



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

**Estructura, composición y diversidad en bosques naturales y con
forestería análoga en Londres, Cantón de Aguirre, Costa Rica**

Por

José Ulises Jiménez Salgado

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado
como requisito para optar por el grado de

Magister Scientiae en Manejo y Conservación de
Bosques Tropicales y Biodiversidad

Turrialba, Costa Rica, 2008

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE, y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

***Magister Scientiae* en Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad**

FIRMANTES:

Fernando Carrera
Consejero Principal

Bastiaan Louman
Miembro del Comité Consejero

Luis Diego Delgado
Miembro del Comité Consejero

Carlos Navarro
Miembro del Comité Consejero

Fernando Casanoves
Unidad de Biometría

Glenn Galloway
Decano de la Escuela de Posgrado

José Ulises Jiménez Salgado
Candidato

DEDICATORIA

Dedico esta obra a:

*A mi madre,
María Elida Salgado,
por el amor que siempre me ha dado,
por guiarme de forma correcta,
por nunca dejar de apoyarme,
por ayudarme a alcanzar mis metas.
Gracias con todo mi cariño.*

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profunda y sincera gratitud:

A la Secretaría Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá y al Instituto para la Formación y Aprovechamiento de Recursos Humanos (IFARHU), por beneficiarme con una beca del Programa de Excelencia Profesional.

A la Universidad Tecnológica de Panamá y sus autoridades por darme la oportunidad de mejorar como profesional.

Al Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza por permitirme estudiar en tan prestigiosa institución.

A Fernando Carrera, Profesor asesor de esta tesis y respetado consejero, quien sugirió, supervisó y contribuyó en todo sentido con la preparación del presente trabajo. Su sabia orientación en la revisión del texto y recomendaciones han sido valiosos aportes en la culminación de este proyecto.

A los miembros del comité Bastiaan Louman, Carlos Navarro y Luis Diego Delgado por sus excelentes recomendaciones y correcciones.

Muchísimas gracias al Sr. Milo Bekins y su familia, por brindarme su valioso tiempo para la recolección de información, por sus atenciones y contribuciones en este trabajo.

Gracias al Dr. Ranil Senanayake por sus consejos para el mejoramiento de la investigación.

A mi esposa, Fabiola Moya y su familia, muchas gracias por toda la ayuda brindada en el trabajo de campo.

A María Elida Salgado, por su ayuda en todos mis trámites en Panamá, por tu esfuerzo y apoyo. A ti te debo esto mamá. También, a mi padre, José Ulises Jiménez; mis hermanos, Eneida, Enrique y Yolanda; a mi abuela Eneida y a mis tíos Jorge, Nair, Nery, Dalis y Eisa, mi familia en todo momento.

A Cesar Jaramillo y a Alejandra Martínez por la determinación taxonómica de especies de fauna.

A Milagro Mata por la determinación taxonómica de especies de macrohongos.

Agradezco a mis amigos Indira De La Victoria, Diomedes Espinoza, Bertina Martínez, Sídney Saavedra, Elsa Flores, Cristian Nieto, Cristian Brenes, Carlos Mauricio Herrera, Mauricio Schelje, Leonardo Durán y Yeison Moya; quienes me ayudaron y animaron a alcanzar esta meta.

A todo el personal de la Escuela de Posgrado: Noily, Jeannette, Aranjid, Ariadne, Marta y Alfonso. A Rigoberto y a todo el personal de la Biblioteca Conmemorativa Orton. A Sergio Vílchez y Fernando Casanoves por su apoyo en los análisis estadísticos. Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en la realización de este sueño, hago extensivo mi más sincero agradecimiento.

BIOGRAFÍA

El autor nació en la ciudad de Panamá, República de Panamá, el 19 de junio de 1972. Es biólogo con especialidad en Botánica, graduado de la Universidad de Panamá (UP), actualmente es asistente de técnico en el Centro de Investigaciones Hidráulicas e Hidrotécnicas de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP).

Su actual trabajo se concentra en estudios de rescate y conservación de especies amenazadas de extinción de la Flora panameña, específicamente del género *Zamia*. Fue asistente en el Museo de Plantas de la UP y ha participado en muchísimas giras de campo e inventarios forestales.

Tiene una vasta experiencia en el área de la consultoría ambiental, en la cual se ha desempeñado como consultor independiente en estudios de impacto ambiental en distintos proyectos de desarrollo. En 2008 ingresó a la Maestría de Manejo y Conservación de Bosques Tropicales y Biodiversidad en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	<i>Objetivos del estudio</i>	3
1.1.1.	<i>Objetivo general</i>	3
1.1.2.	<i>Objetivos específicos</i>	3
1.2.	<i>Hipótesis del estudio</i>	3
2.	MARCO CONCEPTUAL.....	3
2.1.	<i>Importancia de conservar la Biodiversidad</i>	3
2.2.	<i>La restauración ecológica</i>	4
2.3.	<i>Pagos por servicios ambientales</i>	5
2.4.	<i>La Forestería Análoga</i>	6
2.5.	<i>Principios de la Forestería Análoga (RIFA 2008a)</i>	8
2.6.	<i>Fórmula fisionómica de la vegetación (FFV)</i>	10
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
3.1.	<i>Área de estudio</i>	14
3.2.	<i>Descripción general del estudio</i>	16
3.2.1.	<i>Consideraciones para la realización de un inventario florístico</i>	16
3.2.2.	<i>Establecimiento de las parcelas de muestreo</i>	16
3.2.3.	<i>Identificaciones y datos de Campo</i>	17
3.2.4.	<i>Identificación taxonómica de los árboles</i>	17
3.3.	<i>Análisis de los datos</i>	17
3.3.1.	<i>Complejidad de la comunidad</i>	17
3.3.2.	<i>Estimación de la diversidad</i>	18
3.3.3.	<i>Fórmula fisionómica de la vegetación</i>	18
3.3.4.	<i>Perfiles de vegetación</i>	18
3.3.5.	<i>Valoración ecológica</i>	18
3.3.6.	<i>Índice de Valor de Importancia</i>	21
3.3.7.	<i>Estudio de caso</i>	21
3.3.8.	<i>Mediciones de campo</i>	22
3.4.	<i>Métodos estadísticos</i>	22
3.4.1.	<i>Diseño de unidades experimentales</i>	22
4.	Resultados y discusión.....	23

4.1.	<i>Mediciones de campo</i>	23
4.2.	<i>Complejidad de la comunidad</i>	23
4.2.1.	<i>Análisis de componentes principales</i>	23
4.2.2.	<i>Análisis de conglomerados</i>	24
4.2.3.	<i>Análisis de varianza</i>	26
4.3.	<i>Estimación de la diversidad</i>	35
4.4.	<i>Fórmula fisionómica de la vegetación</i>	40
4.5.	<i>Perfiles de vegetación</i>	41
4.6.	<i>Valoración ecológica</i>	53
4.7.	<i>Índice de valor de importancia</i>	56
4.8.	<i>Estudio de caso</i>	59
5.	Conclusiones y recomendaciones	76
6.	Literatura citada	78
7.	Apéndices y anexos	82

Jiménez Salgado, JU. 2010. Estructura, composición y diversidad en bosques naturales y con forestería análoga en Londres, Cantón de Aguirre, Costa Rica. Turrialba, CR. CATIE, Tesis Mag. Sc. 107 p.

RESUMEN

En 1985, Milo Bekins comenzó la creación de lo que sería un Bosque de Forestería Análoga, en Londres, Cantón de Aguirre, Provincia de Punta Arenas, Costa Rica. La Forestería Análoga es una técnica de restauración biológica en la cual se pretende diseñar un bosque similar en estructura y función al bosque que había antes o al bosque más maduro que se encuentra en la zona. Esta técnica es interesante, por que además de recuperar la biodiversidad, busca que los bosques tengan mayor función y puedan brindar un mayor número de bienes y servicios, que representen beneficios económicos al finquero.

