetro a la altura del pecho (dap). Estos se designaron como el grupo de latizales.

En las parcelas de 5.64 m de radio se contó e identificó todos los individuos mayores a 10 cm de dap. Estos se designaron como el grupo de fustales a los que además se les midió el dap para realizar un análisis estructural que permitiera calcular diferentes parámetros como abundancia, frecuencia y dominancia entre otros. Uno de los análisis más relevantes es el de Índice de Valor de Importancia (IVI), este revela la importancia ecológica que tiene cada especie dentro del bosque y se define como la suma de la abundancia relativa, dominancia relativa y frecuencia relativa de cada una.

Se realizó además una descripción de la vegetación y topografía observada para cada carril, con el fin de obtener una visión general del área en estudio más allá de aquella comprendida dentro del muestreo.

3.1.2 Mapeo de la finca.

Paralelamente se procedió a realizar un mapa de la finca delimitando las áreas de bosque natural secundario y plantación de ciprés, incluyendo otros elementos topográficos presentes como quebradas o senderos. Este mapa se elaboró en conjunto con los investigadores del INISEFOR mediante el programa *Arc View* en su versión 3.1.

Se determinó como bosque natural aquellas áreas en las que no se encontrara ningún individuo de ciprés dentro del radio establecido para el grupo de fustales, y como plantación de ciprés aquellas en las que se encontrara por lo menos un árbol de esta especie dentro del mismo radio máximo. Para efectos del presente trabajo, a la totalidad de las parcelas de cada tipo de vegetación se le denominará "Unidad", ya sea de bosque natural o de plantación de ciprés.

3.1.3 Estimación de la diversidad.

Como parte de la evaluación de la estructura de la vegetación se estimó la diversidad utilizando los siguientes índices:

El Índice de Shannon-Wiener se calculó como $H' = -\sum P_i \ln P_i$, siendo P_i la proporción de individuos de la especie i .

El Índice de Dominancia de Simpson se calculó mediante la expresión $D = \frac{1}{\sum(n(n-1)/N(N-1))}$ donde n es el número de individuos de una especie y N es el número de individuos total.

Además, se evaluó el Coeficiente de Similitud de Jaccard que se expresa como $S_j = a/a+b+c$; donde a es el número de especies en las muestras A y B, b es el número de especies únicas en la muestra B y c es el número de especies únicas en la muestra A.

Se determinó el Cociente de Mezcla, que se define como $CM = S/N$, donde S es el número de especies encontradas y N la cantidad de individuos totales en un área determinada.

3.2 Uso potencial de las especies forestales.

Las muestras recolectadas fueron identificadas con el apoyo de Luis Jorge Poveda y Pablo Sánchez, investigadores del herbario Juvenal Valerio de la Universidad Nacional; quienes colaboraron con la información necesaria para determinar cuáles especies poseen alguna importancia para su posterior manejo. Para esto se utilizaron además fuentes bibliográficas así como la información presente en la base de datos del herbario de la Universidad Nacional y el de la Universidad de Costa Rica. De esta manera se recopiló la información necesaria para iniciar la sustitución de las especies introducidas e impulsar nuevas

estrategias de uso para la Finca Las Chorreras, con el fin de promover un mayor desarrollo ecoturístico.

3.3 Análisis cuantitativo de la cantidad y calidad lumínica.

Se elaboró el análisis cuantitativo de la cantidad y calidad lumínica presente en cada parcela, para lo cual se utilizó el método de fotografía hemisférica. Para esto se escogieron al azar 12 parcelas de bosque natural y 12 de plantación de ciprés. En el centro de cada parcela se tomaron dos fotografías, buscando que las mismas quedaran con un adecuado balance en el brillo o subexpuestas (0 ó 0/-) para evitar resplandores excesivos a la hora del positivado.

Se utilizó una cámara profesional de tipo manual (Nikon ID-9) con película blanco y negro (Kodak Tri-X ISO 400), así como un lente fotográfico de “ojo de pez” el cual tiene un campo óptico de 180°. Las fotografías fueron reveladas de forma manual utilizando productos Kodak y posteriormente fueron digitalizadas utilizando un escáner fotográfico.

Para el análisis correspondiente a las fotografías se usó el programa *Gap Light Analyzer* (GLA) en su versión 2.0. Se estimaron los siguientes parámetros: porcentaje de luz transmitida directa (% L.T.Dir.), porcentaje de luz transmitida difusa (% L.T.Dif.), porcentaje de luz transmitida total (% L.T.Tot), índice de área foliar (I.A.F.) y porcentaje de apertura de dosel (% Ap. Dosel).

Se realizó una prueba de covarianza para determinar cuáles de las cinco variables anteriores se encontraban más relacionadas entre sí y posteriormente se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) para resumir los datos. Por último se efectuó un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías utilizando los resultados del ACP como variable respuesta y como variable predictora el porcentaje de apertura del dosel. Cabe destacar que los datos se manejaron por aparte para cada unidad de bosque, con el programa estadístico JMP IN en su versión 4.0.4.

El programa GLA se usó para determinar una sexta variable, la frecuencia de destellos lumínicos la cual fue analizada por aparte. En este caso el programa brinda información sobre el número total por cada dos minutos de duración; tomándose en cuenta para el análisis aquellos encontrados en un ámbito entre dos y sesenta minutos. Los datos se tomaron para las mismas 12 parcelas de cada unidad de bosque, con el fin de obtener el promedio de número de destellos por cada parcela y realizar un análisis de varianza (ANOVA) de una vía para determinar si existían o no diferencias entre los promedios de las parcelas de cada unidad de bosque. Para efectos del análisis todos los datos se utilizaron como predictores para el grado de regeneración natural en cada unidad de bosque.

4. Resultados

4.1. Descripción general de la finca por carriles de muestreo.

Carril 1

Posee bosque natural en su mayoría, con un borde de *Pinus caribea* y *C. lussitanica* hacia el sector Este del mismo, al igual que hacia el Sur, donde inicia un tapaviento de árboles de ciprés. Con cuatro parcelas según el diseño experimental, sin embargo la parcela cuatro ubicada a 408 m se elimina por quedar en medio de una zona de charral atravesada por múltiples senderos pequeños. La distancia entre la línea del carril y la calle pública varía entre los 30 a 50 metros, por lo que fue posible encontrar especies características de ecotonos a lo largo del carril pero que no entran en ninguna de las parcelas en estudio.

Carril 2

Inició con un intercalamiento entre bosque natural y árboles de ciprés, los cuales aparecen delimitando los senderos de mayores dimensiones que atraviesan la finca en dirección Este - Oeste. Es una zona con pocas áreas abiertas y que presentó una topografía relativamente plana. Se ubicaron seis parcelas según el diseño experimental, siendo la parcela seis dominada por árboles de ciprés ya que se ubicó en la zona cercana a las áreas verdes de la finca, al costado Sur del tapaviento. Se observaron muchos árboles de ciprés caídos lo cual fue evidente

cerca de la parcela tres (a 320 m) y en el tapaviento, donde hay además parches de ciprés muerto.

Carril 3

Contiene un bosque natural intercalado con ciprés, principalmente en el extremo Norte del carril. Zona con pocas áreas abiertas y topografía plana excepto en la cuenca del río que atraviesa el carril a sus 350 m. Seis parcelas según el diseño, sin embargo la parcela seis (a 566 m) se elimina por ubicarse en una zona verde. Poca cantidad de fustales, pero con indicios de una regeneración fuerte por la gran cantidad de latizales.

Carril 4

Presentó bosque natural intercalado con ciprés, principalmente en los extremos Norte y Sur. Con siete parcelas según el diseño experimental, pero la siete (ubicada a 650 m) se eliminó debido a que se encontró en una de las zonas verdes. La tres, cuatro y cinco son exclusivamente de bosque natural, y en este caso la topografía es plana incluso en la zona de paso del cauce del río (a 455 m), con áreas semiabiertas a lo largo de todo el carril.

Carril 5

Fue el carril más extenso, con ocho parcelas según el diseño experimental, sin embargo la siete (a 634 m) se eliminó por ser atravesada por uno de los

senderos principales, y la ocho (a 734 m) por ubicarse en el extremo Sur de la finca, más allá de la zona verde. Presentó además una topografía mucho más irregular respecto a los demás carriles, y fue atravesado por el río en dos sectores (a 400 m) y (a 585 m). Se encontraron pocos árboles de ciprés excepto por un parche importante que rodea la parcela tres (a 234 m) y algunos caídos en el trayecto hacia la cuatro (334 m). Posee además áreas abiertas con otras de dosel muy cerrado.

Carril 6

Tiene un bosque natural, con árboles de ciprés en el área abierta circundante a la parcela dos (170m). Seis parcelas según el diseño, sin embargo, la mitad de ellas se eliminaron. La uno (a 70 m) por ubicarse en medio de un cauce para aguas de escorrentía, la cinco (a 470 m) por el cruce del río justo en su centro y la seis (a 570 m) por ubicarse junto a la finca anexa a las instalaciones del acueducto en un área sin vegetación. Topografía irregular con zonas abiertas en los extremos Norte y Sur del carril.

Carril 7

Es en su totalidad una zona de influencia riparia por ir paralela al margen del río. Presentó la mayor cantidad de zonas abiertas debido a la alteración producida por la construcción del acueducto. Siete parcelas en el diseño experimental, siendo eliminadas la seis (a 558 m) debido a su cercanía con el límite Oeste de la finca y la siete (a 658 m) por ubicarse entre las instalaciones del

acueducto. La topografía es muy irregular con zonas rocosas y algunos declives en el terreno, por lo que es característica la vegetación pionera. Sólo se observa ciprés en la parcela cuatro (358 m) ya que este forma la parte final del tapaviento que atraviesa la finca en dirección Noreste - Suroeste.

4.2. Estimación de la diversidad.

El cuadro 1 muestra los totales de individuos por tamaño encontrados para cada carril y parcela, así como el tipo de bosque a la que pertenece cada una. En total se encontraron 16 parcelas de plantación de ciprés y 18 de bosque natural, las cuales no forman bloques compactos o definidos de gran extensión (Fig. 1). La lista completa de datos para la cantidad de individuos por especie y por tamaño para cada parcela se presenta en el Apéndice 1. En total se encontraron 711 individuos distribuidos en 79 especies, las que a su vez se agrupan en 38 familias. Además se determinaron 13 morfoespecies, las cuales no fue posible identificar o no se logró obtener ningún tipo de muestra.

Cuadro 1. Total de individuos por tamaño y tipo de bosque para cada parcela en Finca Las Chorreras, Heredia. BN (Bosque natural), PC (Plantación de ciprés).

CARRIL	PARCELA	BRINZALES	LATIZALES	FUSTALES	TIPO
1	1	6	4	3	BN
1	2	4	13	2	BN
1	3	4	7	1	PC
2	1	4	20	3	PC
2	2	7	15	3	BN
2	3	0	2	2	PC
2	4	3	9	4	BN
2	5	6	8	3	PC
2	6	4	5	0	PC
3	1	14	24	0	PC
3	2	4	26	1	PC
3	3	13	14	3	PC
3	4	1	14	4	BN
3	5	3	13	0	PC
4	1	7	21	3	PC
4	2	8	19	0	PC
4	3	11	11	3	BN
4	4	9	16	2	BN
4	5	6	6	4	BN
4	6	11	17	1	PC
5	1	9	12	5	PC
5	2	7	9	8	BN
5	3	2	16	0	PC
5	4	6	7	6	BN
5	5	4	12	5	BN
5	6	6	5	3	BN
6	2	24	9	0	PC
6	3	2	4	5	BN
6	4	15	14	3	BN
7	1	4	18	0	BN
7	2	5	5	2	BN
7	3	0	4	4	BN
7	4	8	11	2	PC
7	5	5	11	3	BN



Simbología

	Área de protección		Parcelas de Plantación
	Bosque natural		Parcelas de Bosque Natural
	Plantaciones		Carriles
	Zona verde		Senderos
			Quebradas

Fig. 1. Ubicación de carriles y parcelas en Finca Las Chorreras, San Rafael, Heredia.
(Lamberth norte N° 226900- 227800, Lamberth oeste N° 526500 -526100).

La Figura 2 muestra la curva área - especie para la totalidad del área muestreada, donde se observa que el incremento en el número de especies en relación con el área de muestreo no presenta una reducción significativa. La curva exhibe un crecimiento exponencial que no llega a acercarse a una asíntota horizontal aún después de sobrepasar las 0,34 ha.

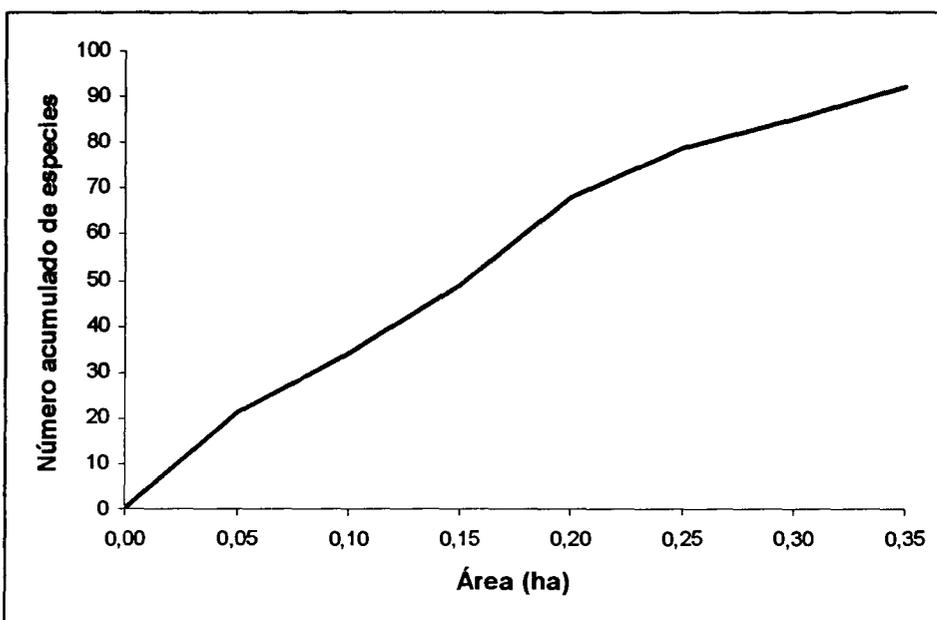


Fig. 2. Curva área-especie para la totalidad del área muestreada en Finca Las Chorreras.

El número total de especies e individuos para cada parcela en el bosque natural se presentan en la Fig. 3, donde se observan datos muy variables para número de especies que no muestran una tendencia definida (parcela 4 del carril 5) y (parcela 2 del carril 1). Respecto al número total de individuos, los valores varían entre un valor máximo de 27 (parcela 4 del carril 4) y 8 (parcela 3 del carril 7).

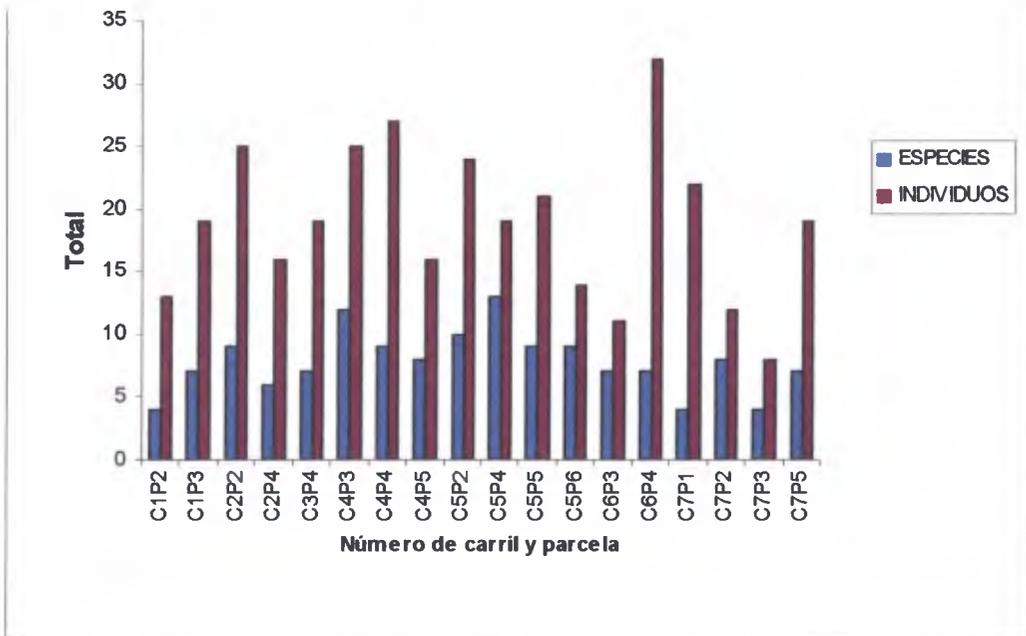


Fig. 3. Número total de especies e individuos por carril (C) y parcela (P) para el bosque natural.

Para las parcelas de plantación de ciprés se observan datos aún más dispersos especialmente para el número total de individuos, con valores máximos de 38 (parcela 1 del carril 3) y mínimos de 4 (parcela 3 del carril 2). Para el número total de especies se encuentran datos un poco más similares, desde 3 (parcela 3 del carril 2) hasta 12 (parcela 6 del carril 4 y en la parcela 1 del carril 5) (Fig. 4).