Esta es una investigación tipo exploratoria que tiene el propósito de describir el estado actual de los sistemas de Forestería Análoga que existen en Londres, con la intención de contribuir al conocimiento sobre el potencial de la Forestería Análoga en cuanto a la conservación de la biodiversidad.

Se realizó un estudio de caso en el que se resaltan principalmente las lecciones aprendidas, primero, en el éxito logrado en la recuperación de un sistema degradado y su conversión a un sistema altamente productivo y que sobre todo, estos resultados fueran obtenidos sin uso de fertilizantes químicos, plaguicidas o maquinaria pesada; y segundo, que al darse una plaga de *Fusarium* que acabo prácticamente con todo el cultivo de vainilla en la zona, Bekins bajo los principios y técnicas de la Forestería Análoga, aún podía producir 150 k por año, en esos momentos.

Se establecieron 12 parcelas temporales de muestreo ubicadas en un mismo rango altitudinal (100-300 msnm) y en la zona de vida bosque muy húmedo tropical (bmh-T); cada una con extensión de 1,000 m² (10 m x 100 m) y dentro se delimitaron subparcelas de 10 x 20 m (5 subparcelas); para medir diferentes parámetros de estructura, composición y diversidad de la vegetación en los ecosistemas de potrero arbolado, plantación de teca, bosque natural y bosque bajo Forestería Análoga.

La complejidad de la comunidad se estimó mediante el cálculo del índice de complejidad y la valoración ecológica para cada tipo de bosque; También, Se evaluó la diversidad florística para la comunidad arbórea \geq de 10 cm de dap utilizando los siguientes índices: riqueza específica, índice de Margalef, índice de Shannon-Wiener, índice de Simpson, Coeficiente de Similitud de Jaccard y Coeficiente de similitud de Sorensen. Además, se escribió la fórmula fisionómica de la vegetación y se hizo un perfil esquemático de los árboles para cada unidad de muestreo. Se comparó el peso ecológico de las especies en los diferentes tipos de bosques.

En el inventario florístico, se registraron en total 528 individuos (árboles con $\text{dap} \geq 10$ cm) correspondientes a 27 familias, 47 géneros y 53 especies. Los bosques con la mayor diversidad de especies arbóreas con $\text{dap} \geq 10$ cm, corresponden a los de Forestería Análoga, seguido del bosque natural. El Bosque natural presenta una media mayor y distinta de los demás bosques, en las variables: altura del dosel, número de árboles e índice de complejidad.

SUMMARY

LISTA DE CUADROS

TABLA 1. FÓRMULA FISIONÓMICA DE LA VEGETACIÓN	11
TABLA 2. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SUELO	19
TABLA 3. INDICADORES DE BIODIVERSIDAD	20
TABLA 4. INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD	20
TABLA 5. INDICADOR DE ESTRUCTURA	21
TABLA 6. ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS CON DAP \geq 10 CM ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE	36
TABLA 7. SIMILITUD DE ESPECIES ARBÓREAS CON DAP \geq 10 CM ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE	39
TABLA 8. FÓRMULA FISIONÓMICA DE LA VEGETACIÓN PARA CADA PARCELA DE ESTUDIO	40
TABLA 9. VALORACIÓN ECOLÓGICA, UNA EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD DEL SISTEMA	53
TABLA 10. PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE ESPECIAS Y PLANTAS PARA LA DESTILACIÓN AL VAPOR DE ACEITES ESENCIALES	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. FINCAS CON FA Y BOSQUES NATURALES, SOMETIDOS AL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES	5
FIGURA 2. MAPA DE UBICACIÓN DE FINCA EN ESTUDIO, PARCELAS DE MUESTREO Y ÁREAS PROTEGIDAS	15
FIGURA 3. ESQUEMA DE LA PARCELA TEMPORAL DE MUESTREO Y LAS SUBPARCELAS.....	16
FIGURA 4. ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	23
FIGURA 5. DENDROGRAMA DE AGRUPAMIENTO POR LA COMPLEJIDAD DEL SISTEMA.....	24
FIGURA 6. MAPA DE UBICACIÓN DE LAS PARCELAS DE MUESTREO	25
FIGURA 7. COMPARACIÓN DEL PROMEDIO DE LA ALTURA DEL DOSEL ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE.....	26
FIGURA 8. COMPARACIÓN DEL PROMEDIO DE LA SUMA DEL ÁREA BASAL DE LOS ÁRBOLES CON DAP \geq 10 CM EN 0.1 HA ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE.....	28
FIGURA 9. COMPARACIÓN DEL PROMEDIO DE NÚMERO DE ÁRBOLES CON DAP \geq 10 CM EN 0.1 HA ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE.....	29
FIGURA 10. COMPARACIÓN DEL NÚMERO DE ESPECIES ARBÓREAS CON DAP \geq 10 CM EN 0.1 HA ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE.....	31
FIGURA 11. COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE COMPLEJIDAD ENTRE LOS TIPOS DE BOSQUE	33
FIGURA 12. COMPARACIÓN DE CURVAS DE RAREFACCIÓN ENTRE BN Y FA	35
FIGURA 13. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM FA1	41
FIGURA 14. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM FA2	42
FIGURA 15. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM FA3	43
FIGURA 16. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM BN1	44
FIGURA 17. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM BN2.....	45
FIGURA 18. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM BN3.....	46
FIGURA 19. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP \geq 10 CM EN LA PTM PA1	47

FIGURA 20. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP ≥ 10 CM EN LA PTM PA2	48
FIGURA 21. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP ≥ 10 CM EN LA PTM PA3	49
FIGURA 22. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP ≥ 10 CM EN LA PTM PT1	50
FIGURA 23. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP ≥ 10 CM EN LA PTM PT2.....	51
FIGURA 24. DIAGRAMA DE PERFIL LATERAL DE LA VEGETACIÓN ARBÓREA CON DAP ≥ 10 CM EN LA PTM PT3.....	52
FIGURA 25. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE VALOR ECOLÓGICO ENTRE BN Y FA.....	54
FIGURA 26. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE VALOR ECOLÓGICO ENTRE BN Y PT	55
FIGURA 27. COMPARACIÓN DE LOS INDICADORES DE VALOR ECOLÓGICO ENTRE BN Y PA.....	55
FIGURA 28. I.V.I DE LAS ESPECIES ARBÓREAS CON DAP ≥ 10 CM EN FA.....	56
FIGURA 29. I.V.I. DE LAS ESPECIES ARBÓREAS CON DAP ≥ 10 CM EN BN	57
FIGURA 30. I.V.I DE LAS ESPECIES ARBÓREAS CON DAP ≥ 10 CM EN PA.....	58
FIGURA 31. RECONSTRUCCIÓN DE LOS HITOS MÁS IMPORTANTES A TRAVÉS DEL TIEMPO	70

LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACP	análisis de componentes principales
ACPC	área de conservación Pacífico Central
APG III	Grupo para la Filogenia de las Angiospermas, tercera versión
bmh-T	bosque muy húmedo tropical
BN	bosque secundario natural
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
cm	centímetros
D_{mg}	índice de Margalef
EstimateS	Estimación estadística de la riqueza de especies y de especies compartidas a partir de muestras
FA	bosque bajo forestería análoga
FFV	fórmula fisionómica de la vegetación
FONAFIFO	Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
H	índice de Shannon-Wiener
ha	hectáreas
I.V.I	índice de Valor de Importancia
I_J	coeficiente de similitud de Jaccard
I_S	coeficiente de similitud de Sorensen.
m	metros
MEA	Evaluación de los Ecosistemas del Milenio
mm	milímetros
°C	grados Celsius
PA	potrero arbolado
PT	plantación de teca
PTM	parcelas temporales de muestro
RIFA	Red Internacional de Forestería Análoga
S	riqueza específica
SER	Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica
λ	índice de Simpson

1. INTRODUCCIÓN

Los humanos requieren de una gran cantidad de especies de plantas y animales, los cuales proporcionan los recursos necesarios para nuestra subsistencia. El MEA (2005) explica que las poblaciones humanas y el consumo de recursos dominan la mayoría de los ecosistemas; además, que la reducción y pérdida de los recursos naturales, por actividades y prácticas de uso no sostenibles, deterioran y degradan el ambiente, afectando la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras; por lo que la conservación de la diversidad de especies y ecosistemas del planeta es imperativa.