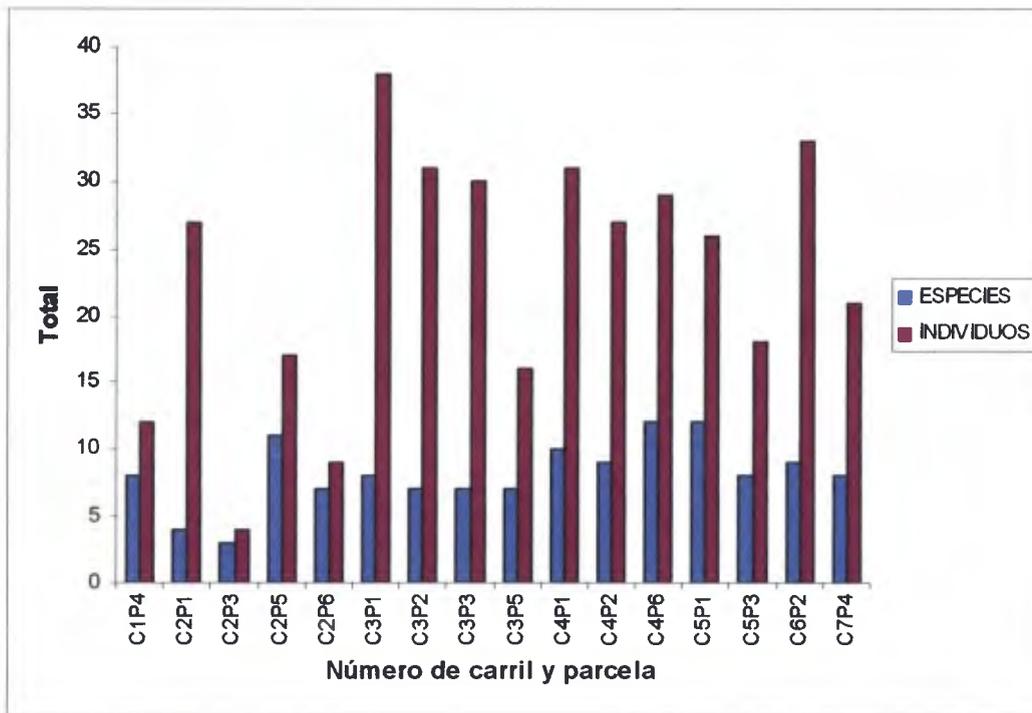


Fig. 4. Número total de especies e individuos por carril (C) y parcela (P) para plantación de ciprés.

La relación existente entre las parcelas de plantación de ciprés y bosque natural puede analizarse de manera más general al realizar un Índice de Similitud de Jaccard, el cual toma en cuenta el número de especies únicas de cada sitio y el número de especies compartidas entre ambas unidades de bosque para realizar una comparación (Cuadro 2). Los datos totales se presentan en el Cuadro 3, donde se observó que el índice de similitud fue relativamente bajo a pesar del número de especies compartidas.

Cuadro 2. Especies únicas y compartidas para cada unidad de bosque.

Bosque Natural	Plantación de Ciprés	Especies compartidas
<i>Ardisia compressa</i>	<i>Alchornea latifolia</i>	<i>Alfaroa costaricensis</i>
<i>Ardisia pleurobotrya</i>	<i>Ardisia</i> sp.	<i>Capsicum Nahum</i>
Asteraceae	<i>Beilschmiedia pendula</i>	<i>Cornus disciflora</i>
<i>Cederla tonduzii</i>	<i>Casearia</i> sp.	<i>Eugenia</i> sp.
<i>Chomelia</i> sp.	<i>Erythrina gibosa</i>	Euphorbiaceae
<i>Citharexylum caudatum</i>	<i>Gordonia</i> sp.	<i>Fraxinus uhdei</i>
<i>Conostegia</i> sp.	<i>Hedyosmun mexicanum</i>	<i>Hamelia patens</i>
<i>Eugenia costaricensis</i>	<i>Ilex palida</i>	<i>Inga oerstediana</i>
<i>Ficus</i> sp.	<i>Ilex</i> sp.	<i>Meliosma vernicoso</i>
<i>Helioarpus americanus</i>	<i>Mauria heterophylla</i>	Morfoespecie 11
<i>Ilex lamprophylla</i>	<i>Miconia</i> sp.	<i>Myrcianthes fragans</i>
<i>Malpighia</i> sp.	Morfoespecie 3	<i>Ocotea</i> sp.
Morfoespecie 1	<i>Myrcia splendens</i>	<i>Persea gesticula</i>
Morfoespecie 2	<i>Perrottetia longistyllis</i>	<i>Piper</i> 1
Morfoespecie 4	<i>Perrottetia multiflora</i>	<i>Piper</i> 2
Morfoespecie 5	<i>Psychotria</i> 2	<i>Piper</i> 3
Morfoespecie 6	<i>Quercus pilarius</i>	<i>Prunus annularis</i>
Morfoespecie 7	<i>Rollinia membranaceae</i>	<i>Psychotria</i> 1
Morfoespecie 8	<i>Sapium</i> sp.	<i>Psychotria</i> 4
Morfoespecie 9	<i>Solanum</i> 1	<i>Psychotria</i> 5
Morfoespecie 10	<i>Solanum</i> 5	<i>Quercus oocarpa</i>
Morfoespecie 12	<i>Symplocos</i> sp.	<i>Roupala montana</i>
Morfoespecie 13	<i>Viola guatemalensis</i>	Rubiaceae
<i>Ocotea mollicella</i>	<i>Wintheringia</i> sp.	<i>Schefflera</i> sp.
<i>Parathesis calophylla</i>	<i>Zanthoxylum limoncello</i>	<i>Solanum</i> 4
<i>Piper</i> 4		<i>Sorocea trophoides</i>
<i>Protium</i> sp.		<i>Syzigium jambos</i>
<i>Prunus cornifolia</i>		<i>Trichilia havanensis</i>
<i>Psychotria</i> 3		<i>Viburnum costaricanum</i>
<i>Rinorea</i> sp.		<i>Wercklea insignis</i>
<i>Salacia petenensis</i>		
<i>Solanum</i> 2		
<i>Solanum</i> 3		

Cuadro 3. Coeficiente de similitud de Jaccard entre ambas unidades de bosque.

Total de especies únicas de Bosque Natural	36
Total de especies únicas de Plantación de Ciprés	25
Total de especies compartidas	30
Índice de Jaccard	0,3297

Por otra parte, los datos pueden analizarse de una manera más general, no a nivel de parcelas sino a nivel de cada uno de los siete carriles. El Cuadro 4 muestra los totales de individuos por tamaño encontrados por carril, en donde se observa que de los 711 individuos muestreados, la mayor parte de ellos se ubican dentro de la categoría de latizales.

Cuadro 4. Número total de individuos por carril según tamaño.

CARRIL	BRINZALES	LATIZALES	FUSTALES
1	14	24	6
2	24	59	15
3	35	91	8
4	52	90	13
5	34	61	27
6	41	27	8
7	22	49	11
TOTAL	222	401	88

La Figura 5 muestra el número total de especies encontradas para cada carril en donde se evidencia que la mayor riqueza se encuentra en el cuatro, mientras la menor se presenta en el uno. Además, respecto al total de individuos por carril los números máximos pertenecen a los carriles cuatro, tres y cinco respectivamente.

En el Apéndice 2 se encuentran los datos para número total de individuos por especie para cada carril, destacando las especies más dominantes.

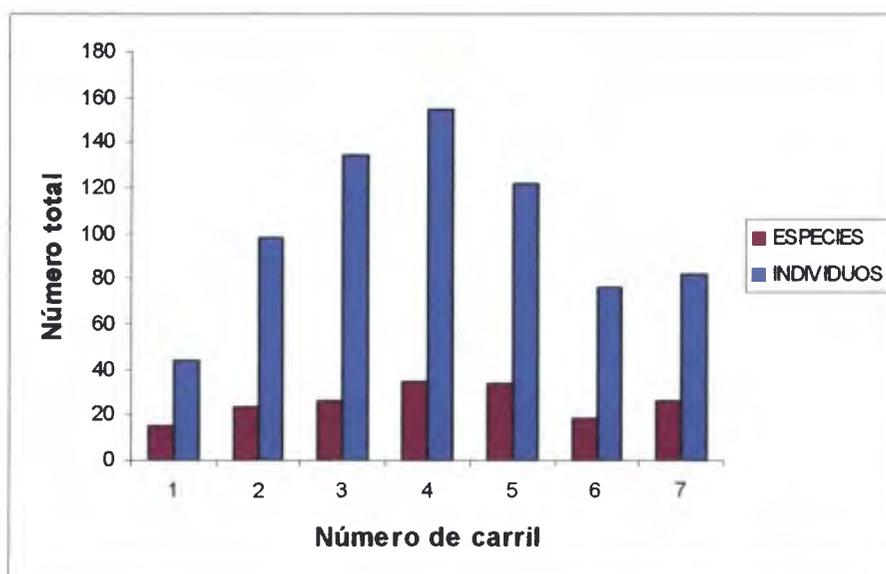


Fig. 5. Número total de especies y número total de individuos por carril.

Para el grupo de fustales se determinó el Índice de Valor de Importancia (IVI), en donde se obtiene el peso ecológico que cada especie tiene en un área específica de estudio en relación con las demás; en este caso se realizó por separado para ambas unidades.

En el bosque natural el IVI más alto lo presentó *Cornus disciflora* con un valor de 16.02%, debido a sus porcentajes para abundancia relativa (18.75%) y dominancia relativa (20.01%). El mayor porcentaje en frecuencia relativa fue para

Psychotria 1 con un 13.95%, que además mostró el segundo valor más alto para el IVI con un 9.85% (Cuadro 5).

Cuadro 5. Índices de Valor de Importancia para los Fustales medidos en Bosque Natural.

Especies Muestreadas	Abund. Abs.	Abund. %	Dom. Abs.	Dom. %	Frec. Abs.	Frec. %	IVI %
Morfoespecie 1	1	1,5625	0,0113	0,1704	0,0588	2,3256	1,3528
Morfoespecie 7	1	1,5625	0,0117	0,1761	0,0588	2,3256	1,3547
<i>Ardisia compressa</i>	1	1,5625	0,0133	0,2000	0,0588	2,3256	1,3627
<i>Myrcianthes fragrans</i>	1	1,5625	0,0139	0,2093	0,0588	2,3256	1,3658
<i>Chomelia</i> sp.	1	1,5625	0,0189	0,2843	0,0588	2,3256	1,3908
Morfoespecie 8	1	1,5625	0,0209	0,3144	0,0588	2,3256	1,4008
Morfoespecie 6	1	1,5625	0,0483	0,7279	0,0588	2,3256	1,5387
Morfoespecie 9	1	1,5625	0,0495	0,7456	0,0588	2,3256	1,5446
<i>Persea vesticula</i>	1	1,5625	0,0531	0,8000	0,0588	2,3256	1,5627
Morfoespecie 4	1	1,5625	0,1064	1,6027	0,0588	2,3256	1,8303
Myrtaceae	2	3,1250	0,0369	0,5562	0,0588	2,3256	2,0022
<i>Heliocarpus americanus</i>	2	3,1250	0,0503	0,7585	0,0588	2,3256	2,0697
<i>Quercus occarpa</i>	1	1,5625	0,1569	2,3646	0,0588	2,3256	2,0842
<i>Ocotea mollicella</i>	1	1,5625	0,1576	2,3752	0,0588	2,3256	2,0878
Morfoespecie 10	1	1,5625	0,1735	2,6142	0,0588	2,3256	2,1674
<i>Eugenia costaricensis</i>	2	3,1250	0,0970	1,4615	0,0588	2,3256	2,3040
<i>Cedrela tonduzii</i>	1	1,5625	0,2256	3,4000	0,0588	2,3256	2,4294
Morfoespecie 2	1	1,5625	0,2463	3,7113	0,0588	2,3256	2,5331
Asteraceae	2	3,1250	0,1953	2,9434	0,0588	2,3256	2,7980
<i>Citharexylum caudatum</i>	1	1,5625	0,3029	4,5639	0,0588	2,3256	2,8173
<i>Meliosma vernicosa</i>	2	3,1250	0,0622	0,9373	0,1176	4,6512	2,9045
<i>Trichilia havanensis</i>	2	3,1250	0,0745	1,1222	0,1176	4,6512	2,9661
<i>Ficus</i> sp.	1	1,5625	0,5027	7,5741	0,0588	2,3256	3,8207
<i>Schefflera</i> sp.	2	3,1250	0,4595	6,9237	0,0588	2,3256	4,1248
Morfoespecie 5	2	3,1250	0,5493	8,2771	0,0588	2,3256	4,5759
<i>Protium</i> sp.	2	3,1250	0,5527	8,3287	0,0588	2,3256	4,5931
<i>Wercklea insignis</i>	5	7,8125	0,3371	5,0801	0,1176	4,6512	5,8479
<i>Roupala montana</i>	3	4,6875	0,6789	10,2304	0,1765	6,9767	7,2982
<i>Psychotria</i> 1	9	14,0625	0,1018	1,5346	0,3529	13,9535	9,8502
<i>Cornus disciflora</i>	12	18,7500	1,3281	20,0122	0,2353	9,3023	16,0215

Por otra parte, la especie con el IVI más bajo fue la Morfoespecie 1 con un valor de 1.35%, además de presentar los porcentajes más bajos para los tres parámetros por separado. La Morfoespecie 7 se presenta también como una de las de menor peso ecológico dentro del bosque natural pero posee un valor de dominancia relativa ligeramente mayor que en la Morfoespecie 1 (Cuadro 5).

Respecto a los índices de diversidad, tanto el de Simpson como el de Shannon - Wiener (Cuadro 6) muestran valores bastante altos (0.9238 y 3.0118 respectivamente). El Cociente de Mezcla presentó un valor de 2.3 lo que hace referencia a un bosque muy diverso.

Cuadro 6. Índices de diversidad y Cociente de Mezcla para los fustales medidos en bosque natural.

Índice de Shannon	3,0118
Índice de Simpson	0,9238
Cociente de Mezcla	2,13

En la plantación de ciprés el IVI más alto lo presentó *Quercus oocarpa* con un valor de 13.51%, además presentó el mayor porcentaje para dominancia relativa (26.64%). Respecto a la frecuencia relativa *Cornus disciflora* presentó un 16.66%, especie que mostró el cuarto valor más alto para el IVI con un 10.89% (Cuadro 7). En abundancia relativa se destacan *Cornus disciflora* y la Morfoespecie 3, ambas con un porcentaje de 12.50%. La Morfoespecie 3 y *Schefflera* sp. también poseen valores elevados para el IVI. Por otra parte, se muestra que la especie con el IVI más bajo fue *Miconia* sp. con un 3.52%, además de presentar junto a otras especies los porcentajes más bajos para abundancia relativa (4.16%) y frecuencia relativa (5.55%).

Cuadro 7. Índices de Valor de Importancia para los Fustales medidos en Plantación de Ciprés.

Especies Muestreadas	Abund. Abs.	Abund. %	Dom. Abs.	Dom. %	Frec. Abs.	Frec. %	IVI %
<i>Miconia</i> sp	1	4,1667	0,0083	0,8527	0,1000	5,5556	3,5250
<i>Persea vesticula</i>	1	4,1667	0,0087	0,8862	0,1000	5,5556	3,5381
<i>Ardisia</i> sp	1	4,1667	0,0090	0,9202	0,1000	5,5556	3,5475
<i>Mauria heterophylla</i>	1	4,1667	0,0099	1,0083	0,1000	5,5556	3,5768
<i>Psychotria</i> 1	1	4,1667	0,0135	1,3794	0,1000	5,5556	3,7005
<i>Beilschmiedia pendula</i>	1	4,1667	0,0189	1,9311	0,1000	5,5556	3,8844
<i>Roupala montana</i>	1	4,1667	0,0333	3,4109	0,1000	5,5556	4,3777
<i>Zanthoxylum limoncello</i>	2	8,3333	0,0249	2,5433	0,1000	5,5556	5,4774
<i>Meliosma vernicosa</i>	2	8,3333	0,0356	3,6421	0,1000	5,5556	5,8437
<i>Viburnum costaricanum</i>	1	4,1667	0,0962	9,8462	0,1000	5,5556	6,5228
<i>Quercus pilarius</i>	2	8,3333	0,1249	12,7797	0,1000	5,5556	8,8895
<i>Cornus disciflora</i>	3	12,5000	0,0345	3,5330	0,3000	16,6667	10,8999
<i>Schefflera</i> sp	2	8,3333	0,1427	14,6020	0,2000	11,1111	11,3488
Morfoespecie 3	3	12,5000	0,1565	16,0180	0,1000	5,5556	11,3579
<i>Quercus occarpa</i>	2	8,3333	0,2604	26,6470	0,1000	5,5556	13,5120

Respecto a los índices de diversidad ambos mostraron valores un poco más bajos que en el bosque natural (Simpson= 0.9201, Shannon - Wiener= 2.6146). El Cociente de Mezcla en este caso también posee un valor menor, lo que explica una mayor diversidad (Cuadro 8).

Cuadro 8. Índices de diversidad y Cociente de Mezcla para los fustales medidos en plantación de ciprés.

Índice de Shannon	2,6146
Índice de Simpson	0,9201
Cociente de Mezcla	1,60

Por último, la distribución diamétrica presenta una dominancia de fustales en la unidad de bosque natural, mientras en la unidad de plantación de ciprés existe dominancia de brinzales y latizales (Fig. 6).

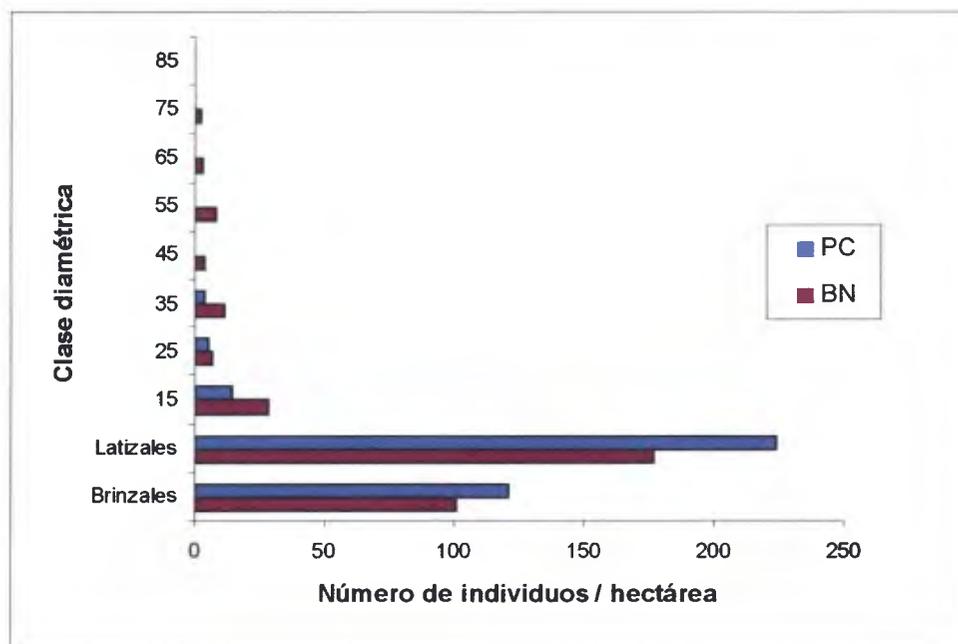


Fig. 6. Distribución por clase diamétrica para individuos muestreados en Finca Las Chorreras. BN (Bosque Natural), PC (Plantación de Ciprés).

4.3. Uso potencial de las especies forestales

Las especies encontradas en Finca Las Chorreras, según los siguientes autores, pueden agruparse en múltiples usos o actividades forestales: (Zamora 1989, Barrantes y Alfaro 1995, Zamora *et al.* 2001, Calvo y Arias 2002, CATIE 2003, Carpio 2003, Flores y Obando 2003, Jiménez *et al.* 2003, Cordero y Boshier 2004, Zamora *et al.* 2004).

Sustitución del ciprés: *Cornus disciflora*, *Fraxinus uhdei*, *Zanthoxylum limoncello*, *Cedrela tonduzii*, *Quercus spp.*

Construcción ligera: *Alchornea latifolia*, *Eugenia* spp., *Ilex* spp., *Trichilia havanensis*, *Roupala montana*, *Prunus annularis*.

Construcción pesada: *Alfaroa costaricensis*, *Beilschmiedia pendula*, *Fraxinus uhdei*, *Nectandra* spp., *Ocotea mollicella*.

Herramientas y artículos deportivos: *Alchornea latifolia*, *Sorocea trophoides*, *Eugenia* spp., *Fraxinus uhdei*, *Ilex* spp.

Ebanistería: *Alfaroa costaricensis*, *Cedrela tonduzii*, *Cornus disciflora*, *Nectandra* spp., *Protium* spp.

Recuperación de áreas degradadas: *Conostegia* spp., *Heliocarpus americanus*, *Ocotea* spp.

Investigación farmacéutica: *Virola guatemalensis*, *Piper* spp., *Ardisia compressa*, *Wintheringia* spp.

Ornamental: *Citharexylum caudatum*, *Erythrina gibosa*, *Hamelia patens*, *Psychotria* spp., *Trichilia havanensis*, *Wercklea insignis*.

Otros usos (papel, consumo animal, leña): *Casearia* spp., *Ficus* spp., *Inga oerstediana*, *Quercus oocarpa*, *Viburnum costaricanum*.

De las especies anteriores, las más recomendables debido a su abundancia son *Cornus disciflora*, *Psychotria* 1 y los *Quercus*, que además poseen árboles de gran tamaño con altas capacidades de convertirse en fuentes semilleras que aseguren la regeneración del bosque. Los datos completos así como otros usos para las especies encontradas se presentan en el Apéndice 3, en donde se incluyen además algunos de los nombres comunes.

4.4. Análisis de la cantidad y calidad lumínica.

Para el estudio de fotografía hemisférica sólo se obtuvieron datos para 11 parcelas de cada tipo de bosque, debido a que las fotografías para las dos parcelas restantes quedaron sobrepuestas. El Cuadro 9 presenta los valores de las variables obtenidas con el *Gap Light Analyzer* sobre las que se realizaron los análisis estadísticos en las parcelas de bosque natural.

Cuadro 9. Valor de las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para bosque natural.

CARRIL	PARCELA	% Ap. Dosel	I.A.F. (5)	% L.T.Dir	% L.T.Dif	% L.T.Tot
1	1	23,22	1,6	32,83	24,43	28,63
1	2	35,2	1,06	38,75	40,64	39,69
2	2	13,81	2,1	23,74	19,61	21,67
3	4	15,3	2,01	28,02	20,21	24,12
4	3	18,72	1,78	28,21	21,64	24,92
4	4	27,87	1,35	40,98	34,7	37,84
4	5	15,36	2,06	25,31	18,72	22,02
5	2	19,96	1,78	21,65	20,44	21,04
5	4	15,14	2,07	27,08	20,98	24,03
6	4	10,83	2,35	9,71	14,43	12,07
7	5	15,31	2,06	25,39	18,73	22,06

El análisis de correlación muestra que las mayores tendencias se presentan entre el % L.T.Tot y % L.T.Dir, % L.T.Tot y % L.T.Dif. y entre % L.T.Dif y % Ap. Dosel. Existen tendencias cercanas a 1, así como otras correlaciones de tipo negativo, las cuales corresponden a las variables relacionadas con el I.A.F. (Apéndice 4).

Se realizó el análisis de componentes principales para reducir el número de variables, como resultado se obtuvo que el primero explica más del 94% de la variación, aún así se tomaron en cuenta los dos primeros componentes para realizar el análisis de varianza. En el Apéndice 4 además se muestran los datos de los eigenvectores, observándose de esta forma que la relación con el valor más ajustado a la curva fue entre la variable % L.T.Dif y el Componente Principal 3 (CP3).

Posteriormente se consideró el % Ap. Dosel como la variable predictora, pues representa una de las más importantes para los análisis lumínicos en un bosque. Los resultados para ambos componentes principales fueron $F= 77.8295$; $g.l.= 2, 8$; $P< 0.0001$, por lo que existe una variación significativa entre las condiciones lumínicas de las diferentes parcelas de bosque natural.

El Cuadro 10 presenta los datos para las parcelas de plantación de ciprés. En este caso se presentan las mayores correlaciones entre las mismas variables que en el bosque natural; % L.T.Tot y % L.T.Dir, % L.T.Tot y % L.T.Dif y entre % L.T.Dif y % Ap. Dosel. Sin embargo, se presentan mayores valores que en el bosque natural para las correlaciones positivas, pero menores para las correlaciones negativas, las cuales de nuevo se deben al I.A.F. (Apéndice 4).

Cuadro 10. Valor de las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para plantación de ciprés.

CARRIL	PARCELA	% Ap. Dosel	I.A.F. (5)	% L.T.Dir	% L.T.Dif	% L.T.Tot
1	3	18,84	1,8	26,72	21,24	23,98
2	1	18,83	1,79	27,14	21,3	24,22
2	5	30,37	1,18	38,91	37,54	38,22
2	6	19,35	1,68	33,81	23,25	28,53
3	1	16,55	1,89	23,15	22,9	23,02
3	2	24,32	1,44	44,58	33,1	38,84
3	3	16,27	1,94	29,22	20,96	25,09
3	5	13,2	2,1	18,83	16,21	17,52
4	2	14,43	1,99	23,45	18,02	20,73
4	6	21,44	1,59	35,42	27,4	31,41
5	1	17,87	1,78	28,92	23,04	25,98

En el análisis de componentes principales se obtuvieron valores más altos, pues sólo el primero explica más del 95% de la variación. De nuevo se tomaron en cuenta los dos primeros para el análisis de varianza a pesar de que los eigenvectores son similares que en el bosque natural, aún así presentan una mayor relación respecto a la curva de mejor ajuste entre el % L.T.Dif y el CP3 (Apéndice 4).

Siguiendo los mismos parámetros anteriores se realizó el análisis de varianza para la plantación de ciprés. Los resultados en este caso fueron $F=10.0309$; $g.l.= 2, 8$; $P= 0.0066$ (CP1), por lo que también existe una variación significativa entre las condiciones lumínicas para las parcelas de plantación de ciprés. El CP2 no mostró resultados significativos.

Al comparar entre ambos tipos de bosque, se presentan las mayores correlaciones entre las mismas variables: % L.T.Tot y % L.T.Dir, % L.T.Tot y % L.T.Dif y entre % L.T.Dif y % Ap. Dosel. En este caso, el análisis de componentes principales muestra resultados un poco más bajos respecto al análisis para ambos tipos de bosque por separado, aún así, el primer componente explica más del 93% de la variación, lo cual es un valor muy elevado. Respecto a los eigenvectores se obtuvieron resultados muy similares a los encontrados tanto para el bosque natural como en la plantación de ciprés (Apéndice 4).

En este caso se utilizó la misma metodología anterior para realizar el análisis de varianza. Sin embargo, se presentaron resultados no significativos para ambos componentes principales $F= 0.2023$; g.l.= 1, 20; $P= 0.6352$ (CP1), $F= 0.8235$; g.l.= 1, 20; $P= 0.3750$ (CP2), de esta manera se determina que no existe una variación importante entre las condiciones lumínicas al comparar la totalidad de las dos unidades de bosque. Finalmente, se muestran los valores promedio para cada una de las variables analizadas en ambas unidades de bosque (Cuadro 11).

Cuadro 11. Promedio para cada una de las variables lumínicas obtenidas con el GLA para ambos tipos de bosque. BN (Bosque Natural), PC (Plantación de Ciprés).

TIPO	% Ap. Dosel	I.A.F. (5)	% L.T.Dir	% L.T.Dif	% L.T.Tot
BN	19.1564	1.8382	27.4245	23.1391	25.2809
PC	19.2245	1.7436	30.0136	24.0873	27.0491

Por último, con el uso de la fotografía hemisférica se determinó la frecuencia de destellos lumínicos, en este caso el GLA brinda información sobre la cantidad de acuerdo a su duración en minutos. Los datos totales cuantificados en el bosque natural se presentan en el Apéndice 4 donde se muestra que la mayoría tiene una duración de dos minutos o menos. Al aumentar la duración, su cantidad disminuye significativamente, cuyo ámbito va desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 3163. En los datos para la plantación de ciprés (Apéndice 4) se obtuvieron datos muy similares; en este caso el ámbito varía desde un mínimo de 0

hasta un máximo de 3484, con una menor cantidad de ceros que en el bosque natural.

La Figura 7 muestra los valores promedio para el número de destellos en cada parcela por unidad de bosque. Un análisis de varianza de una vía determinó que sí existen diferencias significativas entre la cantidad cuantificada para ambas unidades de bosque ($F= 9.9515$; g.l.= 1, 20; $P= 0.0049$), siendo más en promedio los que atraviesan el dosel de los árboles en la plantación de ciprés.

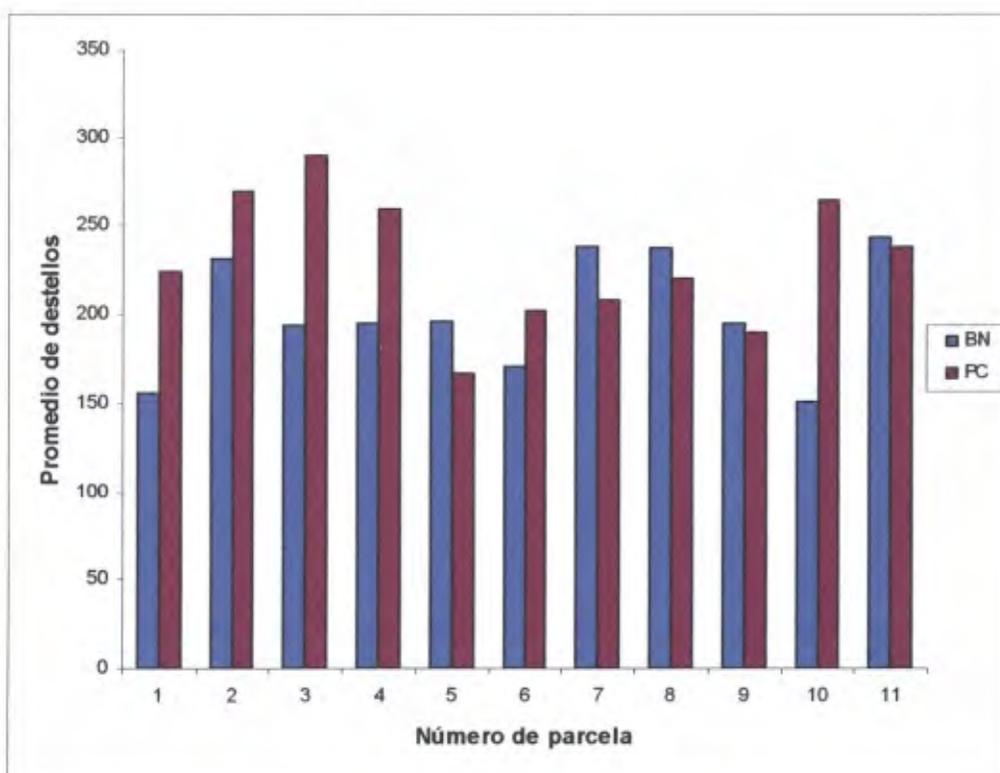


Fig. 7. Promedio de destellos para cada parcela según unidad de bosque BN (Bosque Natural), PC (Plantación de Ciprés).

5. Discusión

A pesar de que la plantación de ciprés en Finca Las Chorreras se encuentra en un avanzado estado de madurez, esta no presenta áreas compactas extensas, lo que también se cumple para las áreas de bosque natural con la diferencia de que estas se encuentran en etapas tempranas de sucesión. Como se observa en la Figura 1 el mosaico de vegetación es evidente pero proporcional, con aproximadamente 18 ha de plantación de ciprés y 19 ha de bosque natural secundario. De ahí la similitud en cuanto al número de parcelas halladas para ambas unidades de bosque.

5.1. Estimación de la diversidad

El número de especies es mayor al encontrado tanto por Chaverri *et al.* (1998) como por Gonzáles y Jarvis (2003) para el bosque muy húmedo premontano. Esto concuerda con el hecho de que las áreas de sucesión secundaria se caracterizan por poseer una mayor riqueza de especies que están en un continuo proceso de reemplazo, por lo que tienden a ser más diversas que las áreas que presentan una vegetación en estado sucesional clímax (Begon *et al.* 1996). La curva área-especie demuestra que en Finca Las Chorreras es necesario muestrear más de 0,35 ha para conocer un aproximado de su riqueza florística total, pues como se observa la gráfica no llega a acercarse a una asíntota horizontal. De esta manera

puede predecirse que la diversidad vegetal debe ser aún mayor que la encontrada (Fig. 2).

Por otra parte, en comparación con los estudios de Chaverri *et al.* (1998) y Gonzáles y Jarvis (2003) el número de familias presente en Finca Las Chorreras sí es similar. Sin embargo en este sitio la riqueza aumenta porque algunas poseen varias especies, entre estas Lauraceae, Myrsinaceae, Myrtaceae, Piperaceae, Rubiaceae y Solanaceae.

De acuerdo al número de especies e individuos los datos por parcela son bastante variables, pues cada una de ellas se encuentra bajo condiciones ecológicas diversas, como la vegetación circundante, la topografía en que se encuentre, los patrones naturales de dispersión de las especies, así como posibles efectos de borde entre otros. Existe además una tendencia a que las parcelas de plantación de ciprés tengan un mayor número de individuos en comparación con las de bosque natural.

El valor obtenido según el Cuadro 3 muestra un porcentaje bajo, demostrando que las variaciones no se presentan sólo dentro de las diferentes unidades de bosque, sino también entre ellas. De esta manera no puede decirse que las áreas de bosque natural sean similares a las de plantación de ciprés en cuanto a sus especies; sin embargo cabe mencionar el posible efecto de incluir las morfoespecies en el análisis, pues existe la posibilidad de que aquellas que sean

únicas para alguna de las dos unidades de bosque correspondan en realidad a otras especies que ya se incluyeron en la lista del Cuadro 2, lo que podría provocar que el índice de similitud aumente su valor.

Respecto al tamaño de los individuos la cantidad de brinzales y latizales encontrados durante el estudio demostró que efectivamente en Finca Las Chorreras se están llevando a cabo evidentes procesos de regeneración natural. Sin embargo, cabe destacar que muchos de los individuos pertenecen al género *Piper*, cuyas especies son invasoras de claros en el bosque, encontrándose en áreas que han sufrido disturbios severos durante lapsos prolongados de tiempo (Ventura 2002). A este tipo de vegetación se le conoce como indicadores de luz e incluyen grupos de géneros o familias seleccionadas por ser fácilmente reconocibles y que tienden a dominar la vegetación encubriendo la regeneración de las especies forestales nativas (Koop *et al.* 1995).

Además, resulta importante destacar el hecho de que el estadio de latizales fue el que presentó la mayor cantidad de individuos, cuando más bien se esperaría una mayor cantidad de brinzales. Al respecto, puede mencionarse la alteración provocada por factores antropogénicos, ya que los visitantes de la finca pueden dañar o eliminar fácilmente los brinzales de la regeneración natural, lo que puede ocurrir de manera accidental o deliberada (Meza com. pers.).

Por otra parte, la poca cantidad de individuos en la etapa de fustal pone en evidencia que la finca se encuentra en una etapa sucesional secundaria temprana, ya que existen sólo algunos individuos dominantes, principalmente del género *Quercus*. Aún así, si bien la abundancia de fustales no es muy significativa, se compensa con un gran número de individuos en las etapas juveniles, tanto en las parcelas de bosque natural como en las de plantación de ciprés; lo anterior se cumple al analizar la relación entre número de especies y número de individuos. Sin embargo, estos procesos de regeneración natural no son homogéneos pues existen muchas variaciones que pueden deberse a la topografía de la finca y al hecho de que tanto el bosque natural como la plantación de ciprés no se encuentran en unidades compactas, por lo que la regeneración se ve influenciada de forma distinta en cada parcela.