Específicamente, la transformación de los bosques húmedos tropicales que resulta de las actividades humanas es una de las principales causas directas por lo que la biodiversidad se está perdiendo en el mundo (Kattan, 2002).

La degradación actual de los ecosistemas a nivel mundial se ha intensificado y está generando no solo la pérdida de los recursos naturales que los componen, si no también una disminución en la disponibilidad de elementos de la biodiversidad que generan condiciones favorables de vida para los seres humano (Ranganathan y Daily 2008).

El MEA (2005) establece que las principales causas directas de la destrucción de la naturaleza son: la transformación del territorio, la contaminación, la sobreexplotación de los recursos naturales y la introducción de especies exóticas. Además también sugieren como respuesta para enfrentar esta situación, el establecimiento de áreas de conservación y el fomento de todas aquellas prácticas de manejo y explotación sostenible de los recursos naturales.

A esto último, Bennett (2004) y Morales et al. (2008) agregan que se deben enfatizar en los patrones de paisaje, como pudieran ser prácticas productivas agroecológicas y de forestería análoga, que faciliten la conectividad para las especies, comunidades y procesos ecológicos, como elementos claves para la conservación de la vida silvestre en ambientes modificados.

Ante la pérdida inminente de biodiversidad y la destrucción de los ecosistemas naturales, debido a las acciones humanas, surge la Forestería Análoga como una alternativa ambiental, que cubre el aspecto económico y la sustentabilidad de las comunidades locales.

Determinar cuales son los recursos naturales con los que contamos en un área y momento específico, es de suma importancia para promover cualquier estrategia de conservación y desarrollo conforme con las necesidades propias de un lugar. El conocimiento de la flora se hace preciso para numerosas actividades de investigación y desarrollo por su importancia como fuente de materia prima para el hombre.

Para manejar adecuadamente los recursos de la naturaleza, primeramente, se deben conocer las plantas y animales que existen, donde están y cuantos hay; por tal razón, buscamos realizar un inventario florístico para determinar la composición de especies vegetales (principalmente arbóreas), la

diversidad y la fisionomía de cuatro diferentes tipos de sistemas: potrero arbolado (PA), Plantación de Teca (PT), bosque secundario natural (BN) y bosque de forestería análoga (FA) en Londres, Cantón de Aguirre, Costa Rica.

Londres pertenece a la área de conservación Pacífico Central (ACPC) y fue escogido como sitio de estudio porque es uno de los pocos lugares en Costa Rica que cuenta con fincas con FA; el cantón de Aguirre cuenta con mucha diversidad biológica y paisajes hermosos que atraen a turistas nacionales y extranjeros; por lo que se reconoce la importancia de establecer mecanismos que estimulen prácticas productivas más amigables con el ambiente.

La forestería análoga es una técnica que intenta crear una estructura física y una serie de relaciones ecológicas análogas al estado natural del bosque usando árboles y plantas similares al bosque natural en sus dimensiones, función ecológica y estructura, que son a la vez útiles para el ser humano (RIFA 2007, RIFA 2008a, Shanley et al. 2008).

La producción de especias en sistemas de FA es una actividad sostenible que actualmente busca poder acceder al pago por servicios ambientales, que de lograrse, podría motivar a que otros finqueros cambien sus sistemas tradicionales de menor complejidad estructural y con altos insumos de agroquímicos, que son insostenibles desde el punto de vista económico y que no favorecen la conservación de la biodiversidad (Senanayake 2000, Bekins 2009).

El levantamiento de datos utilizando parcelas temporales de muestro (PTM) proporcionará posibilidades de realizar un ensayo de investigación ecológica y ambiental en corto tiempo permitiendo descubrir como se compone taxonómica y estructuralmente, y que tan diversa es la comunidad vegetal.

La investigación es de tipo exploratoria y tiene el propósito de describir el estado actual de los sistemas de FA que existen en Londres, buscando brindar información que contribuya a la elaboración y consecución de programas de conservación (conectividad, zonas de amortiguación, planes de manejo, etc.) para la ACPC y rediseños de los sistemas de forestería análoga en tanto en Londres, como en sus alrededores.

Los resultados aportarán información útil para el manejo de paisaje, la restauración de sistemas degradados y la recuperación de suelos frágiles; así como también, visualizar la conveniencia del diseño de forestería análoga en proyectos que intentan beneficiarse de pagos por servicios ambientales.

Resaltamos que la información obtenida se basará en criterios biológicos, con datos veraces y verificables obtenidos de manera sistemática y con rigor, utilizando el método científico.

1.1. *Objetivos del estudio*

1.1.1. *Objetivo general*

Contribuir al conocimiento sobre el potencial de la forestería análoga en cuanto a la conservación de la biodiversidad vegetal en Londres, Cantón de Aguirre, Costa Rica.

1.1.2. *Objetivos específicos*

- Determinar el aporte de los sistemas de forestería análoga a la conservación de la biodiversidad a través de la descripción, evaluación y comparación de su estructura, composición y diversidad de la vegetación para cuatro tipos de sistemas.
- Sistematizar la experiencia del manejo bajo una propuesta de forestería análoga en la finca Fila Marucha.

1.2. *Hipótesis del estudio*

Dado que los árboles son el componente principal de la diversidad, la estructura y la función de los bosques (Denslow, citado por Arroyo y Madujano 2008) y que la altura de los estratos, la frecuencia y número de especies arbóreas son parámetros apropiados para describir la fisionomía de una comunidad boscosa (Holdridge 2000); la hipótesis de estudio a probar es que la composición florística y fisionómica de la vegetación varía entre los cuatro sistemas estudiados.

En el contexto del estudio, significa que si los bosques de FA actualmente tienen características parecidas de estructura, composición y diversidad que los parches de BN, siendo homólogos en tamaño y otras condiciones, ambos estarían prestando los mismos servicios al mantenimiento de la biodiversidad.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. *Importancia de conservar la Biodiversidad*

Biodiversidad significa la variabilidad entre los organismos vivos de todas las fuentes incluyendo entre otras cosas los terrestres, marinos y de otros sistemas acuáticos y el complejo ecológico del que ellos forman parte; esto incluye la diversidad dentro de la especie, entre especies y de ecosistemas (Magurran 2004).

Biodiversidad hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman, resultado de miles de millones de años de evolución según procesos naturales y también, de la influencia creciente de las actividades del ser humano (CDB 1992).

Durante la pasada década "Diversidad Biológica o Biodiversidad" ha sido uno de los más comunes tópicos discutidos, tanto en documentos científicos como políticos, ya sea a nivel nacional, regional y mundial (Magurran 2004).

Butler y Boontawee (1995) explica que los principales temas de discusión son la contribución de la biodiversidad al desarrollo social y económico, la pérdida de la biodiversidad y sus causas, cómo manejar la biodiversidad existente haciendo una utilización sostenible, instrumentos para la conservación de la biodiversidad (*in situ* y *ex situ*) y técnicas de medición y monitoreo de la biodiversidad.

El MEA (2005) afirma que la biodiversidad representa la parte fundamental de los ecosistemas con la cuales éstos proporcionan los servicios y bienes que son de bienestar para el ser humano. Estos servicios incluyen el de aprovisionamiento tales como alimento, agua, madera y fibra; de regulación tales como la regulación del clima, de inundaciones, de enfermedades y de la calidad del agua; culturales tales como recreación, disfrute estético y desarrollo espiritual; y de apoyo tales como formación del suelo, fotosíntesis y ciclos de nutrientes. El bienestar humano es el resultado de muchos factores, muchos directamente o indirectamente ligado a los servicios de la biodiversidad y del ecosistema.