Los datos más homogéneos para número de especies en las parcelas de plantación de ciprés pueden deberse al hecho de que sólo algunas son capaces de crecer en conjunto a este tipo de vegetación, por lo que en este caso la variación encontrada es menor. Por eso en el contexto de estudios en biodiversidad de plantas Usher y Pineda (1991) recomiendan dar un mayor peso ecológico a las especies nativas que crecen en su hábitat característico, con menores valores para aquellas que crecen en otros hábitats, y valores aún más bajos (cero inclusive) para las especies introducidas.

Respecto a la estructura florística de las áreas estudiadas (determinada por el IVI) los valores encontrados presentan un ámbito variable entre ambas unidades de bosque ya que las especies que son muy importantes en un área específica pueden ser menos importantes en otras, máxime por la baja similitud encontrada como lo demostró el índice de Jaccard. A esto se suma el proceso natural de transición de las especies durante la sucesión la cual determina diferencias notables en los IVI obtenidos.

En el caso del bosque natural los IVI más altos fueron para *Cornus disciflora*, *Psychotria 1* y *Roupala montana*. *C. disciflora* es una especie de crecimiento lento que aparece en estados tardíos de sucesión secundaria, siendo además muy resistente a condiciones variadas de luz (Chaverri *et al.* 1997, Zamora *et al.* 2001). *Roupala montana* presenta una gran distribución altitudinal capaz de crecer en climas húmedos hasta muy húmedos, su crecimiento es lento pero puede desarrollarse en una amplia gama de tipos de suelo (Zamora *et al.* 2004).

Cabe destacar que una de las razones más importantes para que *C. disciflora* presentara el IVI más alto se debe no sólo a su mayor abundancia sino también a que los individuos encontrados presentaron diámetros mayores que las demás especies, lo cual eleva considerablemente la variable de dominancia relativa. Esto contrasta con los valores para *Psychotria 1*, que posee una abundancia y frecuencia altas pero presentaron diámetros menores.

Respecto a las especies con los IVI más bajos las Morfoespecies 1 y 7 presentaron los menores valores para todas las variables analizadas. En lo anterior influye no sólo el hecho de encontrar únicamente un individuo de cada especie sino también la poca dominancia que presentaron a nivel de dap.

La variedad de especies que presenta el bosque natural a nivel de fustal es notoria, sin embargo estas poseen pocos individuos que se encuentran en etapas tempranas de crecimiento, como lo demuestran los bajos valores porcentuales para dominancia relativa obtenidos. Lo anterior lleva a pensar que efectivamente el bosque natural presente en Finca Las Chorreras se encuentra en una etapa temprana de sucesión secundaria, en donde han empezado a establecerse especies maderables importantes capaces de dominar el dosel.

Estas sin embargo, se encuentran aún en estadios juveniles, a pesar de que los procesos regenerativos de la sucesión se han desarrollado durante aproximadamente 80 años. Debe considerarse al respecto el poco crecimiento en diámetro que tienen en forma general los bosques de clima frío, lo cual requiere de mayor tiempo para que los árboles logren un dap determinado (Fonseca com. pers.); además de factores como la capacidad de dispersión de los árboles, el aislamiento en que se encuentra el área, o el efecto de las condiciones edáficas o microclimáticas que ocurrieran en el pasado (Montagnini *et al.* 1999).

Por otra parte, en la plantación de ciprés los mayores IVI se obtuvieron para las especies *Quercus oocarpa*, Morfoespecie 3, *Schefflera* sp. y *C. disciflora*. Muchas especies de *Schefflera* y *Quercus* son abundantes en los bosques montanos húmedos sobre los 1400 - 1500 msnm y son tolerantes a variadas condiciones lumínicas y de suelo (Kappelle 1996). En el caso de *Q. oocarpa*, el alto valor para el IVI se debió a que presentó la mayor dominancia relativa a pesar de encontrarse muy pocos individuos durante el muestreo; sin embargo estos poseen altos valores en dap. Para las demás especies que se catalogan como importantes, los valores son el resultado de la totalidad de las variables analizadas más que por alguna de ellas en específico.

Lo anterior también es aplicable para las especies con los IVI más bajos, pues los datos son muy similares para muchas de las especies halladas, las cuales presentaron valores de 1 para la abundancia absoluta y a su vez porcentajes bajos de dominancia a nivel de dap. Es destacable que en este caso, *Psychotria* 1 y *Roupala montana* (dominantes en el bosque natural) fueron algunas de las especies menos importantes, lo cual puede deberse a diversas causas, como la variación en las condiciones del suelo por un efecto alelopático del ciprés, posibles variaciones en las condiciones lumínicas o factores como competencia o deficiencia de nutrientes (Chaverri *et al.* 1998, Cavelier y Santos 1999).

La plantación de ciprés presentó la mitad del número de especies en estadio de fustal en comparación con el bosque natural. Se encontró además una menor abundancia de individuos para cada una de ellas así como valores más bajos de la dominancia relativa. Aún así, las pocas especies encontradas demuestran la compleja dinámica de regeneración que puede observarse en los ecosistemas vegetales, en donde factores como la formación de claros dentro de las áreas de plantación, el efecto de borde y la dispersión de semillas por parte de la fauna pueden provocar cambios en la estructura florística de un área determinada, mediante un proceso de invasión y reemplazo de especies que poco a poco se torna más notorio (Fonseca y Vásquez 1999).

Los datos obtenidos con los índices de diversidad complementan los resultados de los IVI, brindando información más general acerca de ambas unidades de bosque. Para el bosque natural se observó que el índice de Shannon - Wiener concuerda con los valores obtenidos por González y Jarvis (2003) para esta zona de vida. Esta unidad de bosque se encuentra en una etapa de sucesión secundaria, en donde la diversidad aumenta conforme se avanza en los estadios sucesionales (Begon *et al.* 1996). Además, las zonas de bosque natural se encuentran en áreas que presentan una topografía más irregular debido al paso de las quebradas que atraviesan la finca.

En la plantación de ciprés el índice fue más alto de lo esperado. Probablemente por la edad que posee la plantación esta ya ha podido ser colonizada por una cantidad significativa de especies que se han adaptado a los efectos negativos producidos por el ciprés, no sólo por los ya mencionados efectos alelopáticos sino también por la gran cantidad de biomasa que se acumula como raíces, lo cual dificulta el establecimiento de plántulas de especies del bosque natural (Chaverri *et al.* 1998, Cavellier y Santos 1999). El índice de Shannon - Wiener refleja la heterogeneidad que presenta un ecosistema tomando en cuenta la diversidad y equitatividad de las especies, sin embargo tiende a subestimar las especies raras, por lo que muchas veces se vuelve inexacto (Krebs 1999).

El Índice de Simpson, indica la proporción de la abundancia de las especies encontradas (Magurrán 1988). Es una medida de dominancia en donde al incrementarse el índice, la diversidad aumenta, por lo tanto se sobrevaloran las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de las especies (Krebs 1999).

Para ambas unidades de bosque, los valores del índice de Simpson fueron similares, demostrando que a pesar de las diferencias en la diversidad de especies de fustales las unidades son bastante homogéneas entre sí. De esta manera se presenta que si los índices de Simpson son altos, se esperarían índices de Shannon - Wiener también altos, tanto en el bosque natural como en la plantación de ciprés.

Es probable sin embargo que la alta susceptibilidad que presenta el índice de Shannon - Wiener ante la abundancia de las especies dentro de una muestra, haya provocado variaciones en su valor, el cual se esperaba fuera más bajo de lo obtenido para la plantación de ciprés.

La diversidad florística está relacionada con la intensidad de mezcla dentro de un bosque (Fonseca y Vásquez 1999). Para el bosque natural se obtuvo un Cociente de Mezcla de 1/2.13, lo cual concuerda con los datos esperados para un bosque secundario premontano (González y Jarvis 2003), en donde la diversidad es alta y la abundancia de los individuos es un poco más restringida por los procesos de competencia entre las especies. Aún así, es destacable la gran abundancia de *C. disciflora* y *Psychotria* 1 en comparación con las demás especies, lo que incrementa un poco el valor del cociente.

Para la plantación de ciprés el Cociente de Mezcla obtenido fue de 1/1.60 lo cual es mucho más alto de lo esperado, ya que las plantaciones abandonadas de coníferas son conocidas por la poca diversidad de especies de bosque natural que logran colonizarlas (Cavelier y Santos 1999). Sin embargo, como se ha mencionado las condiciones ecológicas presentes en Finca Las Chorreras permiten el establecimiento de muchas de las especies del bosque natural secundario circundante que logran desarrollarse en conjunto con el ciprés. Otro de los factores más determinantes que provocaron la obtención de un cociente más alto fue el no

tomar en cuenta los individuos de ciprés, lo cual hubiese bajado el cociente por su efecto de dominancia sobre las demás especies.

Respecto a la distribución diamétrica los resultados demuestran como el bosque natural presenta especies leñosas bien establecidas (por la dominancia de fustales), a diferencia de la plantación de ciprés donde no se encontraron individuos pertenecientes a las mayores clases diamétricas. Por otra parte, se muestra como los procesos regenerativos son más importantes bajo la plantación de ciprés; la cual va siendo colonizada por otras especies, principalmente aquellas de carácter heliófito.

Además, la diferencia entre el número de latizales y el número de individuos para la primera clase diamétrica de fustales (10 cm dap) es importante. Esto podría explicarse mencionando que las alteraciones mecánicas a nivel del dosel, que permiten una mayor entrada de luz al sotobosque, han sido recientes; no sólo en la plantación de ciprés sino también en las zonas de bosque natural. Sin embargo, en estas últimas las alteraciones pudieran ser poco importantes, ya que la mayor parte de los individuos de estas áreas pertenecen a estadios juveniles de desarrollo, en donde la posibilidad de caída de ramas o fustales es menor. Otro factor de importancia es la alta densidad en la que aún se encuentra el ciprés, lo que limita el establecimiento de especies hasta el estadio de fustal (Meza com. pers.).

5.2. Uso potencial de las especies forestales.

El inventario realizado evidenció que Finca Las Chorreras posee un alto potencial para el desarrollo de proyectos de reforestación y manejo de bosque. La cantidad de especies encontradas revela una alta diversidad, comparable a la estudiada por Chaverri *et al.* (1998) y González y Jarvis (2003) para un bosque tropical pluvial premontano, máxime por la presión que en este caso ha ejercido la plantación de ciprés, la cual ha limitado el establecimiento de una mayor área de bosque secundario.

Aún así el bosque natural, que se encuentra principalmente en el sector Oeste de la finca presenta muchas especies que pueden utilizarse en distintas actividades con fines económicos. Pueden mencionarse la producción de madera y sus subproductos para diferentes industrias, el mantenimiento del recurso hídrico a largo plazo, así como la conservación de especies que puedan tener importancia en la investigación farmacéutica. Consecuentemente, el adecuado manejo de estos factores impulsaría un mayor desarrollo turístico en Finca Las Chorreras, el cual es uno de los principales objetivos de la Municipalidad de Heredia para el año 2005.

El manejo de las especies forestales nativas en Finca Las Chorreras es un proyecto plausible, siempre y cuando se lleven a consideración todos los aspectos ecológicos y socioeconómicos involucrados para que el proyecto sea sostenible. La sustitución del ciprés por especies nativas debe realizarse en varias etapas, lo que

permitirá una restauración paulatina del bosque que a su vez minimice los impactos ecológicos y paisajísticos del aprovechamiento.

Burley y Gauld (1995) recomiendan un manejo selectivo en varias intensidades, en donde pueda darse un adecuado enriquecimiento del bosque con ciertas especies deseadas luego de la fragmentación o limpieza total del área. En este caso puede utilizarse regeneración natural o artificial así como el establecimiento de plantaciones mixtas. Estas últimas promueven la regeneración de una mayor diversidad de especies en el sotobosque que las plantaciones puras, creando además una gran variabilidad de hábitats que favorecen la dispersión, germinación y crecimiento de las especies forestales (Guariguata *et al.* 1995); las plantaciones mixtas entonces poseen un valor de conservación más considerable que las plantaciones de una sola especie (Chaverri *et al.* 1997, Montagnini *et al.* 1999).

En el caso del aprovechamiento forestal, la implementación de un sistema a largo plazo depende del desarrollo de mercados para la producción; es necesario por lo tanto un adecuado estudio de factibilidad para todas las especies que se pretenda manejar, con el fin de que el proyecto sea financieramente sostenible y además produzca beneficios económicos reales. Este estudio deberá propiciar el análisis de los costos y beneficios de las técnicas a implementar durante todo su ciclo productivo; esto porque el conocimiento de los cambios en frecuencia de los

individuos con la edad es importante para determinar las estrategias óptimas de manejo y conservación para cualquier especie dentro de un ecosistema (Burley y Gauld 1995).

Por otra parte, la conservación del recurso hídrico es más que una necesidad, ya que Finca Las Chorreras es uno de los acuíferos más importantes para la zona. Por lo tanto las actividades deben concentrarse en la preservación de la cobertura boscosa que circunda las quebradas que atraviesan la finca, la cual en su mayoría corresponde a unidades de bosque natural (Fig. 1). Aquellas áreas circundadas por árboles de ciprés pueden o no mantenerse, ya que al comparar bosques naturales con plantaciones respecto al rendimiento hídrico de las cuencas los efectos pueden ser positivos, negativos o neutros pues estas dependen más de las condiciones ambientales locales (Kelliher *et al.* 1993).

Lo anterior es importante ya que el área planeada por la Municipalidad de Heredia para el aprovechamiento de la madera de ciprés es de sólo 3 ha, las cuales corresponden a las cortinas rompevientos ubicadas alrededor de las áreas verdes. Las áreas de ciprés ubicadas hacia el centro y el sector Este de la finca (Fig. 1) no se incluyen dentro del programa de aprovechamiento por lo que no recibirán impactos negativos directos.

Respecto a la investigación farmacéutica existen ciertos inconvenientes, no sólo porque estos proyectos acostumbran ser de carácter esporádico sino por el hecho de que los beneficios tienden a ser a largo plazo. Además, cabe mencionar las dificultades legales que pueden surgir por cuestiones de derecho a la propiedad intelectual así como los usos que puedan tener los componentes obtenidos de las diferentes especies utilizadas. Si se logran superar estos inconvenientes, esta área de investigación puede perfilarse como una opción viable, no sólo por su rentabilidad sino también porque en la mayor parte de los casos produce un bajo impacto en los ecosistemas.

Por lo anterior, para manejar las especies presentes en Finca Las Chorreras se vuelve factible la implementación de un programa de recolección de semillas para posteriormente iniciar la reforestación con aquellas de interés o que sean más viables para manejar. La búsqueda de buenas fuentes semilleras locales evitaría problemas de abastecimiento como los ocurridos en los años anteriores a 1992, en donde la selección de especies para reforestación dependía de la disponibilidad de individuos en estado reproductivo y no de una adecuada correspondencia especie - sitio - objetivo (CATIE 2003). Por lo tanto, resultaría importante una adecuada coordinación con la Oficina Nacional de Semillas u otras entidades relacionadas; con el fin de lograr una alta productividad en las nuevas plantaciones mediante el uso de semillas de mejor calidad genética y fisiológica, así como un manejo

silvicultural acorde con las características de las distintas especies (Chaves com. pers.).

Posteriormente debe contarse con un adecuado programa de propagación en viveros para los procesos normales de aclimatación y establecimiento de las plántulas, además, para contar con una cantidad adecuada de árboles para los procesos de reforestación. Esta etapa puede llevarse a cabo directamente en las instalaciones del INISEFOR, o bien puede establecerse un vivero de pequeñas dimensiones en algún sector de la finca.

5.3. Análisis de la cantidad y calidad lumínica.

El estudio con fotografía hemisférica presentó ciertas dificultades en su etapa de campo, debido a que las condiciones del tiempo no fueron las más adecuadas. La época del año en que se realizó esta fase del estudio (octubre y noviembre) se caracteriza por condiciones de sol excesivo en la mañana y fuertes lluvias cerca del mediodía, lo cual truncó muchos de los intentos realizados para obtener los datos. Por lo anterior, algunas fotografías resultaron sobreexpuestas, siendo necesario eliminar una parcela por cada unidad de bosque. Según Martens *et al.* (1993), las condiciones adecuadas para este tipo de estudios deben ser de cielo nublado o en horas cercanas al amanecer o atardecer, donde la cantidad de radiación solar es menor.

Los altos valores obtenidos para todos los análisis de correlación demostraron como las variables lumínicas analizadas forman parte de un complejo sistema en el cual la radiación solar se distribuye a través del dosel, en donde el mayor porcentaje es absorbido por su parte superior, en la zona de las llamadas hojas de sol que poseen mecanismos anatómicos y fisiológicos especiales para soportar un mayor índice de radiación (Lee *et al.* 1990, Chazdon *et al.* 1996). Asimismo, la poca cantidad de radiación que logra atravesar el dosel superior es captada por las hojas de sombra, las cuales tienden a ser más grandes, de lámina más delgada y con una mayor cantidad de complejos fotosintéticos para absorber la mayor cantidad de radiación posible (Boardman 1977).

La radiación solar por su parte, es alterada espectralmente al atravesar el dosel, afectando tanto la cantidad como la calidad de la radiación fotosintéticamente activa que llega al sotobosque, mediante la reflexión y transmisión de la luz por parte de las hojas (Chazdon *et al.* 1996). Es de esperarse por lo tanto que las variables de % L.T.Dir. y % L.T.Dif. estén altamente relacionadas con % L.T.Tot., pues son los componentes en los que este último se distribuye. Por otra parte, la relación entre el % L.T.Dif. y el % Ap. Dosel, se debe a que el dosel funciona además como un regulador de la radiación indirecta que logra alcanzar los estratos bajos del bosque (Lambers *et al.* 1998); en donde estos mecanismos de regulación dependen de la arquitectura misma del dosel (Boardman 1977, Lee *et al.* 1990, Lambers *et al.* 1998).