Biodiversidad es definida como la variedad y variabilidad entre los seres vivos y los sistemas ecológicos en los que ellos existen. Generalmente la biodiversidad es dividida en tres componentes: diversidad ecológica, diversidad de especies, diversidad genética (Sandlund, citado por Butler y Boontawee 1995).

La biodiversidad comprende igualmente la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, y cuyas mutuas interacciones y con el resto del entorno, fundamentan el sustento de la vida sobre el planeta (CDB 1992).

La forma más sencilla de medir diversidad es contar el número de especie. El número de especies es el primero y más antiguo concepto de diversidad de especies, y es llamado riqueza de especies. Actualmente, existen diversos métodos de medición de la diversidad de especies que combinan los conceptos de número de especies y la abundancia relativa (Krebs 2000, Magurran 2004).

Gentry (1988) afirma, que los bosques húmedos tropicales representan las comunidades naturales terrestres más ricas en especies vegetales, por el criterio empleado de número o riqueza de especies arbóreas, y a veces palmas y lianas, mayores a 10 cm de dap, siendo posible encontrar hasta 200 especies por hectárea.

2.2. *La restauración ecológica*

La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica (SER por sus siglas en inglés) define la restauración ecológica como el proceso de apoyar la recuperación de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido. En otras palabras la restauración ecológica es el esfuerzo práctico por

recuperar de forma asistida las dinámicas naturales tendientes a restablecer algunas trayectorias posibles de los ecosistemas históricos o nativos de una región.

La restauración ecológica surge como una actividad para contrarrestar de alguna manera los efectos negativos que se han ido acumulando a través del tiempo y que al final amenazan la existencia misma del ser humano en el planeta. Meli (2003) indica que la restauración ecológica, fundamentalmente, se ha centrado en el análisis de la problemática de la regeneración secundaria y la reversión del proceso de degradación; además de que se enfoca hacia la rehabilitación biótica y abiótica de los sistemas naturales, con la idea de restituir su estructura y procesos funcionales.

La restauración ecológica se considera entonces necesaria cuando los procesos de regeneración natural de los ecosistemas degradados son insuficientes o demasiado lentos para la recuperación de los mismos en un tiempo razonable, es decir, cuando ocurren en el transcurso de varias décadas (Brown y Lugo 1994).

2.3. *Pagos por servicios ambientales*

América latina representa uno de los escenarios mundiales más ricos en aprovisionamiento de bienes y servicios ambientales, pero también concentra sociedades con críticos desequilibrios socio-económicos, acarreado grandes riesgos de impactos sobre la biodiversidad. En Centroamérica, más de 9 millones de hectáreas de bosques maduros han sido deforestados para la expansión de pastos, y más de la mitad de estas áreas está degradada (Ibrahim 2007).



Figura 1. Fincas con FA y bosques naturales, sometidos al pago por servicios ambientales

En algunos países centroamericanos se están desarrollando herramientas de incentivos para la adopción de buenas prácticas que favorezcan las actividades productivas más amigables con el medio ambiente a través de pagos por servicios ambientales, incluyendo secuestro de carbono y conservación

de biodiversidad. Los sistemas de forestería análoga son un ejemplo concreto, de que se puede lograr producción con un bajo impacto ambiental.

En Costa Rica existe el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), el cual es una entidad financiera que fomenta el desarrollo sostenible y la generación de mercados para los bienes y servicios de los ecosistemas, a través de la ejecución del Programa de Pago de Servicios Ambientales, para beneficio de los pequeños y medianos propietarios de terrenos con bosque o de aptitud forestal, con el fin de promover el mantenimiento y la recuperación de la cobertura forestal del país (FONAFIFO 2009).

Vaz (2000) muestra los principios y prácticas detrás de la forestería análoga, y destaca que ésta ha sido utilizada con éxito en la restauración ecológica de pastizales abandonados con suelos completamente degradados, logrando en un periodo de entre 5 y 8 años un bosque análogo más diverso y productivo; sin el uso fertilizantes químicos, herbicidas, plaguicidas y maquinaria pesada.

Senanayake (2000) señala que es necesario incentivar una serie de estrategias que fomenten el desarrollo de productos ambiental y socialmente sostenibles, como los que pueden derivarse de la Forestería Análoga, que permitan a la comunidad local mayores entradas de dinero por la venta de sus productos y el desarrollo de mercados que promuevan una mayor rentabilidad en la actividad.

Gamboa (2001) detalla las sinergias entre las iniciativas de las convenciones de biodiversidad, desertificación y cambio climático, con las actividades y principios de la forestería análoga. Entre las actividades menciona la conservación de especies nativas, recuperación de áreas degradadas, revegetación de cuencas, diversificación de cultivos, generación de nuevas alternativas económicas, conectividad del paisaje.

2.4. La Forestería Análoga

La forestería análoga es una metodología que rebasa las prácticas agroforestales, ya que se enfoca explícitamente en la identificación de la diversidad biológica en el bosque y su incorporación en fincas a restaurar en términos de especies forestales y de otras categorías; que implique una retribución económica para los pequeños productores (RIFA 2007, RIFA 2008a, Shanley *et al.* 2008).

En esencia la forestería análoga intenta imitar a la naturaleza; identificando las especies locales, la comunidad serial y asociación; en donde se busca producir óptimos beneficios al finquero, sustituyendo algunas especies locales por otras análogas que sean más beneficiosas que ocurran en la misma condición natural y fase de sucesión (Vaz 2000).

Este es un sistema que permite el desarrollo de una estructura física similar a la del bosque original, permitiendo que muchas especies locales se dispersen y así se contribuya a la restauración de

los ecosistemas degradados brindando mayor calidad de vida a los pobladores locales (Senanayake 2000).

Penereiro citado por Vaz (2000) comparó sistemas de forestería análoga con edad de 12 años y con otros sistemas agroforestales, y encontró que la vegetación en los sistemas de forestería análoga fue más diversa y mejor balanceada, y también que, la sucesión del sistema fue más avanzada. La explicación dada a la diferencia entre los sistemas se refiere al efecto combinado de mayor permanencia de una capa de hojarasca, árboles con raíces más profundas, mayor actividad microbiana y mayor concentración de nutrientes en el suelo.

Las técnicas de reforestación con sistemas de forestería análoga pueden aplicarse en los sitios más vulnerables de los corredores biológicos para que éstas puedan vigorizar la funcionalidad del conjunto de las áreas naturales en tareas como la conservación de la biodiversidad, además de brindar otros servicios ambientales de importancia ecológica como la captura de carbono, reservorio genético de la flora arbórea nativa, estabilización del clima y del ciclo hidrológico, hábitat de la fauna, control de erosión, etc.

La forestería análoga se ha convertido en un enfoque viable con mucha aplicabilidad; por ejemplo en Sri Lanka, los bosques análogos han sido establecidos para dar valor agregado a los productos locales y para facilitar el manejo paisajístico; en Colombia se están usando para recuperar cortes mineros dejados después de la destrucción causada por la extracción de oro; en Ecuador han sido introducidos para estimular un cambio de la manera que los campesinos, propietarios del ganado, usan sus tierras; y en Canadá, la forestería análoga ha incrementado la biodiversidad de los cultivos y la biota en los bosques madereros (Senanayake 2000). Actualmente, existe la Red Internacional de Forestería Análoga RIFA que tiene miembros activos que están implementando proyectos en más siete países.

Estudios realizados por Nuberg y Evans (1993), referente al uso de leguminosas leñosas en barreras como control de erosión en diferentes modelos de fincas, encontró que el modelo con 40% de cultivos estacionales, 20% de cultivos permanentes (café-pimienta) y 40% de forestería análoga generó un mayor compromiso con los propietarios bajo consideración para la promoción de esta práctica.