Respecto a las correlaciones más bajas, referidas al I.A.F., estas pueden explicarse debido a sus unidades, que representan valores mucho más bajos que el resto de las variables analizadas las cuales se expresan como porcentajes. Sin embargo, la medición del I.A.F. es sumamente compleja, dependiendo no sólo de la instrumentación sino también de los métodos analíticos utilizados, en donde la fotografía hemisférica provee los resultados más detallados en comparación con los obtenidos con métodos como los Sensores Lineales Cuánticos y el *Plant Canopy Analyzer* (Martens *et al.* 1993).

De acuerdo a los análisis de componentes principales, queda en evidencia como el % Ap. Dosel fue la variable más importante, no sólo por el alto valor de los eigenvalores sino también por el porcentaje acumulado que representan, tanto en el bosque natural como en la plantación de ciprés. De esta manera, aunque pudo haberse utilizado únicamente el primer componente para realizar el análisis de varianza, debido a que su resultado es sumamente favorable, se utilizaron los dos primeros; la finalidad de esto fue para darle más peso a los análisis estadísticos posteriores.

Los eigenvectores por su parte muestran datos muy dispersos en ambos casos, lo que ejemplifica que los valores obtenidos no concuerdan mucho con la curva de mejor ajuste del análisis de componentes principales, o dicho de otra forma los valores de los eigenvectores no son muy cercanos a esta. A pesar de ello

los CPI sí muestran una tendencia a poseer los valores más cercanos a la curvas para cada variable; sin embargo no es posible generalizar en este sentido, principalmente porque es posible encontrar otros valores altos dentro de las matrices en ambos casos.

Por último los resultados obtenidos en los análisis de varianza demostraron que el % Ap. Dosel sí fue una variable predictora relevante respecto a los valores de los análisis de componentes principales tomados en cuenta. Entre las razones para considerar a esta variable como una de las más importantes se encuentra el hecho de que la geometría de las copas y la arquitectura de los árboles tienen un efecto determinante en la variación espacial de la luz que atraviesa hasta el dosel bajo y el sotobosque (Canham *et al.* 1994, Schmid y Bazzaz 1994), creando una heterogeneidad o estratificación de ambientes lumínicos que cambian a través del tiempo (Lambers *et al.* 1998).

De esta forma se demuestra como las condiciones lumínicas varían a gran escala dentro de unidades de bosque definidas. Por ser de carácter secundario, la unidad de bosque natural forma parte de una constante dinámica de reemplazo de especies, en donde existe una mayor competencia entre los individuos por el uso y aprovechamiento de los recursos, produciendo diversas adaptaciones a nivel de arquitectura y fisiología (Tremmel y Bazzaz 1993).

Por otra parte, en la plantación de ciprés ocurre con una mayor formación de claros debido a la gran cantidad de árboles viejos que han caído en los años recientes, tanto por motivo de la edad de la plantación como por el hecho de que nunca haya recibido ningún tipo de manejo silvicultural. Es importante además hacer notar la gran variabilidad lumínica encontrada en las áreas de ciprés, donde se esperaban valores más altos y homogéneos para todas las variables, principalmente para el % Ap. Dosel debido a las características de una arquitectura más abierta de la copa que presenta esta especie.

La única diferencia en este caso se presentó en el análisis de varianza, en donde la no significancia para ninguno de los dos componentes principales puede deberse a múltiples factores. Entre los principales se encuentra el hecho de que las unidades de bosque no formen bloques compactos de gran extensión donde las condiciones lumínicas sean más homogéneas, debido a que las áreas son muy pequeñas o porque fueron atravesadas por los múltiples senderos o los cauces de las quebradas.

En este caso las áreas de ciprés no se ven tan afectadas, pues los niveles de apertura de dosel tienden a ser altos por la arquitectura misma de los individuos y por conformar a su vez una plantación ya establecida. En las parcelas de bosque natural sin embargo, la radiación aumenta considerablemente sus niveles al

penetrar con facilidad a los estratos más bajos, debido a la apertura del dosel en las áreas cercanas a estas.

Además, estas alteraciones ambientales producen efectos a nivel de los componentes abióticos del ecosistema, así como cambios microclimáticos directos e indirectos que afectan la abundancia de especies y los procesos de interacción entre ellas (Murcia 1995, Carabelli *et al.* 2004). De esta manera las condiciones lumínicas del bosque natural pudieron llegar a equipararse con las de la plantación de ciprés como lo demostraron los resultados del análisis de varianza.

La dinámica de destellos solares dentro del bosque, fue una de las variables más determinantes para el desarrollo de la vegetación y los procesos regenerativos, afectando principalmente el crecimiento y la supervivencia de los individuos en sus primeras etapas de desarrollo (Denslow 1980, Montgomery y Chazdon 2002). De esta forma se producen variaciones importantes en los procesos de regeneración natural, ya que según Denslow y Harsthorst (1994) la mayor heterogeneidad de ambientes lumínicos en los bosques tropicales es el componente principal para influenciar una exitosa regeneración de la vegetación.

Los destellos lumínicos son producidos no sólo por las diferencias arquitectónicas que presentó el dosel, sino también por el efecto de las condiciones ambientales, principalmente por los cambios en la cantidad de nubosidad y la

acción del viento (Lambers *et al.* 1998, Hogan y Machado 2002). En un día soleado, los destellos causan mayores diferencias en los niveles lumínicos que en los días nublados, cuando la luz es primordialmente difusa y varía en forma gradual (Battaglia 2000).

Sin embargo, estos efectos suelen ser temporales, por lo que los destellos tienden a ser en su mayoría de corta duración (Hogan y Machado 2002). Dentro de sitios de dosel cerrado las pequeñas aberturas contribuyen a disminuir la radiación total, mientras las aberturas grandes incrementan la penetración de luz difusa así como la incidencia de destellos de una duración mayor (Rich *et al.* 1993, Chazdon *et al.* 1996). Aquellos que logran perdurar por más tiempo tienden a ser producto de alteraciones de tipo mecánico en el dosel, como la remoción de epífitas, ramas pequeñas o grupos de hojas en donde pueden intervenir tanto las condiciones ambientales como ciertas especies de fauna arbórea (Canham 1988).

Por lo anterior las variaciones a nivel de frecuencia de destellos lumínicos son notorias, a pesar de que los promedios para las diferentes parcelas parecen similares. Esto fue más importante en las áreas de plantación de ciprés debido a la arquitectura de la copa, que al ser más abierta, permite una mayor entrada de luz hacia el sotobosque, de ahí el mayor valor promedio para los destellos lumínicos en esta unidad de bosque.

El análisis estadístico demostró que las diferencias en este caso sí son importantes, en contraste con lo encontrado para las demás variables lumínicas analizadas, en donde los eventos normales que ocurren en el dosel no afectan significativamente los valores de la radiación que este capta. Como consecuencia la mayor incidencia de destellos lumínicos ha permitido que los niveles que regeneración natural se incrementen aún en las áreas dominadas por el ciprés, aumentando así la diversidad florística en Finca Las Chorreras.

6. Conclusiones y recomendaciones

1) A pesar de que la plantación de ciprés se ha mantenido durante un período aproximado de 80 años, esta ha comenzado a declinar debido a la total ausencia de manejo forestal en la finca desde su establecimiento. Muchos árboles tienen daños en sus troncos siendo común el encontrar individuos caídos y parches de árboles muertos en pie.

2) Poco a poco nuevas especies ajenas al ciprés han logrado establecerse en áreas dominadas por esta especie, lo que podría desembocar a una sustitución natural a largo plazo facilitado por la mezcla existente entre ambas unidades de bosque a través de toda la extensión de la finca.

3) El inventario florístico mostró una alta diversidad de familias, en donde la mayoría presentó pocos géneros pero muchas especies. Esto es característico de un bosque en estado de sucesión secundaria en donde los individuos son reemplazados constantemente, no permitiendo el establecimiento de especies dominantes.

4) Los valores obtenidos tanto para el índice de diversidad de Shannon - Wiener como para el índice de dominancia de Simpson reflejaron datos muy heterogéneos para número de especies y número de individuos encontrados en las

distintas parcelas. Aún así ambas unidades de bosque comparten un alto número de especies a pesar de que muestran una similitud relativamente baja, como lo demuestra el valor obtenido con el índice de similitud de Jaccard.

5) A pesar de la diversidad encontrada, los fustales no presentaron una alta dominancia a nivel de dap, lo que conlleva de nuevo a pensar que muchas de las áreas de bosque natural se encuentra aún en etapas iniciales de sucesión secundaria, contrario a la plantación de ciprés cuyos individuos se encuentran en una condición de extra-madurez.

6) Respecto al Índice de Valor de Importancia, se encontraron especies que poseen un papel determinante en la dinámica forestal de la zona, ya sea por su peso ecológico total o por alguno de los factores de los cuales depende el IVI. Se destaca por ejemplo la abundancia de la especie *Cornus disciflora* o la dominancia de las especies de *Quercus*.

7) El estudio sobre la cantidad y calidad lumínica explica que si bien existe variación entre las áreas de bosque natural y plantación de ciprés por separado, no se encuentran diferencias a la hora de comparar entre la totalidad de ambas unidades de bosque. Se puede mencionar entonces que a excepción de los destellos lumínicos las demás variables analizadas no presentaron diferencias significativas.

8) La homogenización de las condiciones lumínicas no ha provocado diferencias en la diversidad de fustales, por lo que es frecuente encontrar especies comunes para ambas unidades de bosque. Por otra parte, a nivel de brinzales y latizales sí se encontró un número significativamente superior en las áreas dominadas por el ciprés, lo que evidencia que la mayor entrada de luz en forma de destellos en esta área sí ha causado diferencias importantes en la regeneración de las especies.

9) Finca Las Chorreras posee especies con potencial de manejo y aprovechamiento en favor de la comunidad de Heredia. Se recomienda la implementación de un programa estructurado de repoblación una vez que inicie la etapa de extracción del ciprés. Las especies de la zona son adecuadas y no requerirían de ensayos complejos para determinar su comportamiento y viabilidad, aún así existen muchas otras especies, ornamentales principalmente, que pueden ser adaptables a la zona.

10) Resulta necesario poner en práctica un plan de manejo tanto para las especies con las que se vaya a repoblar la zona como para aquellas ubicadas en las áreas que no serán aprovechadas. Además muchos individuos de ciprés deben ser podados o derribados de forma controlada para evitar posibles accidentes para los visitantes de la finca.

11) Por último, es importante recalcar la necesidad de contar con más estudios relacionados con la dinámica de los bosques, principalmente aquellos enfocados hacia evaluaciones de la recuperación en sus áreas degradadas. Se recomienda además el establecimiento de un sistema de parcelas permanentes para monitorear los distintos efectos ecológicos de los procesos regenerativos y sucesionales que ocurran en el futuro.

7. Bibliografía

- Alvarado, A., S. Pérez & E. Ramírez. 1978. Mapa de Asociación de sub-grupos de suelos. Hoja CR 2CM-5 San José. Escala 1: 200 000. Oficina de Planificación Sectorial Agropecuaria. San José, Costa Rica.
- Barrantes, P. & C. Alfaro. 1995. Estudio de adaptabilidad preliminar de 15 especies de altura en la Zona Sur de Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 151 p.
- Battaglia, M. 2000. The influence of overstory structure on understory light availability in a Longleaf Pine (*Pinus palustris*) forest. Tesis de Maestría en Ciencias Forestales. Universidad de Blacksburg, Virginia. Estados Unidos. 92 p.
- Begon, M., J.L. Harper & C.R. Townsend. 1996. Ecology: individuals, populations and communities. Tercera edición. Blackwell Science. Massachusetts, Estados Unidos. 1068 p.
- Bolaños, R.A. & V. Watson. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica. Hoja CR 2CM-5 San José. Escala 1: 200 000. Centro Científico Tropical. San José, Costa Rica.

Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 28: 355-377.

Burley, J. & I. Gaud. 1995. Measuring and monitoring forest biodiversity. *In: Boyle, J.B.T. & B. Boontawee (eds.). Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests. Center for International Forestry Research, Bogor, Indonesia.* 395 p.

Calvo, J. & D. Arias. 2002. Adaptabilidad y crecimiento de especies nativas de la Zona Sur de Costa Rica. *In: INISEFOR (ed.). Especies forestales nativas. Memoria del Taller - Seminario. Universidad Nacional.* 156 p.

Canham, C.D, A. Finzi, S.W. Pacala & D.H. Burbank. 1994. Causes and consequences of resource heterogeneity in forest: interspecific variation of light transmission by canopy trees. *Can. J. Forest Res.* 24: 337-349.

Canham, C.D. 1988. Growth and canopy architecture of shade-tolerant trees: response to canopy gaps. *Ecology* 69: 786-795.

Carabelli, F., S. Antequera & H. Claverie. 2004. Cambios negativos en la heterogeneidad de bosques de ciprés de la Cordillera a escala de paisaje. *Patagonia Forestal.* 10: 9-12.

Carpio, I. 2003. Maderas de Costa Rica. 150 especies forestales. Segunda Edición.

Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 338 p.

Centro Agronómico Tropical para la Investigación y Enseñanza. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en Costa Rica. Taller Regional sobre los Recursos Genéticos Forestales de Centroamérica, Cuba y México. Turrialba, Costa Rica. 79 p.

Cavelier, J. & C. Santos. 1999. Efectos de plantaciones abandonadas de especies exóticas y nativas sobre la regeneración natural de un bosque montano en Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 47: 775-783.

Chaverri, A., E. Zúñiga & E. Fuentes. 1997. Crecimiento inicial de una plantación mixta de *Quercus*, *Cornus*, *Alnus* y *Cupressus* en Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 45: 777-784.

Chaverri, A., N. Zamora, V. Aguilar & J. Gutiérrez. 1998. Regeneración de especies nativas latifoliadas y de ciprés (*Cupressus lusitanica*) bajo una plantación de ciprés en San José de la Montaña, Costa Rica. *Agron. Costarricense* 22: 7-17.

Chazdon, R.L. & C.B. Field. 1987. Photographic estimation of photosynthetically active radiation: evaluation of a computerized technique. *Oecologia* 73: 525-564.

Chazdon, R.L., R.W. Pearcy, D.W. Lee & N. Fetcher. 1996. Photosynthetic responses of Tropical Forest plants to contrasting light environments. *In*: S.S. Mulkey, R.L. Chazdon & A.P. Smith (eds.). *Tropical Forest Plant Ecophysiology*. Chapman & Hall. Nueva York. U.S.A. 675 p.

Chinchilla, O. 1989. Curvas de índice de sitio para ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en la zona de distribución artificial en Costa Rica. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales. Heredia, Costa Rica. UNA, Escuela de Ciencias Ambientales. 108 p.

Clark, A. & D. Clark. 1987. Análisis de la regeneración natural de árboles de dosel en el bosque muy húmedo tropical: aspectos teóricos y prácticos. *Rev. Biol. Trop.* 35: 41-54.

Cooperación del Sector Forestal y Maderero. 1998. Bosque secundario. Una reforestación natural. Editorial ITCR. 12 p.

Cordero, J. & D.H. Boshier. 2004. Árboles de Centroamérica. Un manual para extensionistas. OFI/CATIE. Reino Unido/Costa Rica. 1079 p.

Denslow, J.S. 1980. Gap partitioning among tropical rainforest trees. *Biotropica* 12: 47-55.

Denslow, J.S. & G.S. Hartshorn. 1994. Treefall gap environments and forest dynamic processes. *In*: McDade, L.A., K.S. Bawa, H.A. Hjespenheide & G.S. Harshorn (eds.). *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. University of Chicago Press. Chicago, U.S.A. 486 p.

Duivenvoorden, J. 1996. Patterns of tree species richness in rain forest of the Middle Caquetá Area, Colombia, NW Amazonia. *Biotropica* 28 (2): 142-158.

Englund, S., J. O'Brian & D. Clark. 2000. Evaluation of digital and film hemispherical photography and spherical densiometry for measuring forest light environments. *Can. J. For. Res.* 30: 1999-2005.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1993. Forest resources assesment tropical countries. *FAO Forestry Paper 112*. FAO. Roma, Italia. 203 p.

Fetcher, N., S.F. Oberbauer & R.L. Chazdon. 1994. Physiological ecology of plants at La Selva. *In*: McDade, L., K.S. Bawa, H.A. Hespenheide & G.S Hartshorn (eds.). La Selva: Ecology and natural history of a Neotropical Rainforest. University of Chicago Press. Chicago, U.S.A. 486 p.

Flores, E. & G. Obando. 2003. Árboles del Trópico Húmedo. Importancia Socioeconómica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 922 p.

Fonseca, K. & L. Vásquez. 1999. Restauración de la cobertura vegetal en la Reserva Forestal Monte Alto, Hojanca, Guanacaste. Tesis de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales. Heredia, Costa Rica. UNA, Escuela de Ciencias Ambientales. 104 p.

Franklin, J.F. & R.T.T. Forman. 1987. Creating landscape patterns by forest cutting: ecological consequences and principles. *Landscape Ecology* (1): 5-18.

Fraser, G. W.; C. D. Canham & K. P. Lertzman. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British

Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook. New York, U.S.A. 35 p.

Gálvez, J.R., O.R. Ordoñez & R.W. Bussmann. 2001. Estructura del bosque montano perturbado y no-perturbado en el Sur de Ecuador. *In*: Bussmann, R.W. & S. Lange. (eds.). Conservación de Biodiversidad en los Andes y la Amazonía. New York Botanical Garden, Nueva York. 324 p.

Gentry, A. 1988. Changes in plant community and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 75 (1): 1-34.

Glander, K. & R. Nisbett. 1996. Community structure and species density in tropical dry forest associations at Hacienda La Pacifica in Guanacaste Province, Costa Rica. *Brenesia* 45-46: 113-142.

González, C.E. & A. Jarvis. 2003. Tree patterns distribution on the Tropical Montane Cloud Forest, Cauca, Colombia. *Lyonia* 3 (1): 99-108.

Guariguata, M.R., R. Rheingans & F. Montagnini. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restor. Ecol.* 3: 252-260.

Guariguata, M. 1998. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. Informe técnico 304. Editorial CATIE. 30 p.

Hale, S. 2004. Managing light to enable natural regeneration in British conifer forests. Forestry Commission Information Note. Edinburgo, Inglaterra. 16 p.

Hartshorn, G. & B. Hammel. 1994. Vegetation types and floristics patterns. *In:* McDade, L., K.S. Bawa, H.A. Hespeneide & G.S. Hartshorn (eds.). *La Selva: Ecological and natural history of a Neotropical Rainforest*. University of Chicago Press. Chicago. 486 p.

Herrera, M. 2003. Comercialización de productos forestales. La madera de plantaciones forestales en Costa Rica. Cámara Costarricense Forestal. San José, Costa Rica. 16 p.

Hogan, K. & J. Machado: La luz solar, consecuencias biológicas y su medición. *In:* Guariguata, M. R. y G. H. Catan. 2002. *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Editorial Tecnológica de Costa Rica. 692 p.

Holdridge, L. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. IICA, San José, Costa Rica. 216 p.

International Union for Conservation of Nature. 1992. Conserving biological biodiversity in managed tropical forest. *In: Guariguata, M. 1998. Consideraciones ecológicas sobre la regeneración natural aplicada al manejo forestal. Informe técnico 304. Editorial CATIE. 30 p.*

Jiménez, Q., F. Rojas, V. Rojas & L. Rodríguez. 2004. Árboles de Costa Rica. *Ecología y Silvicultura. Editorial INBio. Heredia, Costa Rica. 361 p.*

Kabakoff, R. & R. Chazdon. 1996. Effects on canopy species dominance on understory light availability in low-elevation secondary forest stands in Costa Rica. *J. Trop. Ecol. 12: 779-788.*

Kappelle, M. 1996. Los bosques de roble (*Quercus*) de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica: Biodiversidad, ecología, conservación y desarrollo. Universidad de Amsterdam-INBio-CATIE. Heredia, Costa Rica. 336 p.

Kelliher, F. M., R. Leuning & E. D. Schultze. 1993. Evaporation and canopy characteristics of coniferous forests and grasslands. *Oecologia 95: 153-163.*

Koop, H., H.D. Rijksen & J. Wind. 1995. Tools to diagnose forest integrity; an appraisal method substantiated by Silvi-Star assessment of diversity and forest structure. *In: Boyle, J.B.T. & B. Boontawee. (eds.). Measuring and*

monitoring biodiversity in tropical and temperate forests. Center for international forestry research, Bogor, Indonesia. 395 p.

Krebs, C.J. 1999. Ecological Methodology. Segunda edición. Benjamin Cummings. California, U.S.A. 620 p.

Lambers, H.; F. Chapin III & T. Pons. 1998. Plant Physiological Ecology. Springer - Verlag. New York, U.S.A. 540 p.

Lee, D.W., R.A. Bone, S. Tarsis & D. Storch. Correlates of leaf optical properties in Tropical Forest sun and extreme-shade plants. Am. J. Bot. 77: 370-380.

Lines, M. & L. Fournier. 1979. Efecto alelopático de *Cupressus lusitanica* Mill. sobre la germinación de algunas hierbas. Rev. Biol. Trop. 27: 223-229.

Lugo, A.E. 1988. The future of the forest. Ecosystem rehabilitation in the tropics. Environment 30: 17-20.

Lund, G.H., D. Evans & D. Linden. 1995. Scanner, zapped, timed, and digitized! Advances technologies for measuring and monitoring vegetation diversity. In: Boyle, J.B.T. & B. Boontawee. (eds.). Measuring and monitoring

biodiversity in tropical and temperate forests. Center for international forestry research, Bogor, Indonesia. 395 p.

Magurrán, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. University College of North Wales. Londres, Inglaterra. 246 p.

Martens, S.N., S. Ustin & R. Rousseau. 1993. Estimation of tree canopy leaf area index by gap fraction analysis. *Forest Ecol. Managem.* 61: 91-108.

Mata, A. & Quevedo, F. 1992. Diccionario didáctico de la ecología. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 396 p.

Ministerio de Ambiente y Energía. 2002. Geo Costa Rica: Una perspectiva sobre el medio ambiente. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. San José, Costa Rica. 125 p.

Montagnini F., M. Guariguata, N. Ribeiro y A. Mariscal. 1999. Regeneración natural en plantaciones puras y mixtas de especies nativas. IV Semana Científica: "Logros de la Investigación para el Nuevo Milenio". Programa de Investigación CATIE. Turrialba, Costa Rica. 324-327.

Montgomery, R.A. & R.L. Chazdon. 2002. Light gradient partitioning by tropical tree seedlings in the absence of canopy gaps. *Oecologia* 131: 165-174.

Morera, A. 2002. Evaluación ecológica y estructural de la reforestación con especies nativas en conjunto con el manejo de la regeneración natural, Cañas, Guanacaste, Costa Rica. *In: INISEFOR (ed). Especies forestales nativas. Memoria del Taller - Seminario. Editorial UNA. 156 p.*

Municipalidad de Heredia. 2005. Proyecto establecimiento de una oferta recreativa, deportiva y agro-turística sustentable en el parque Las Chorreras. Coordinación de Proyectos Municipales, Municipalidad de Heredia. Heredia, Costa Rica. 76 p.

Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forests: Implications for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 4: 12-17.

Murillo, O., Y. Badilla & G. Obando. 2002. Posibilidades de reforestación con especies nativas en las zonas altas de Costa Rica. *In: INISEFOR (ed.). Especies forestales nativas. Memoria del Taller - Seminario. Editorial UNA. 156 p.*

- Myers, N. 1988. Tropical forests and their species. *In*: Wilson, E.O. (ed.). Biodiversity. Editorial Nacional Academy. Washington, Estados Unidos. 342 p.
- Nepstad, D., C. Uhl & E.A.S. Serrao. 1991. Recuperation of a degraded Amazonian landscape: forest recovery and agricultural restoration. *Ambio* 20: 248-255.
- Quirós, J., V. Meza & F. Mora. 2002. Evaluación de la calidad de los fustes y cuantificación de las existencias en una plantación mixta, irregular, de especies nativas en Pital de San Carlos. *In*: INISEFOR (ed.). Especies forestales nativas. Memoria del Taller - Seminario. Editorial UNA. 156 p.
- Ramírez, E. 2000. Estudio de la regeneración natural en bosques intervenidos, La Virgen, Sarapiquí, sector Boca Tapada, Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica. 120 p.
- Rich, P.M., D.B. Clark, D.A. Clark, & S.F. Oberbauer. 1993. Long-term study of solar radiation regimes in a tropical wet forest using quantum sensors and hemispherical photography. *Agric. For. Meteorol.* 65: 107-127.

- Schmid, B. & F.A. Bazzaz. Crown construction, leaf dynamics and carbon gain in two perennials with contrasting architecture. *Ecol. Monographs*. 64: 177-203.
- Smitinand, T. 1995. Overview of the status of Biodiversity in tropical and temperate forests. *In*: Boyle, J.B.T. & B. Boontawee. (eds.). *Measuring and monitoring biodiversity in tropical and temperate forests*. Center for international forestry research, Bogor, Indonesia. 395 p.
- Svenning, J.C. 1999. Recruitment of tall arborescent palms in the Yasunoa National Park, Amazonian Ecuador: are large treefall gaps important? *J. Trop. Ecol.* 15: 355-366.
- Tremmel, D.C. & F.A. Bazzaz. 1993. How neighbor canopy architecture affects target plant performance. *Ecology* 74: 2114-2124.
- Usher, M.B. & F.D. Pineda. 1991. *Biological diversity*. Fundación Ramón Aracedes, Madrid, España. 342 p.
- Van Dorp D. & P. Opdam. 1987. Effects of patch size, isolation and regional abundance on forest bird communities. *Landscape Ecology* (1): 59-73.

Ventura, N.E. 2002. Diagnóstico acerca del conocimiento sobre especies invasoras de flora y sus efectos en los ecosistemas de El Salvador. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. San Salvador, El Salvador. 25 p.

Whitehead, D. 1982. Ecological aspects of natural plantations forest. *Forestry Abstracts* 143 (10): 615-624.

Zamora, N. 1989. Flora arborescente de Costa Rica. Editorial Tecnológica. Cartago, Costa Rica. 262 p.

Zamora, N., Q. Jiménez & L. Poveda. 2001. Árboles de Costa Rica. Vol. II. Editorial INBio. Heredia, Costa Rica. 374 p.

Zamora, N., Q. Jiménez & L. Poveda. 2004. Árboles de Costa Rica. Vol. III. Editorial INBio. Heredia, Costa Rica. 556 p.

Apéndice 1. Cantidad total de individuos por especie y por tamaño para cada parcela en Finca Las Chorreras, Heredia.

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
1	1	Brinzal	6	<i>Piper</i> 2
1	1	Latizal	3	<i>Piper</i> 2
1	1	Latizal	1	<i>Solanum</i> 2
1	1	Fustal	1	<i>Quercus oocarpa</i>
1	1	Fustal	2	<i>Psychotria</i> 1
1	2	Brinzal	1	<i>Salacia petenensis</i>
1	2	Brinzal	1	<i>Ocotea</i> sp.
1	2	Brinzal	2	<i>Piper</i> 2
1	2	Latizal	6	<i>Piper</i> 2
1	2	Latizal	6	<i>Piper</i> 1
1	2	Latizal	1	<i>Solanum</i> 2
1	2	Fustal	1	<i>Persea vesticula</i>
1	2	Fustal	1	<i>Psychotria</i> 1
1	3	Brinzal	2	<i>Fraxinus udhei</i>
1	3	Brinzal	1	<i>Viburnum costaricanum</i>
1	3	Brinzal	1	<i>Gordonia</i> sp.
1	3	Latizal	1	<i>Trichilia hawanensis</i>
1	3	Latizal	3	<i>Cornus disciflora</i>
1	3	Latizal	1	<i>Inga oerstediana</i>
1	3	Latizal	1	<i>Piper</i> 2
1	3	Latizal	1	<i>Ilex palida</i>
1	3	Fustal	1	<i>Cornus disciflora</i>
2	1	Brinzal	4	<i>Piper</i> 2
2	1	Latizal	19	<i>Piper</i> 2
2	1	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 1
2	1	Fustal	2	<i>Quercus oocarpa</i>
2	1	Fustal	1	<i>Schefflera</i> sp.
2	2	Brinzal	1	<i>Rinorea</i> sp.
2	2	Brinzal	1	<i>Nectandra</i> sp.
2	2	Brinzal	2	<i>Piper</i> 2
2	2	Brinzal	3	<i>Piper</i> 1
2	2	Latizal	2	<i>Psychotria</i> 1
2	2	Latizal	1	<i>Solanum</i> 3
2	2	Latizal	8	<i>Piper</i> 2
2	2	Latizal	1	<i>Myrcianthes fragans</i>
2	2	Latizal	3	<i>Viburnum costaricanum</i>
2	2	Fustal	2	<i>Psychotria</i> 1
2	2	Fustal	1	<i>Cedrela tonduzii</i>
2	3	Latizal	2	<i>Piper</i> 1
2	3	Fustal	1	<i>Ardisia</i> sp.
2	3	Fustal	1	<i>Psychotria</i> 1
2	4	Brinzal	3	<i>Piper</i> 2
2	4	Latizal	6	<i>Solanum</i> 4
2	4	Latizal	3	<i>Piper</i> 2
2	4	Fustal	1	<i>Trichilia hawanensis</i>
2	4	Fustal	1	<i>Myrcianthes fragans</i>
2	4	Fustal	1	Morfoespecie 1
2	4	Fustal	1	Morfoespecie 2

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
2	5	Brinzal	1	<i>Myrcianthes fragans</i>
2	5	Brinzal	1	<i>Trichilia hawaiiensis</i>
2	5	Brinzal	1	Rubiaceae
2	5	Brinzal	1	<i>Solanum</i> 4
2	5	Brinzal	1	<i>Piper</i> 1
2	5	Brinzal	1	<i>Frustrum udhei</i>
2	5	Latizal	3	<i>Myrcianthes fragans</i>
2	5	Latizal	2	<i>Solanum</i> 1
2	5	Latizal	1	<i>Persea vesticula</i>
2	5	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 1
2	5	Latizal	1	Euphorbiaceae
2	5	Fustal	3	Morfoespecie 3
2	6	Brinzal	1	<i>Piper</i> 2
2	6	Brinzal	1	<i>Frustrum udhei</i>
2	6	Brinzal	1	<i>Piper</i> 1
2	6	Brinzal	1	<i>Trichilia hawaiiensis</i>
2	6	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 2
2	6	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 1
2	6	Latizal	3	<i>Piper</i> 3
3	1	Brinzal	4	<i>Solanum</i> 1
3	1	Brinzal	6	<i>Piper</i> 1
3	1	Brinzal	2	<i>Solanum</i> 5
3	1	Brinzal	1	<i>Syzygium jambos</i>
3	1	Brinzal	1	<i>Wintheringia</i> sp.
3	1	Latizal	16	<i>Piper</i> 1
3	1	Latizal	3	<i>Syzygium jambos</i>
3	1	Latizal	2	<i>Solanum</i> 4
3	1	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 1
3	1	Latizal	1	<i>Frustrum udhei</i>
3	1	Latizal	1	<i>Wintheringia</i> sp.
3	2	Brinzal	2	<i>Psychotria</i> 4
3	2	Brinzal	1	<i>Piper</i> 1
3	2	Brinzal	1	<i>Piper</i> 3
3	2	Latizal	8	<i>Piper</i> 3
3	2	Latizal	5	<i>Piper</i> 2
3	2	Latizal	9	<i>Piper</i> 1
3	2	Latizal	3	<i>Solanum</i> 5
3	2	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 1
3	2	Fustal	1	<i>Persea vesticula</i>
3	3	Brinzal	4	<i>Piper</i> 1
3	3	Brinzal	3	<i>Hedyosmun mexicanum</i>
3	3	Brinzal	3	<i>Piper</i> 2
3	3	Brinzal	3	<i>Wintheringia</i> sp.
3	3	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 4
3	3	Latizal	7	<i>Piper</i> 1
3	3	Latizal	5	<i>Piper</i> 2
3	3	Latizal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
3	3	Fustal	1	<i>Miconia</i> sp.
3	3	Fustal	2	<i>Meliosma vernicosa</i>

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
3	4	Brinzal	1	Morfoespecie 11
3	4	Latizal	7	<i>Chomelia</i> sp.
3	4	Latizal	5	<i>Psychotria</i> 3
3	4	Latizal	2	<i>Parathesis calophylla</i>
3	4	Fustal	1	<i>Ficus</i> sp.
3	4	Fustal	1	<i>Psychotria</i> 1
3	4	Fustal	1	Morfoespecie 4
3	4	Fustal	1	<i>Chomelia</i> sp.
3	5	Brinzal	1	<i>Sorocea trophoides</i>
3	5	Brinzal	2	<i>Ocotea</i> sp.
3	5	Latizal	3	Morfoespecie 11
3	5	Latizal	4	<i>Cornus disciflora</i>
3	5	Latizal	2	<i>Ocotea</i> sp.
3	5	Latizal	1	<i>Sapium</i> sp.
3	5	Latizal	1	<i>Sorocea trophoides</i>
3	5	Latizal	1	<i>Piper</i> 1
3	5	Latizal	1	<i>Perrottetia multiflora</i>
4	1	Brinzal	4	<i>Piper</i> 1
4	1	Brinzal	3	<i>Piper</i> 2
4	1	Latizal	14	<i>Piper</i> 2
4	1	Latizal	3	<i>Psychotria</i> 1
4	1	Latizal	1	<i>Persea vesticula</i>
4	1	Latizal	1	<i>Syzigium jambos</i>
4	1	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 5
4	1	Latizal	1	<i>Sorocea trophoides</i>
4	1	Fustal	1	<i>Viburnum costaricanum</i>
4	1	Fustal	1	<i>Cornus disciflora</i>
4	1	Fustal	1	<i>Mauria heterophylla</i>
4	2	Brinzal	3	<i>Piper</i> 1
4	2	Brinzal	1	<i>Psychotria</i> 5
4	2	Brinzal	4	<i>Psychotria</i> 4
4	2	Latizal	6	<i>Ilex</i> sp.
4	2	Latizal	1	<i>Virola guatemalensis</i>
4	2	Latizal	5	<i>Piper</i> 1
4	2	Latizal	1	<i>Quercus pilarius</i>
4	2	Latizal	2	<i>Prunus annularis</i>
4	2	Latizal	1	<i>Perrottetia longistyllis</i>
4	2	Latizal	3	<i>Syzigium jambos</i>