Jayantha (2006) determinó que la buena voluntad de los finqueros; con cultivos tradicionales de té en la zona de amortiguamiento, que rodea la selva tropical natural de Sinharaja en Sri Lanka (patrimonio mundial); de cambiar sus actuales prácticas agrícolas a un sistema de forestería análoga tenía una correlación positiva significativa con el grado de educación.

2.5. Principios de la Forestería Análoga (RIFA 2008a)

Forestería análoga es un sistema de cultivo de árboles y otras plantas que busca establecer un ecosistema dominado por árboles que sea análogo en estructura arquitectónica y en funciones ecológicas a la comunidad vegetal madura original del sitio. Cuando un ecosistema es diseñado para ser análogo a una comunidad vegetal en estado maduro, la eficiencia y la dinámica de los procesos naturales puede ser replicado. Este bosque casi natural es diseñado para imitar los aspectos estructurales y funcionales del bosque local y adicionalmente, brindar beneficios económicos a los propietarios de las fincas.

Principio 1 – Observar y registrar

Observe los ecosistemas y la distribución de la biodiversidad en el área a tratarse. Registre las especies y ecosistemas presentes en el área bajo tratamiento. Los primeros datos ayudarán al constituir una línea de base para poder evaluar sus cambios en las observaciones futuras. Es importante registrar la fórmula fisionómica para los tipos de vegetación.

Principio 2 – Comprender y Evaluar

Hay que comprender el ecosistema sintetizando las observaciones y registros con toda la información científica y tradicional que esté disponible.

Una parte crítica del registro es generar la base de datos sobre las especies vegetales que están (o estaban) presentes en el área y las potenciales especies nuevas que se consideran; dicha base de datos debe iniciarse desde el principio del proyecto. Una vez que se comprendan los componentes del ecosistema en cuestión, es posible evaluar las especies que contiene en términos de los objetivos de la gestión.

Principio 3 – Conocer su terreno

Es importante comprender bien la geografía del terreno, sus peculiaridades e historia, previamente al diseño. Se debe conocer la tierra en términos de las condiciones de sus suelos y su biodiversidad. Se debe hacer un mapa cuidadosamente trazado que identifique los elementos más pertinentes de la finca y que refleje no sólo la situación actual sino también la condición futura deseada.

Principio 4 – Identificar los niveles de rendimiento

Identifique los diferentes productos económicos posibles como consecuencia del diseño. Todos estos productos tendrán un nivel óptimo de extracción.

Principio 5. Mapas de los sistemas de flujo y reservorio (existentes y potenciales)

Es importante comprender los sistemas de flujo por el área del terreno o la finca objeto de la gestión, para definir su diseño. Usualmente es contraproducente cruzar y cortar los sistemas de flujo.

Seguir, aumentar o amortiguar los sistemas de flujo para mejorar el ecosistema objeto del diseño, mejorará la productividad del cultivo u otro organismo.

Principio 6 – Reducir el índice de energía externa en la producción

Los incrementos en los insumos externos de energía impactan en la biodiversidad y en la sostenibilidad porque simplifican el sistema. Los incrementos en la energía para un ecosistema representan una medida para abordar la modificación del sistema. Mientras mayor sea la modificación del sistema, más dependerá de los insumos externos. En un sistema agropecuario fuertemente energético-dependiente, se ha sustituido al sistema natural o biológico y se ha creado un entorno artificial para permitir una mayor producción. Semejante sistema no sólo es insostenible – crea un ciclo de dependencia que el operador encontrará difícil de escapar.

Principio 7 – Guiarse por el paisaje y las necesidades de sus vecinos

La interconexión de estos relictos de hábitat mediante corredores reducirá la vulnerabilidad de sus poblaciones ante la extinción. Las pequeñas poblaciones aisladas están en peligro especialmente de extinguirse por los permanentes factores deterministas y la mayor influencia de procesos estocásticos. Mientras más análogo sea al hábitat original, más eficaz será el corredor. Otra posibilidad para incrementar el tamaño de los parches remanentes es creando una zona de vegetación alrededor, análoga al ecosistema original, que se expande hacia fuera.

Principio 8 – Seguir la sucesión ecológica

Al diseñar la estructura, la etapa serial que mejor se adapta a los cultivos seleccionados determina el modelo. Las etapas pioneras en la mayoría de los ecosistemas son diversas e incorporan una gama de tipos de plantas capaces de lograr una alta productividad, que es el enfoque reflejado en mucha agricultura tradicional. Las primeras etapas seriales de los ecosistemas forestales dan la siguiente fase de crecimiento o desarrollo.

Principio 9 – Utilizar los procesos ecológicos

La incorporación de los procesos ecológicos en el diseño siempre contribuye a una mayor estabilidad. Todos los ecosistemas son impulsados por una serie de procesos, algunos de éstos significativos para ayudar a mantener la estabilidad y productividad. Los procesos ecológicos en todo ecosistema permiten aumentar la eficiencia mediante la gestión.

Se pueden identificar procesos clave: los efectos de margen, donde el ecotono o frontera entre dos ecosistemas facilita una mayor biodiversidad; las especies “keystone”, de cuya persistencia depende gran número de otras especies del ecosistema, y cuyos impactos son mayores a lo que se esperaría por su relativa abundancia o biomasa total; o el uso de las especies indicadoras, organismos que corresponden a un cierto nivel o estado de biodiversidad. Estos conceptos ecológicos permitirán diseñar un modelo eficaz y elegante.

Principio 10 – Valorar la Biodiversidad

La biodiversidad proporciona el material y también los indicadores para la gestión sostenible de la tierra. Los altos niveles de diversidad en el campo agrícola producen efectos positivos de control biológico, distribuyen el riesgo productivo y de comercialización, y distribuyen las necesidades de mano de obra para que una sola familia pueda cubrirlas.

Principio 11 – Respetar la Madurez

La madurez es la condición final hacia la cual todo ecosistema tiende a evolucionar. La sucesión serial – la modificación gradual de las especies y estructuras en un ecosistema durante su evolución hacia la madurez – es una consideración de singular importancia en el diseño. La madurez es un proceso más que una condición terminal. Los ecosistemas maduros suelen contener más biomasa, aunque no necesariamente más biodiversidad que los sistemas más inmaduros. Ya que la madurez confiere estabilidad, todo elemento de un paisaje que puede madurar debe ser apoyado para que madure.

Principio 12 - Responder creativamente

A fin de cuentas, todo artista tiene que usar la paleta de colores que tiene a mano. La base de datos puede ser incompleta y los mapas pobres. A menudo, los datos sobre la región pueden ser insuficientes, y el conocimiento personal de los paisajes o ecosistemas puede ser superior a los datos malos. La gestión y el monitoreo tienen que proceder en una escala convenida. Hay que sesgar la respuesta al cambio del paisaje para favorecer la biodiversidad del sistema, antes que las acciones en base al tiempo. Todo esto requiere, para la persona que diseña, respuestas hábiles y creativas.

2.6. *Fórmula fisionómica de la vegetación (FFV)*

La cobertura vegetal es posiblemente el indicador más directo, factible y sencillo para la interpretación en un ecosistema, dado que cada sistema tiene características específicas de estructura y funciones ecológicas; y es por esto que se utiliza la fórmula fisionómica de la vegetación, para describir como es la cobertura vegetal de los bosques que queremos replicar en tanto en estructura, como en función (Senanayake y Jack 1998, Fundación Rescate del Bosque Tropical 2001).

Según la RIFA la aplicación de la fórmula para la descripción ecológica de bosques o fórmula fisionómica de la vegetación, nos permite obtener de una manera fácil y rápida una descripción simbólica de la estructura del componente vegetal presente en el área de tratamiento (FRBT 2001, RIFA 2008).

Deben seguirse los siguientes pasos para la aplicación de la fórmula fisionómica de la vegetación: ubicarse en el área de evaluación, definir los números de estratos, determinar la altura de cada estrato, determinar la cobertura de cada estrato, determinar la consistencia de cada hoja, determinar el tamaño de la hoja, separar cada estrato, describir el último estrato.

La tabla 1 muestra los símbolos utilizados para la descripción de la estructura del componente vegetal.

Tabla 1. Fórmula fisionómica de la vegetación	
<i>Formas Básicas de Crecimiento</i>	Símbolo
<p style="text-align: center;">Plantas leñosas</p> <p style="text-align: center;">Siempreverdes de hoja ancha</p> <p style="text-align: center;">Deciduos de hoja ancha</p> <p style="text-align: center;">Semidecduo (V+D)</p> <p style="text-align: center;">Plantas herbáceas</p> <p style="text-align: center;">Gramíneas</p> <p style="text-align: center;">Helechos</p> <p style="text-align: center;">Líquenes y Musgos</p>	<p>V</p> <p>D</p> <p>S</p> <p>G</p> <p>H</p> <p>L</p>
<i>Formas de Crecimiento Especial</i>	
<p style="text-align: center;">Trepadoras (Lianas)</p> <p style="text-align: center;">Musáceas</p> <p style="text-align: center;">Bambúes</p> <p style="text-align: center;">Epífitas</p> <p style="text-align: center;">Palmas</p>	<p>T</p> <p>M</p> <p>B</p> <p>E</p> <p>P</p>
<i>3. Características de la hoja</i>	
<p>Consistencia</p> <p style="padding-left: 20px;">Dura</p> <p style="padding-left: 20px;">Suave</p> <p style="padding-left: 20px;">Suculenta</p> <p>Tamaño</p> <p style="padding-left: 20px;">Mesofila (>12.7 cm)</p> <p style="padding-left: 20px;">Notofila (12.6 – 7.6cm)</p> <p style="padding-left: 20px;">Microfila (7.5-2.5cm)</p> <p style="padding-left: 20px;">Nanofila (< 2.5cm)</p>	<p>d</p> <p>s</p> <p>z</p> <p>g</p> <p>m</p> <p>p</p> <p>n</p>

<i>4. Tipo de altura</i>	
mayor que 35 m	8
20-35 m	7
10-20 m	6
5-10 m	5
2-5 m	4
0.5-2 m	3
10-50 cm	2
menos de 10cm	1
<i>5. Cobertura</i>	
Continua (< 75%)	c
Interrumpida (50 - 75%)	i
En parches (25 - 50%)	p
Raro (de 6 a 25%)	r
Esporádico (1 - 6%)	e
Casi ausente (> 1%)	a

Fuente: Manual Práctico de Forestería Análoga (Fundación Rescate del Bosque Tropical 2001).

Ejemplo de una fórmula fisionómica de vegetación es: D8asp,V7csm,V6psg-m, V5rsm-p,V4rsm-p,V3psm-p,V2rsm-p,V1asm-p;P4r,P3e;G2a;F3r;H2e;R2e;E4-6p;T4-6i.

Esta fórmula se interpreta de la siguiente manera: el primer estrato lo comprenden árboles con altura mayor a 35 m, donde encontramos especies deciduas, con cobertura menor al 1%, que tienen hojas suaves y pequeñas. El segundo estrato lo conforman árboles siempreverdes con altura entre 20 y 35 m, con cobertura mayor al 75%, que tienen hojas suaves y medianas. El tercer estrato lo componen árboles siempreverdes con altura entre 10 a 20 m, con cobertura entre 25 y 50 %, que tienen hojas suaves de grandes a medianas. El cuarto estrato corresponde a árboles siempreverdes con altura entre 5 y 10 m, con una cobertura entre 6 y 25%, que tienen hojas suaves de medianas a pequeñas. El quinto estrato comprende especies leñosas siempreverdes de entre 2 a 5 m de altura, con cobertura entre 6 y 25%, que tienen hojas suaves de medianas a pequeñas.

El sexto estrato lo conforman especies leñosas siempreverdes de entre 0.5 a 2 m de altura, con cobertura entre 25 y 50%, que tienen hojas suaves de medianas a pequeñas. El séptimo estrato corresponde a especies leñosas siempreverdes de entre 10 a 50 cm de altura, con cobertura entre 6 y

25%, que tienen hojas suaves de medianas a pequeñas. El último estrato comprende especies leñosas siempreverdes de menos de 10 cm de altura, con cobertura menor al 1%, que tienen hojas suaves de medianas a pequeñas.

En el quinto estrato (entre 2 y 5 m de altura) también encontramos palmas con cobertura entre 6 y 25%. En el sexto estrato (entre 0.5 y 2 m de altura) hallamos palmas y helechos con cobertura entre 1 y 6%, y entre 6 y 25%, respectivamente. Las gramíneas, plantas de ramillete y otras herbáceas las encontramos en el séptimo estrato (entre 10 a 50 cm de altura); las gramíneas tienen una cobertura menor al 1%, y las plantas de ramillete y hierbas tienen una cobertura entre 1 y 6%. Las epífitas y trepadoras van desde en los estratos tercero, cuarto y quinto, con cobertura de entre 25 y 50%, y entre 50 y 75%, respectivamente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

El área de estudio se localiza en Londres (9°27'58'' N y 84°03'31'' O), Cantón de Aguirre, CR. Todas las PTM estuvieron en un mismo rango altitudinal (100-300 msnm). La zona de vida corresponde a bosque muy húmedo tropical (bmh-T) y transición a premontano, el cual presenta un ámbito de precipitación que fluctúa entre 4000 y más de 6000 mm de precipitación media anual, y las temperaturas fluctúan entre los 18° y 24° C (Bolaños *et al.* 2005).

El tipo de relieve predominante son llanuras bajas y planicies suavemente inclinadas y en partes onduladas; y los suelos predominantes son aluviales con drenaje de moderado a pobre y litosoles (Nuhn 1978).

Existen dos fincas con once y ocho hectáreas aproximadamente de FA que sostienen cultivos de especias, principalmente vainilla y pimienta. Estas fincas se consideran que están bajo el sistema de FA desde hace más diez años (Bekins 2009) porque la estructura y funciones que brinda la plantación tratan de imitar el bosque natural local, por lo que cuenta, además de los cultivos que aprovecha, con árboles y vegetación menor nativa, dispersada naturalmente o plantada. Estas fincas cuentan además, con lotes con varios parches de bosque secundario natural cercanos, con edades aproximadas a la de los bosques de FA.

El auge del turismo en Quepos ha ido en ascenso desde hace años por lo que produjo un cambio del modo de vida de los habitantes de las áreas cercanas, por lo que muchos de los parches de bosque secundario no están siendo intervenidos o utilizados (Bekins 2009). El mapa 1 muestra que el área de estudio colinda con la Zona Protectora Cerro Nara, que a su vez, colinda con la Reserva Forestal Los Santos.

Los bosques naturales donde se establecieron las parcelas estudio tienen poco más de 30 años, las plantaciones de Teca tienen cerca de 20 años y los potreros arbolados tienen más de 40 años con ese uso de suelo. Todos estos sitios se encuentran en la localidad de Londres y están próximos entre sí.

En la figura 2 se muestra la ubicación de la localidad de Londres y las áreas protegidas cercanas a la finca bajo Forestería Análoga. Actualmente, se tiene la iniciativa de establecer un corredor biológico a lo largo del Río Naranjo con la intención de proteger y conservar las poblaciones del momo tití, *Saimiri oerstedii citrinellus*.



Figura 2. Mapa de ubicación de finca en estudio, parcelas de muestreo y áreas protegidas

3.2. Descripción general del estudio

3.2.1. Consideraciones para la realización de un inventario florístico

El conocimiento que se tiene sobre la composición florística de los bosques tropicales sigue siendo extremadamente pobre, lo que limita la posibilidad de hacer generalizaciones de patrones de diversidad de los bosques, ya sea con propósitos científicos o de conservación (Berry 2002).