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
4	3	Brinzal	3	<i>Psychotria</i> 4
4	3	Brinzal	2	<i>Eugenia</i> sp.
4	3	Brinzal	2	<i>Piper</i> 2
4	3	Brinzal	2	<i>Psychotria</i> 5
4	3	Brinzal	1	<i>Solanum</i> 4
4	3	Brinzal	1	<i>Myrsine coriaceae</i>
4	3	Latizal	3	<i>Psychotria</i> 1
4	3	Latizal	1	<i>Piper</i> 1
4	3	Latizal	1	<i>Myrsine coriaceae</i>
4	3	Latizal	3	<i>Solanum</i> 4
4	3	Latizal	1	<i>Syzigium jambos</i>
4	3	Latizal	1	<i>Trichilia hawanensis</i>
4	3	Latizal	1	<i>Cornus disciflora</i>
4	3	Fustal	2	Morfoespecie 5
4	3	Fustal	1	<i>Cornus disciflora</i>
4	4	Brinzal	4	<i>Psychotria</i> 4
4	4	Brinzal	4	<i>Piper</i> 2
4	4	Brinzal	1	<i>Myrsine coriaceae</i>
4	4	Latizal	4	<i>Piper</i> 1
4	4	Latizal	4	<i>Piper</i> 2
4	4	Latizal	2	<i>Eugenia</i> sp.
4	4	Latizal	1	<i>Myrsine coriaceae</i>
4	4	Latizal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
4	4	Latizal	2	<i>Psychotria</i> 4
4	4	Latizal	2	<i>Ilex lamprophylla</i>
4	4	Fustal	1	<i>Trichilia hawanensis</i>
4	4	Fustal	1	<i>Psychotria</i> 1
4	5	Brinzal	2	<i>Psychotria</i> 4
4	5	Brinzal	1	Rubiaceae
4	5	Brinzal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
4	5	Brinzal	1	<i>Piper</i> 2
4	5	Brinzal	1	<i>Piper</i> 1
4	5	Latizal	4	<i>Piper</i> 2
4	5	Latizal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
4	5	Latizal	1	Morfoespecie 12
4	5	Fustal	1	Morfoespecie 6
4	5	Fustal	2	Asteraceae
4	5	Fustal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
4	6	Brinzal	1	<i>Solanum</i> 4
4	6	Brinzal	3	<i>Piper</i> 1
4	6	Brinzal	3	<i>Eugenia</i> sp.
4	6	Brinzal	2	<i>Psychotria</i> 4
4	6	Brinzal	1	<i>Beilschmiedia pendula</i>
4	6	Brinzal	1	<i>Rollinia membranaceae</i>
4	6	Latizal	5	<i>Myrcia splendens</i>
4	6	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 2
4	6	Latizal	1	<i>Casearia</i> sp.
4	6	Latizal	3	<i>Eugenia</i> sp.
4	6	Latizal	2	<i>Psychotria</i> 5
4	6	Latizal	3	<i>Piper</i> 1
4	6	Latizal	2	<i>Alchornea latifolia</i>
4	6	Fustal	1	<i>Roupala montana</i>
5	1	Brinzal	2	<i>Hamelia patens</i>
5	1	Brinzal	3	<i>Psychotria</i> 4
5	1	Brinzal	1	<i>Psychotria</i> 5
5	1	Brinzal	2	<i>Psychotria</i> 1
5	1	Brinzal	1	<i>Piper</i> 1
5	1	Latizal	2	<i>Solanum</i> 4
5	1	Latizal	5	<i>Piper</i> 2
5	1	Latizal	1	<i>Erythrina gibbosa</i>
5	1	Latizal	4	<i>Cornus disciflora</i>
5	1	Fustal	2	<i>Quercus pilarius</i>
5	1	Fustal	1	<i>Beilschmiedia pendula</i>
5	1	Fustal	2	<i>Zanthoxylum limoncello</i>
5	2	Brinzal	3	<i>Psychotria</i> 4
5	2	Brinzal	1	<i>Trichilia havanaensis</i>
5	2	Brinzal	2	<i>Piper</i> 2
5	2	Brinzal	1	<i>Eugenia</i> sp.
5	2	Latizal	4	<i>Wercklea insignis</i>
5	2	Latizal	1	Morfoespecie 13
5	2	Latizal	2	<i>Ocotea</i> sp.
5	2	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 4
5	2	Latizal	1	Rubiaceae
5	2	Fustal	6	<i>Cornus disciflora</i>
5	2	Fustal	2	<i>Psychotria</i> 1
5	3	Brinzal	1	<i>Fraxinus udhei</i>
5	3	Brinzal	1	<i>Piper</i> 2
5	3	Latizal	5	<i>Solanum</i> 4
5	3	Latizal	4	<i>Cornus disciflora</i>
5	3	Latizal	2	<i>Prunus annularis</i>
5	3	Latizal	2	<i>Psychotria</i> 1
5	3	Latizal	1	<i>Alfaroa costaricensis</i>
5	3	Latizal	2	<i>Viburnum costaricanum</i>

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
5	4	Brinzal	3	<i>Piper</i> 1
5	4	Brinzal	1	<i>Prunus annularis</i>
5	4	Brinzal	1	<i>Myrcianthes fragans</i>
5	4	Brinzal	1	<i>Psychotria</i> 4
5	4	Latizal	1	<i>Trichilia havanaensis</i>
5	4	Latizal	2	<i>Eugenia</i> sp.
5	4	Latizal	1	<i>Piper</i> 2
5	4	Latizal	1	<i>Myrcianthes fragans</i>
5	4	Latizal	1	<i>Piper</i> 1
5	4	Latizal	1	<i>Ardisia pleurobotrya</i>
5	4	Fustal	1	<i>Cornus disciflora</i>
5	4	Fustal	2	<i>Heliocarpus americanus</i>
5	4	Fustal	1	<i>Wercklea insignis</i>
5	4	Fustal	1	Morfoespecie 7
5	4	Fustal	1	Morfoespecie 8
5	5	Latizal	1	<i>Fraxinus udhei</i>
5	5	Latizal	1	<i>Trichilia havanaensis</i>
5	5	Latizal	2	<i>Alfaroa costaricensis</i>
5	5	Fustal	4	<i>Cornus disciflora</i>
5	5	Fustal	1	<i>Roupala montana</i>
5	6	Brinzal	2	<i>Meliosma vernicosa</i>
5	6	Brinzal	1	<i>Psychotria</i> 5
5	6	Brinzal	2	<i>Sorocea trophoides</i>
5	6	Brinzal	1	<i>Syzygium jambos</i>
5	6	Latizal	3	<i>Psychotria</i> 4
5	6	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 5
5	6	Latizal	1	<i>Eugenia</i> sp.
5	6	Fustal	2	Myrtaceae
5	6	Fustal	1	<i>Roupala montana</i>
6	1	Brinzal	4	<i>Piper</i> 2
6	1	Brinzal	4	<i>Piper</i> 3
6	1	Brinzal	5	<i>Psychotria</i> 5
6	1	Brinzal	5	<i>Psychotria</i> 4
6	1	Brinzal	3	<i>Piper</i> 1
6	1	Brinzal	2	Euphorbiaceae
6	1	Brinzal	1	<i>Psychotria</i> 1
6	1	Latizal	4	<i>Capsicum anuum</i>
6	1	Latizal	4	<i>Wercklea insignis</i>
6	1	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 4
6	2	Brinzal	2	<i>Psychotria</i> 4
6	2	Latizal	1	Euphorbiaceae
6	2	Latizal	1	<i>Nectandra</i> sp.
6	2	Latizal	2	<i>Myrcianthes fragans</i>
6	2	Fustal	2	<i>Protium</i> sp.
6	2	Fustal	2	<i>Schefflera</i> sp.
6	2	Fustal	1	<i>Ardisia compressa</i>

CARRIL	PARCELA	ESTADÍO	INDIVIDUOS	ESPECIE
6	3	Brinzal	8	<i>Psychotria</i> 5
6	3	Brinzal	5	<i>Piper</i> 1
6	3	Brinzal	2	<i>Sorocea trophoides</i>
6	3	Latizal	11	<i>Psychotria</i> 5
6	3	Latizal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
6	3	Latizal	2	<i>Piper</i> 4
6	3	Fustal	1	<i>Roupala montana</i>
6	3	Fustal	1	Morfoespecie 9
6	3	Fustal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
7	1	Brinzal	1	<i>Trichilia huamensis</i>
7	1	Brinzal	3	<i>Piper</i> 2
7	1	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 1
7	1	Latizal	14	<i>Piper</i> 2
7	1	Latizal	2	<i>Trichilia huamensis</i>
7	1	Latizal	1	<i>Solanum</i> 4
7	2	Brinzal	1	<i>Psychotria</i> 4
7	2	Brinzal	1	<i>Meliosma vernicosa</i>
7	2	Brinzal	3	<i>Capsicum annuum</i>
7	2	Latizal	1	<i>Capsicum annuum</i>
7	2	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 4
7	2	Latizal	1	<i>Inga oerstediana</i>
7	2	Latizal	1	<i>Solanum</i> 4
7	2	Latizal	1	<i>Piper</i> 2
7	2	Fustal	1	<i>Ocotea mollicella</i>
7	2	Fustal	1	Morfoespecie 10
7	3	Latizal	2	<i>Conostegia</i> sp.
7	3	Latizal	1	<i>Piper</i> 1
7	3	Latizal	1	<i>Hamelia patens</i>
7	3	Fustal	4	<i>Wercklea insignis</i>
7	4	Brinzal	3	<i>Psychotria</i> 4
7	4	Brinzal	5	<i>Psychotria</i> 5
7	4	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 5
7	4	Latizal	1	<i>Solanum</i> 4
7	4	Latizal	5	<i>Psychotria</i> 4
7	4	Latizal	1	<i>Eugenia</i> sp.
7	4	Latizal	1	<i>Myrcianthes fragans</i>
7	4	Latizal	1	<i>Symplocos</i> sp.
7	4	Latizal	1	<i>Sorocea trophoides</i>
7	4	Fustal	1	<i>Schefflera</i> sp.
7	4	Fustal	1	<i>Cornus disciflora</i>
7	5	Brinzal	1	<i>Sorocea trophoides</i>
7	5	Brinzal	4	<i>Prunus cornifolia</i>
7	5	Latizal	2	<i>Sorocea trophoides</i>
7	5	Latizal	3	<i>Prunus cornifolia</i>
7	5	Latizal	4	<i>Piper</i> 3
7	5	Latizal	1	<i>Psychotria</i> 5
7	5	Latizal	1	<i>Ardisia compressa</i>
7	5	Fustal	1	<i>Citharexylum caudatum</i>
7	5	Fustal	2	<i>Eugenia costaricensis</i>

Apéndice 2. Número total de individuos por especie por carril de muestreo.

CARRIL	ESPECIE	INDIVIDUOS
1	<i>Piper 1</i>	6
1	<i>Piper 2</i>	18
1	<i>Solanum 2</i>	2
1	<i>Quercus oocarpa</i>	1
1	<i>Psychotria 1</i>	3
1	<i>Salacia petenensis</i>	1
1	<i>Ocotea sp.</i>	1
1	<i>Fraxinus uhdei</i>	2
1	<i>Viburnum costaricanum</i>	1
1	<i>Gordonia sp.</i>	1
1	<i>Trichilia havanensis</i>	1
1	<i>Cornus disciflora</i>	4
1	<i>Inga oerstediana</i>	1
1	<i>Persea vesticula</i>	1
1	<i>Ilex palida</i>	1
2	<i>Piper 2</i>	40
2	<i>Psychotria 1</i>	8
2	<i>Quercus sp.</i>	2
2	<i>Schefflera sp.</i>	1
2	<i>Rinorea sp.</i>	1
2	<i>Nectandra sp.</i>	1
2	<i>Piper 1</i>	7
2	<i>Solanum 3</i>	1
2	<i>Myrcianthes fragans</i>	6
2	<i>Viburnum costaricanum</i>	3
2	<i>Cedrela tonduzii</i>	1
2	<i>Ardisia sp.</i>	1
2	<i>Solanum 4</i>	7
2	<i>Trichilia havanensis</i>	3
2	Morfoespecie 1	1
2	Morfoespecie 2	1
2	Rubiaceae	1
2	<i>Fraxinus uhdei</i>	2
2	<i>Solanum 1</i>	2
2	<i>Persea vesticula</i>	1
2	Euphorbiaceae	1
2	Morfoespecie 3	3
2	<i>Psychotria 2</i>	1
2	<i>Piper 3</i>	3

CARRIL	ESPECIE	INDIVIDUOS
3	<i>Solanum</i> 1	4
3	Piper 1	44
3	<i>Solanum</i> 5	5
3	<i>Syzigium jambos</i>	4
3	<i>Wintheringia</i> sp.	5
3	<i>Solanum</i> 4	2
3	<i>Psychotria</i> 1	3
3	<i>Fraxinus uhdei</i>	1
3	<i>Piper</i> 3	9
3	<i>Psychotria</i> 4	3
3	Piper 2	13
3	<i>Persea vesticula</i>	1
3	<i>Hedyosmun mexicanum</i>	3
3	<i>Meliosma vernicosa</i>	3
3	<i>Miconia</i> sp.	1
3	Morfoespecie 11	4
3	<i>Chomelia</i> sp.	8
3	<i>Psychotria</i> sp.	5
3	<i>Parathesis calophylla</i>	2
3	<i>Ficus</i> sp.	1
3	Morfoespecie 4	1
3	<i>Sorocea trophoides</i>	2
3	<i>Ocotea</i> sp.	4
3	<i>Cornus disciflora</i>	4
3	<i>Sapium</i> sp.	1
3	<i>Perrottetia multiflora</i>	1

CARRIL	ESPECIE	INDIVIDUOS
4	<i>Piper 1</i>	24
4	<i>Psychotria 5</i>	6
4	<i>Psychotria 4</i>	17
4	<i>Ilex sp.</i>	6
4	<i>Viola guatemalensis</i>	1
4	<i>Quercus sp.</i>	1
4	<i>Prunus annularis</i>	2
4	<i>Perrottetia longistyllis</i>	1
4	<i>Syzigium jambos</i>	5
4	<i>Eugenia sp.</i>	10
4	<i>Piper 2</i>	32
4	<i>Solanum 4</i>	5
4	<i>Myrsine coriaceae</i>	4
4	<i>Psychotria 1</i>	7
4	<i>Trichilia havanensis</i>	2
4	<i>Cornus disciflora</i>	3
4	Morfoespecie 5	2
4	<i>Meliosma vernicosa</i>	3
4	<i>Ilex lamprophylla</i>	2
4	Rubiaceae	1
4	Morfoespecie 12	1
4	Morfoespecie 6	1
4	Asteraceae	2
4	<i>Meliosma vernicosa</i>	1
4	<i>Beilschmiedia pendula</i>	1
4	<i>Rollinia membranaceae</i>	1
4	<i>Myrcia splendens</i>	5
4	<i>Psychotria 6</i>	1
4	<i>Casearia sp.</i>	1
4	<i>Alchornea latifolia</i>	2
4	<i>Roupala montana</i>	1
4	<i>Persea vesticula</i>	1
4	<i>Sorocea trophoides</i>	1
4	<i>Viburnum costaricanum</i>	1
4	<i>Mauria heterophylla</i>	1

CARRIL	ESPECIE	INDIVIDUOS
5	<i>Hamelia patens</i>	2
5	<i>Psychotria 4</i>	13
5	<i>Psychotria 5</i>	3
5	<i>Psychotria 1</i>	7
5	<i>Piper 1</i>	5
5	<i>Solanum 4</i>	7
5	<i>Piper 2</i>	9
5	<i>Erythrina gibbosa</i>	1
5	<i>Cornus disciflora</i>	19
5	<i>Quercus sp.</i>	2
5	<i>Beilschmiedia pendula</i>	1
5	<i>Zanthoxylum limoncello</i>	2
5	<i>Trichilia havanensis</i>	3
5	<i>Eugenia sp.</i>	8
5	<i>Wercklea insignis</i>	5
5	Morfoespecie 13	1
5	<i>Ocotea sp.</i>	2
5	Rubiaceae	1
5	<i>Fraxinus uhdei</i>	2
5	<i>Prunus annularis</i>	3
5	<i>Alfaroa costaricensis</i>	3
5	<i>Viburnum costaricanum</i>	2
5	<i>Myrcianthes fragans</i>	2
5	<i>Ardisia pleurobotrya</i>	1
5	<i>Heliocarpus americanus</i>	2
5	Morfoespecie 7	1
5	Morfoespecie 8	1
5	<i>Malpighia sp.</i>	5
5	<i>Roupala montana</i>	2
5	<i>Meliosma vernicosa</i>	2
5	<i>Sorocea trophoides</i>	2
5	Myrtaceae	2
5	<i>Syzigium jambos</i>	1

CARRIL	ESPECIE	INDIVIDUOS
6	<i>Piper</i> 2	4
6	<i>Piper</i> 3	4
6	<i>Psychotria</i> 5	24
6	<i>Psychotria</i> 4	8
6	<i>Piper</i> 1	8
6	Euphorbiaceae	3
6	<i>Psychotria</i> 1	1
6	<i>Capsicum anuum</i>	4
6	<i>Wercklea insignis</i>	4
6	<i>Nectandra</i> sp.	1
6	<i>Myrcianthes fragans</i>	2
6	<i>Protium</i> sp.	2
6	<i>Schefflera</i> sp.	2
6	<i>Ardisia compressa</i>	1
6	<i>Sorocea trophoides</i>	2
6	<i>Meliosma vernicosa</i>	2
6	<i>Piper</i> 4	2
6	<i>Roupala montana</i>	1
6	Morfoespecie 9	1
7	<i>Trichilia havanensis</i>	3
7	<i>Piper</i> 2	18
7	<i>Psychotria</i> 1	1
7	<i>Solanum</i> 4	3
7	<i>Psychotria</i> 4	10
7	<i>Meliosma vernicosa</i>	1
7	<i>Capsicum anuum</i>	4
7	<i>Inga oerstediana</i>	1
7	<i>Ocotea mollicella</i>	1
7	Morfoespecie 10	1
7	<i>Conostegia</i> sp.	2
7	<i>Piper</i> 1	1
7	<i>Hamelia patens</i>	1
7	<i>Wercklea insignis</i>	4
7	<i>Eugenia</i> sp.	1
7	<i>Myrcianthes fragans</i>	1
7	<i>Symplocos</i> sp.	1
7	<i>Sorocea trophoides</i>	4
7	<i>Schefflera</i> sp.	1
7	<i>Cornus disciflora</i>	1
7	<i>Prunus cornifolia</i>	7
7	<i>Piper</i> 3	4
7	<i>Ardisia compressa</i>	1
7	<i>Citharexylum caudatum</i>	1
7	<i>Psychotria</i> 5	7
7	<i>Eugenia costaricensis</i>	2

**Apéndice 3. Uso potencial y nombres comunes para las especies muestreadas en
Finca Las Chorreras, Heredia.**

Nombres comunes y usos para las especies encontradas en Finca Las Chorreras.