Los primeros conocimientos ecológicos de una comunidad vegetal se logran con el análisis de la composición florística arbórea. Las metodologías son variadas. En el trabajo de campo, el uso de parcelas temporales o permanentes de muestreo, es el más frecuente. Las parcelas varían de forma y tamaño, pudiendo ser circulares, cuadradas o rectangulares y por lo general, miden menos de 1 hectárea (Podran et al. 1997, CATIE 2002).

En cuanto a la clase de tamaño de los árboles muestreados en un estudio de campo se considera con más frecuencia los árboles grandes, individuos con dap (diámetro a la altura del pecho, o sea, 1.3 m desde la base, mayor o igual a 10 ó 20 cm). Las variables dasonométricas que más frecuentemente se registran son dap, fuste y altura total (Podran et al. 1997, CATIE 2002).

3.2.2. Establecimiento de las parcelas de muestreo

Con la ayuda de un GPS, brújula, machete, estacas, cinta de marcaje; se instalaron 12 PTM. Cada PTM se estableció con una extensión de 1,000 m² (10 m x 100 m) y dentro se delimitaron subparcelas de 10 x 20 m (5 subparcelas). Para el levantamiento de los datos en campo se hará un muestreo sistemático. El inventario se estableció en un total de 12,000 m² (tamaño de la muestra).

La medición de los diferentes parámetros de estructura, composición y diversidad de la vegetación en los ecosistemas de PA, PT, BN y FA se realizaron sobre la base de criterios técnicos recomendados por Lamprecht (1990), Krebs (2000), Holdridge (1978), Moreno (2001), RIFA (2008b).

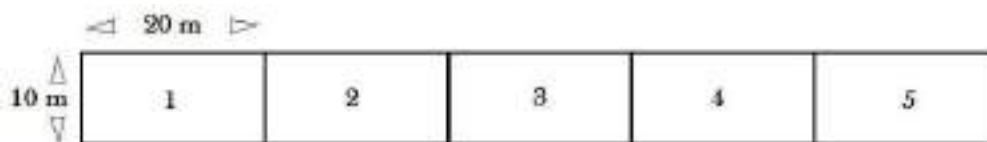


Figura 3. Esquema de la parcela temporal de muestreo y las subparcelas

3.2.3. *Identificaciones y datos de Campo*

En las PTM se evaluaron los siguientes parámetros dasonómicos de todos los individuos ≥ 10 cm de diámetro a nivel del pecho (dap): dap, la altura del fuste y la altura total (la que alcanza la copa) del árbol.

Se usó una cinta diamétrica para cubrir la circunferencia del tronco a 1.3 m de altura desde la base de este. Las medidas del largo del fuste y altura total se tomaron con un clinómetro.

3.2.4. *Identificación taxonómica de los árboles*

La identificación taxonómica consiste en determinar el nombre científico de las plantas y su relación filogenética con otras especies. Todos los árboles con más de 10 cm de dap, se identificaron hasta especie por José Jiménez (botánico).

3.3. *Análisis de los datos*

3.3.1. *Complejidad de la comunidad*

La complejidad de la comunidad se estimó mediante el cálculo del índice de complejidad (IC), la cual utiliza los cuatro factores más importantes medidos en estudios ecológicos. Holdridge (1978), dedujo la siguiente fórmula:

$$IC = 10^{-3} h d b s$$

donde: **h** es la altura del rodal en metros

d número de árboles con dap ≥ 10 cm,
por un décimo de hectárea

b es el área basal en metros cuadrados,
calculada del dap de los árboles con diámetro
 ≥ 10 cm, por un décimo de hectárea.

s es el número de especies de árboles con dap
 ≥ 10 cm, por un décimo de hectárea.

Este índice se basa en muestreos de 1000 m², los cuales incluyen todos los árboles de dap ≥ 10 cm. Además, se deben tomar, por lo menos, tres parcelas para cada sitio. Holdridge (1978) encontró que los valores del índice de todo bosque natural maduro localizado en una misma zona de vida deben ser aproximadamente iguales. En este estudio, IC se usa para medir la complejidad de sistemas de bosques culturales y natural secundario joven; por lo que se le está dando un nuevo uso a esta herramienta, por lo que también se estudia cada variable separadamente.

3.3.2. Estimación de la diversidad

Para este estudio diversidad se define como la variabilidad y abundancia de especies en una unidad de muestreo o PTM. Se estimó la diversidad florística para la comunidad arbórea \geq de 10 cm de dap de las PTM utilizando los siguientes índices: riqueza específica (S), índice de Margalef (D_{mg}), índice de Shannon-Wiener (H), índice de Simpson (λ), Coeficiente de Similitud de Jaccard (I_j) y Coeficiente de similitud de Sorensen (I_s). Metodología en Krebs (2000) y Moreno (2001).

3.3.3. Fórmula fisionómica de la vegetación

Se definió el número de estratos del bosque utilizando las PTM. Se determinaron la altura, cobertura, consistencia y tamaño de la hoja para cada estrato. Se describió de manera similar las plantas no arbóreas usando sólo las características de tipo de planta, la altura o rango de altura que ocupa la planta y la cobertura. Se escribió la fórmula. Metodología en RIFA (2008b).

3.3.4. Perfiles de vegetación

El perfil de vegetación es un método de representación gráfica de la distribución de las plantas (principalmente del componente arbóreo) a lo largo de un trayecto, en sentido vertical. Este perfil posee la fisionomía de la asociación que representa y además, permite generalizar la estructura básica del bosque.

Se hizo un perfil esquemático de los árboles para cada unidad de muestreo.

3.3.5. Valoración ecológica

Permite determinar los efectos ambientales de cada sistema de manejo y para comprender el valor de la biodiversidad y considerar este aspecto en la planificación de forestería análoga. Metodología en RIFA (2008b).

Para realizar la Valoración Ecológica se establecen cuatro criterios, según la RIFA (2008b): suelo, estructura, biodiversidad y productividad.

Los indicadores utilizados para la evaluación ecológica de las PTM en PA, PT, BN y FA son los mencionados en las siguientes tablas:

Tabla 2. Indicadores de la calidad del suelo		
Perfil del suelo		
Valor	Características	
1 a 2	Subsuelo casi expuesto (Presencia y predominancia de Horizonte B, no hay presencia de horizonte A)	
3 a 5	Suelo superficial delgado (Menos de 10 cm de horizonte A1)	
6 a 8	Suelo superficial más profundo (Mas de 10 cm de horizonte A1)	
Densidad aparente		
Valor	Característica	Afecta al crecimiento radicular
1 a 2	Muy Compactado	Restringe el crecimiento radicular
3 a 5	Compactado	Afecta al crecimiento radicular
6 a 8	No Compactado	No afecta al crecimiento radicular
Lombrices		
Valor	Características	
1 a 2	Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices	
3 a 5	Se observa 30 lombrices y artrópodos en pequeñas cantidades	
6 a 8	Mucha actividad biológica, abundantes mas de 200 lombrices y artrópodos	

Tabla 3. Indicadores de biodiversidad	
Componente vegetal	
Valor	Características
1 a 2	Muy poca variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (una o máximo tres especies presentes)
3 a 5	Poca variabilidad de especies(mas de 5 especies arbóreas presentes pocas especies de sotobosque)
6 a 8	Mucha variabilidad de especies arbóreas y no arbóreas (mas de 10 especies arbóreas presentes y presencia de epifitas, plantas de sombra hojas suaves y grandes plantas de sotobosque)
Componente insectos y animales	
Valor	Características
1 a 2	Muy poca presencia visible de especies animales.
3 a 5	Poca presencia visible de especies animales aves, reptiles, mamíferos, insectos
6 a 8	Presencia visiblemente abundante de especies animales, insectos, aves, reptiles, mamíferos

Tabla 4. Indicador de Productividad	
Valor	Características
1 a 2	No existe, ningún sistema productivo
3 a 5	Existe un sistema productivo para auto consumo o solo para comercialización
6 a 8	Existe un sistema productivo para auto consumo y comercialización.