ESPECIE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	USOS
<i>Alchornea latifolia</i>	Euphorbiaceae	Canelito, chasparrío, tabaquillo.	Madera para heramientas, papel, construcciones ligeras.
<i>Alfaroa costaricensis</i>	Juglandaceae	Gaulín.	Muebles, postes, carbón, construcción en general.
<i>Ardisia compressa</i>	Myrsinaceae	Tucuico.	Medicinal, investigación farmacéutica.
<i>Ardisia pleurobotrya</i>	Myrsinaceae	Tucuico.	Medicinal, investigación farmacéutica.
<i>Ardisia sp.</i>	Myrsinaceae	Tucuico.	Medicinal, investigación farmacéutica.
Asteraceae	Asteraceae	-	-
<i>Beilschmiedia pendula</i>	Lauraceae	Quizarrá, tiquizarrá.	Pisos, puentes, embarcaciones, durmientes de ferrocarril.
<i>Sorocea trophoides</i>	Moraceae	Lechoso, vaco.	Muebles, cajas, artículos deportivos, herramientas, consumo animal.
<i>Capsicum anuum</i>	Solanaceae	Chile, chile dulce.	Consumo humano.
<i>Casearia sp.</i>	Flacourtiaceae	Manga larga, cerillo, plomillo.	Leña, cercas vivas, postes, construcción en general.
<i>Cedrela tonduzii</i>	Meliaceae	Cedro.	Muebles, pisos, construcción en general, medicinal.
<i>Chomelia sp.</i>	Rubiaceae	Jorco, chocolatico.	Leña, herramientas, medicinal.
<i>Citharexylum caudatum</i>	Verbenaceae	Dama, huelenoche.	Ornamental.
<i>Conostegia sp.</i>	Myrsinaceae	Uña de gato.	Madera para cercas, leña, plantaciones mixtas, medicinal.
<i>Cornus disciflora</i>	Cornaceae	Lloró, llorón.	Muebles, cajas, consumo animal, medicinal.
<i>Erythrina gibbosa</i>	Papilionaceae	Poró.	Cercas vivas, sombra para plantaciones, ornamental.
<i>Eugenia costaricensis</i>	Myrtaceae	Guayabillo, murta, turrú.	Pisos, puentes, madera para herramientas.
<i>Eugenia sp.</i>	Myrtaceae	Guayabillo.	Pisos, puentes, madera para herramientas.
Euphorbiaceae	Euphorbiaceae	-	-
<i>Ficus sp.</i>	Moraceae	Higuerón, higo, matapalo.	Consumo animal, ornamental, medicinal.
<i>Fraxinus uhdei</i>	Oleaceae	Fresno.	Madera para herramientas, muebles, construcción en general, medicinal.
<i>Gordonia sp.</i>	Theaceae	Campano, fierro, yorón.	Construcción en general.
<i>Hamelia patens</i>	Rubiaceae	Añilto, coloradito, zorrillo.	Ornamental, medicinal.
<i>Hedyosmun mexicanun</i>	Chloranthaceae	Piña, varablanca.	Cercas vivas, medicinal.
<i>Heliocarpus americanus</i>	Tiliaceae	Burfo.	Plantaciones mixtas, recuperación de áreas degradadas.
<i>Ilex lamprophylla</i>	Aquifoliaceae	Azulillo.	Madera para herramientas, muebles, construcción en general, medicinal.
<i>Ilex palida</i>	Aquifoliaceae	Azulillo.	Madera para herramientas, muebles, construcción en general, medicinal.
<i>Ilex sp.</i>	Aquifoliaceae	Azulillo.	Madera para herramientas, muebles, construcción en general, medicinal.

ESPECIE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	USOS
<i>Inga oerstediana</i>	Mimosaceae	Cuajiniquil.	Sombra para plantaciones, leña, postes de cerca.
<i>Malpighia</i> sp.	Malpighiaceae	Acerola.	Ornamental.
<i>Mauria heterophylla</i>	Anacardiaceae	Cirrí, jifocuabe.	Ornamental.
<i>Meliosma vernicosa</i>	Sabiaceae	Camaleón, agüillo.	Sombra para plantaciones, leña, postes de cerca.
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	Uña de gato, lengua de gato.	?
<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae	Guayabillo, murta, turrú.	Pisos, madera para herramientas.
<i>Myrcianthes fragans</i>	Myrtaceae	Guayabillo, murta, turrú.	Pisos, madera para herramientas, construcción ligera.
<i>Myrsine coriacea</i>	Myrsinaceae	Hoja larga, ratón blanco.	Madera para cerca, leña.
Myrtaceae	Myrtaceae	-	-
<i>Nectandra</i> sp.	Lauraceae	Aguacatillo, quizarrá, sigua.	Contrucción en general, postes, ornamental, muebles, aserrío.
<i>Ocotea mollicella</i>	Lauraceae	Aguacatillo, irá rosa.	Pisos, puentes, muebles, manejo de bosque natural y plantaciones.
<i>Ocotea</i> sp.	Lauraceae	Aguacatillo, irá rosa.	Pisos, puentes, muebles, manejo de bosque natural y plantaciones.
<i>Parathesis calophylla</i>	Myrsinaceae	Tucuico.	?
<i>Perrottetia longistyllis</i>	Celastraceae	?	Ornamental.
<i>Perrottetia multiflora</i>	Celastraceae	?	Ornamental.
<i>Persea vesticula</i>	Lauraceae	Aguacatillo, ascá.	Construcción en general.
<i>Piper</i> 1	Piperaceae	Cordoncillo, candelillo.	Medicinal, investigación farmacéutica.
<i>Piper</i> 2	Piperaceae	Cordoncillo, candelillo.	Medicinal, investigación farmacéutica.
<i>Piper</i> 3	Piperaceae	Cordoncillo, candelillo.	Medicinal, investigación farmacéutica.
<i>Piper</i> 4	Piperaceae	Cordoncillo, candelillo.	Medicinal, investigación farmacéutica.
<i>Protium</i> sp.	Burseraceae	Alcanfor, canfín, copal.	Pisos, carpintería, ebanistería, medicinal.
<i>Prunus annularis</i>	Rosaceae	Cipresillo, duraznillo, lentisco.	Construcción en general.
<i>Prunus cornifolia</i>	Rosaceae	Cipresillo, duraznillo, lentisco.	Construcción en general.
<i>Psychotria</i> 1	Rubiaceae	Cafecillo.	Ornamental, investigación farmacéutica.
<i>Psychotria</i> 2	Rubiaceae	Cafecillo.	Ornamental, investigación farmacéutica.
<i>Psychotria</i> 3	Rubiaceae	Cafecillo.	Ornamental, investigación farmacéutica.
<i>Psychotria</i> 4	Rubiaceae	Cafecillo.	Ornamental, investigación farmacéutica.

ESPECIE	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	USOS
<i>Psychotria</i> 5	Rubiaceae	Cafecillo.	Ornamental, investigación farmacéutica.
<i>Psychotria</i> 6	Rubiaceae	Cafecillo.	Ornamental, investigación farmacéutica.
<i>Quercus oocarpa</i>	Fagaceae	Encino, roble encino.	Leña, postes de cercas, manejo de bosque natural.
<i>Quercus pilarius</i>	Fagaceae	Encino, roble encino.	Leña, postes de cercas, manejo de bosque natural.
<i>Rinorea</i> sp.	Violaceae	Gorrita, jicarito.	Construcción en general.
<i>Rollinia membranaceae</i>	Rubiaceae	Anonillo, biribá.	Consumo humano.
<i>Roupala montana</i>	Proteaceae	Atún, atuncillo.	Construcción naval, madera para cercas, leña, industrias varias.
Rubiaceae	Rubiaceae	-	-
<i>Salacia petenensis</i>	Hippocrateaceae	?	Construcción en general.
<i>Sapium</i> sp.	Euphorbiaceae	Yos, lechillo.	Cajas, muebles, postes, papel, construcción en general, medicinal.
<i>Schefflera</i> sp.	Araliaceae	Fosforillo, guarumo de montaña.	Cajas, fósforos, lápices, balsas.
<i>Solanum</i> 1	Solanaceae	Variable.	Variable (Depende de la especie).
<i>Solanum</i> 2	Solanaceae	Variable.	Variable (Depende de la especie).
<i>Solanum</i> 3	Solanaceae	Variable.	Variable (Depende de la especie).
<i>Solanum</i> 4	Solanaceae	Variable.	Variable (Depende de la especie).
<i>Solanum</i> 5	Solanaceae	Variable.	Variable (Depende de la especie).
<i>Symplocos</i> sp.	Symplocaceae	Corral.	?
<i>Syzigium jambos</i>	Myrtaceae	Manzana rosa	Ornamental, consumo humano.
<i>Trichilia havanensis</i>	Meliaceae	Uruca.	Ornamental, construcciones ligeras.
<i>Viburnum costaricanum</i>	Caprifoliaceae	Conchudo, curá.	Cajas, muebles, postes, papel, construcción en general, medicinal.
<i>Virola guatemalensis</i>	Myristicaceae	Fruta dorada.	Cajas, muebles, postes, papel, construcción en general, medicinal.
<i>Wercklea insignis</i>	Malvaceae	Burfo espinoso, clavelón de montaña.	Ornamental.
<i>Wintheringia</i> sp.	Solanaceae	Sulfatillo, sulfato.	Medicinal.
<i>Zanthoxylum limoncello</i>	Rutaceae	Limoncillo, zorrillo.	Pisos, durmientes de ferrocarril, muebles, carpintería, medicinal.

Apéndice 4. Variables del análisis de la cantidad y calidad lumínica.

Matriz de correlación entre las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para el bosque natural.

	% Ap. Dosel	I.A.F. (5)	% L.T.Dir	% L.T.Dif	% L.T.Tot
% Ap. Dosel	1				
I.A.F. (5)	-0.9927	1			
% L.T.Dir	0.8292	-0.8607	1		
% L.T.Dif	0.9666	-0.9548	0.8644	1	
% L.T.Tot	0.9265	-0.9377	0.9687	0.9621	1

Eigenvalores del análisis de componentes principales.

	Eigenvalor	%	% Acumulado
% Ap. Dosel	4.7073	94.1464	94.1464
I.A.F. (5)	0.2360	4.7206	98.8669
% L.T.Dir	0.0536	1.0715	99.9385
% L.T.Dif	0.0031	0.0615	99.9999
% L.T.Tot	0	0	100

Eigenvectores del análisis de componentes principales.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
% Ap. Dosel	0.4483	-0.4582	-0.2225	0.7346	0.0022
I.A.F. (5)	-0.4512	0.3304	0.5260	0.6407	0.0024
% L.T.Dir	0.4293	0.7399	-0.2483	0.1230	0.4376
% L.T.Dif	0.4514	-0.2158	0.7464	-0.1852	0.3978
% L.T.Tot	0.4555	0.2948	0.2344	-0.0207	-0.8064

Matriz de correlación entre las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para la plantación de ciprés.

	% Ap. Dosel	I.A.F. (5)	% L.T.Dir	% L.T.Dif	% L.T.Tot
% Ap. Dosel	1				
I.A.F. (5)	-0.9910	1			
% L.T.Dir	0.8488	-0.8869	1		
% L.T.Dif	0.9686	-0.9723	0.8835	1	
% L.T.Tot	0.9307	-0.9538	0.9756	0.9648	1

Eigenvalores del análisis de componentes principales.

	Eigenvalor	%	% Acumulado
% Ap. Dosel	4.7519	95.0372	95.0372
I.A.F. (5)	0.2049	4.0970	99.1343
% L.T.Dir	0.0374	0.7484	99.8827
% L.T.Dif	0.0059	0.1173	99.9999
% L.T.Tot	0	0	100

Eigenvectores del análisis de componentes principales.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
% Ap. Dosel	0.4463	-0.4743	-0.3605	0.6678	0.0006
I.A.F. (5)	-0.4523	0.3004	0.4063	0.7349	0.0004
% L.T.Dir	0.4321	0.7339	-0.2437	0.1005	0.4530
% L.T.Dif	0.4510	-0.2358	0.7714	-0.0527	0.3785
% L.T.Tot	0.4540	0.3011	0.2249	0.0325	-0.8072

Matriz de correlación entre las variables lumínicas obtenidas con el programa GLA para ambos tipos de bosque.

	% Ap. Dosel	I.A.F. (5)	% L.T.Dir	% L.T.Dif	% L.T.Tot
% Ap. Dosel	1				
I.A.F. (5)	-0.9815	1			
% L.T.Dir	0.8181	-0.8677	1		
% L.T.Dif	0.9610	-0.9554	0.8691	1	
% L.T.Tot	0.9148	-0.9395	0.9713	0.9618	1

Eigenvalores del análisis de componentes principales.

	Eigenvalor	%	% Acumulado
% Ap. Dosel	4.6980	93.9605	93.9605
I.A.F. (5)	0.2389	4.7781	98.7386
% L.T.Dir	0.0515	1.0302	99.7688
% L.T.Dif	0.0116	0.2312	99.9999
% L.T.Tot	0	0	100

Eigenvectores del análisis de componentes principales.

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
% Ap. Dosel	0.4454	-0.5006	-0.2082	0.7125	0.0007
I.A.F. (5)	-0.4518	0.2981	0.5354	0.6483	0.0009
% L.T.Dir	0.4305	0.7256	-0.2455	0.1685	0.4467
% L.T.Dif	0.4522	-0.2054	0.7481	-0.2087	0.3876
% L.T.Tot	0.4557	0.3031	0.2240	-0.0056	-0.8064

Número total de destellos por duración por carril (C) y parcela (P) en bosque natural.

Minutos	C1P1	C1P2	C2P2	C3P4	C4P3	C4P4	C4P5	C5P2	C5P4	C6P4	C7P5
2	2001	2556	2522	2179	2414	2041	3144	2940	2375	2403	3163
4	1093	1490	1284	1153	1323	1092	1442	1338	1184	973	1414
6	474	858	652	615	692	590	836	671	681	465	851
8	289	494	330	404	334	317	485	488	399	214	535
10	178	297	264	296	239	207	311	356	256	170	327
12	107	242	169	196	167	125	210	256	139	100	220
14	92	192	82	176	148	104	177	184	125	44	184
16	32	150	82	115	121	61	113	160	125	46	122
18	69	125	57	77	92	92	95	122	121	26	105
20	44	68	73	65	62	62	65	86	79	26	67
22	25	47	50	67	26	50	38	83	41	32	36
24	24	58	23	42	44	35	32	71	30	0	43
26	8	46	15	34	38	22	34	52	34	1	29
28	12	32	19	51	33	52	18	65	47	3	32
30	10	23	29	36	8	21	21	32	19	8	26
32	15	40	18	43	17	30	12	26	9	1	12
34	12	34	17	34	8	19	12	56	8	2	16
36	14	29	17	54	11	33	11	13	19	2	11
38	14	35	18	28	38	27	13	21	23	0	13
40	11	12	12	17	15	17	11	15	20	2	19
42	13	16	6	25	10	9	18	3	13	4	7
44	23	12	6	9	10	13	7	7	14	4	5
46	12	5	11	8	7	18	15	1	5	0	8
48	37	10	5	11	11	9	4	11	0	0	0
50	14	21	7	22	2	36	1	9	10	0	7
52	22	10	7	22	5	13	3	18	10	0	22
54	16	12	8	35	6	8	14	18	6	0	9
56	7	15	9	20	4	12	6	11	16	0	7
58	4	9	10	14	1	4	3	12	17	0	15
60	12	8	23	19	2	9	6	3	15	0	6

Número total de destellos por duración por carril (C) y parcela (P) en plantación de ciprés.

Minutos	C1P3	C2P1	C2P5	C2P6	C3P1	C3P2	C3P3	C3P5	C4P2	C4P6	C5P1
2	2503	2993	3484	2840	2056	2042	2071	2820	2058	2953	2842
4	1380	1671	1795	1458	845	1103	1234	1397	1185	1559	1456
6	756	843	930	859	546	571	640	810	664	900	847
8	467	514	583	543	347	415	497	445	412	569	611
10	285	381	372	470	212	342	360	261	282	341	403
12	225	285	283	318	164	304	253	169	235	293	223
14	154	232	190	269	126	162	196	143	153	193	181
16	146	217	154	161	92	141	169	134	107	164	108
18	103	158	135	151	88	77	130	56	98	122	96
20	107	132	106	115	97	87	67	75	69	128	47
22	76	103	99	103	73	65	86	57	84	91	43
24	55	77	74	75	79	47	66	37	81	93	35
26	55	50	88	37	71	44	102	33	33	102	30
28	54	60	42	56	30	58	58	34	13	58	25
30	29	56	32	43	55	35	43	25	29	47	18
32	23	50	51	17	8	66	39	17	18	40	26
34	38	54	29	37	19	65	34	4	15	28	28
36	39	64	2	29	9	59	33	8	28	51	20
38	58	39	20	21	16	44	22	10	15	43	19
40	13	21	38	32	12	47	26	11	12	31	16
42	27	20	22	27	1	35	22	6	27	36	16
44	18	5	14	34	2	50	28	8	24	23	6
46	9	7	18	20	8	27	29	4	13	11	1
48	12	6	27	12	16	22	14	8	2	12	9
50	12	7	30	4	8	19	10	8	5	14	14
52	16	8	26	14	4	14	2	4	14	13	15
54	18	5	21	10	5	27	3	5	6	5	9
56	14	2	15	10	0	22	1	6	2	11	4
58	10	5	12	8	5	24	0	8	10	4	2
60	21	13	8	10	7	46	2	1	13	2	2