Tabla 5. Indicador de estructura		
Símbolo	Áreas	Valor Ecológico
A	Pastizales	1
B	Purma Baja 1 año	2
C	Maíz - Naranja y árboles grandes	3
D	Café - Plátanos	4
E	Purma alta mas de cuatro años	5
F	Café - plátanos y árboles nativos epifitas	6
G	Bosque Análogo iniciado en plantación de café, plátano y especies arbóreas nativas y epifitas	7
H	Bosque Primario intervenido, epifitas	8

3.3.6. Índice de Valor de Importancia

El Índice de Valor de Importancia (I.V.I), formulado por Curtis & Mc Intosh, es posiblemente el más conocido de los instrumentos para evaluar la estructura horizontal de los bosques. El I.V.I se calcula para cada especie a partir de la suma de la frecuencia relativa, la abundancia relativa y la dominancia relativa. La frecuencia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies; la abundancia relativa es la proporción de los individuos de cada especie en el total de los individuos del ecosistema y la dominancia relativa de una especie se calcula como su porcentaje en la suma de las áreas basales en m^2 de todas las especies.

Con éste índice es posible comparar, el peso ecológico de cada especie dentro del ecosistema.

3.3.7. Estudio de caso

Este estudio de caso se refirió a un proceso de rescatar, interpretar y analizar lo sucedido en una experiencia muy concreta, según el eje de estudio que se haya seleccionado. No se trató únicamente de contar o describir lo que sucedió, sino, de interpretar críticamente, por qué sucedió, lo que sucedió.

El eje de estudio es “La creación y el funcionamiento de un bosque análogo en la Finca Marucha, Londres, Cantón de Aguirre, CR”; el cual sirvió para conocer la experiencia del trabajo que involucra la creación y funcionamiento de una finca con FA. Bajo la modalidad de sondeo por

entrevistas se conoció sobre la situación inicial, la etapa de intervención y desarrollo, la situación final, las lecciones aprendidas y las recomendaciones; para la creación y funcionamiento de una finca con FA.

3.3.8. Mediciones de campo

Las mediciones necesarias para el cálculo de los diferentes parámetros a evaluar (IC, índices de diversidad, fórmula fisionómica, perfiles, curva de rarefacción) son:

1. Ubicar y demarcar las parcelas (son de 10 x 100 m, para árboles con dap mayor o igual a 10 cm).
2. dap (también para área basal).
3. Identificación de las especies de árboles (número de especies por parcela y promedio de las tres parcelas).
4. Número de árboles por parcela (frecuencia de especies y densidad promedio).
5. Altura total del árbol.
6. Altura de la primera rama.
7. Profundidad de copa.
8. Anchura de copa.
9. Forma del árbol y aspecto general (incluye posición del ejemplar dentro de la parcela, forma de la copa y el modelo arquitectónico).
10. Cuestionario para el estudio de caso.

3.4. Métodos estadísticos

3.4.1. Diseño de unidades experimentales

Se realizarán un análisis de componentes principales y análisis de conglomerados para el agrupamiento de las 12 parcelas de estudio, considerando las variables para determinar el índice de complejidad.

Se utilizará el análisis de varianza junto con el método de comparaciones múltiples de LSD Fisher, para comparar las medias de las variables del índice de complejidad, para determinar las diferencias entre 4 tipos de bosques.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Mediciones de campo

Con la ayuda de un GPS marca Garmin (Sistema de Posicionamiento Global), se hizo la georeferenciación de las parcelas de muestreo. Éstas se georeferenciaron sobre la cartografía disponible del área de estudio (ver mapa 2).

En el inventario florístico, se registraron en total 528 individuos (árboles con $\text{dap} \geq 10$ cm) correspondientes a 27 familias, 47 géneros y 53 especies (anexo 1). La familia Fabaceae agrupó el 22.6% de las especies, seguida de las familias Annonaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae y Rutaceae con 5.6%, cada una. El Sistema de clasificación de angiospermas usado es el APGIII, 2009.

4.2. Complejidad de la comunidad

4.2.1. Análisis de componentes principales

Se realizó un análisis multivariado empleando el método de Componentes Principales (ACP). El ACP nos permite encontrar una representación gráfica óptima de la variabilidad de los datos observados en cuanto número de árboles, altura del dosel, número de especies, índice de Shannon-Wiener e índice de complejidad en los sistemas PA, PT, BN y FA.

A continuación, se muestra el gráfico biplot generado del ACP.

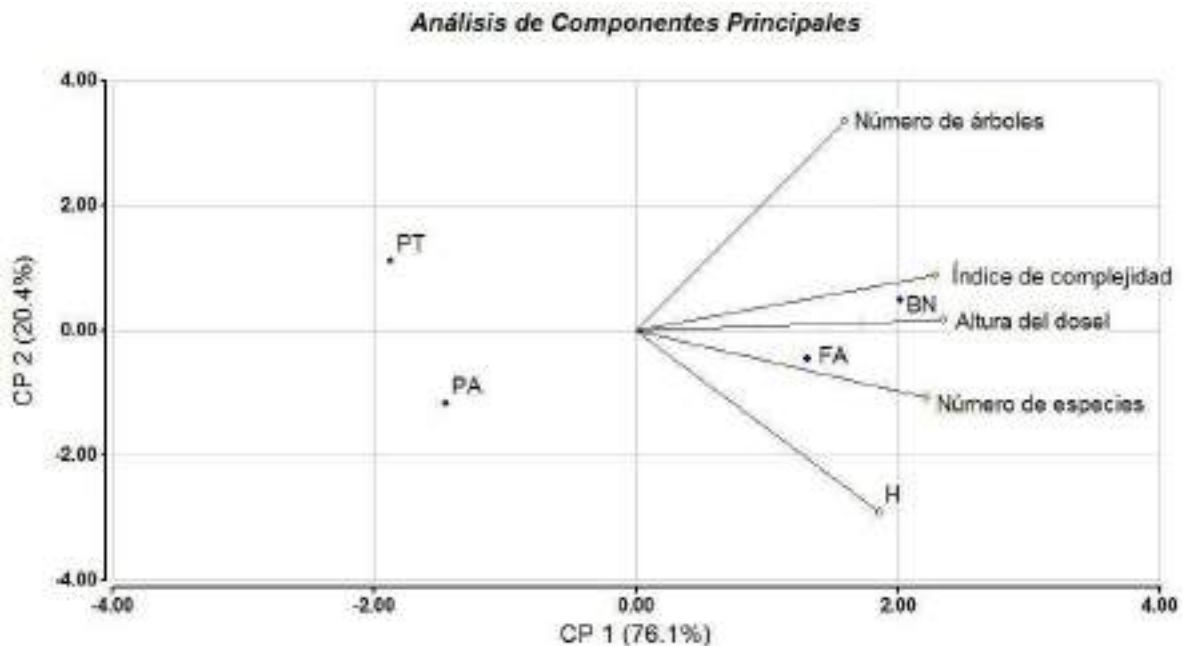


Figura 4. Análisis de componentes principales

El gráfico sugiere que todas las variables se encuentran relacionadas positivamente y que existen contribuciones similares de cada variable en la variabilidad total. Con las dos componentes se explica el 96.5% de la variabilidad total en las observaciones. En la primera componente, el gráfico apunta a que BN y FA podrían tener valores relativamente altos para las variables, y que PA y PT podrían tener valores bajos en las variables. La segunda componente indica que PT podría tener valores relativamente altos en la variable número de árboles y PA podría tener valores relativamente altos en la variable índice de Shannon-Wiener.

4.2.2. Análisis de conglomerados

La clasificación de las PTM es a priori, por lo que el análisis de conglomerados se realiza para verificar si las PTM se agrupan tal cual lo esperado, utilizando las variables para el cálculo del IC, que son número de árboles, número de especies, área basal y altura del dosel.

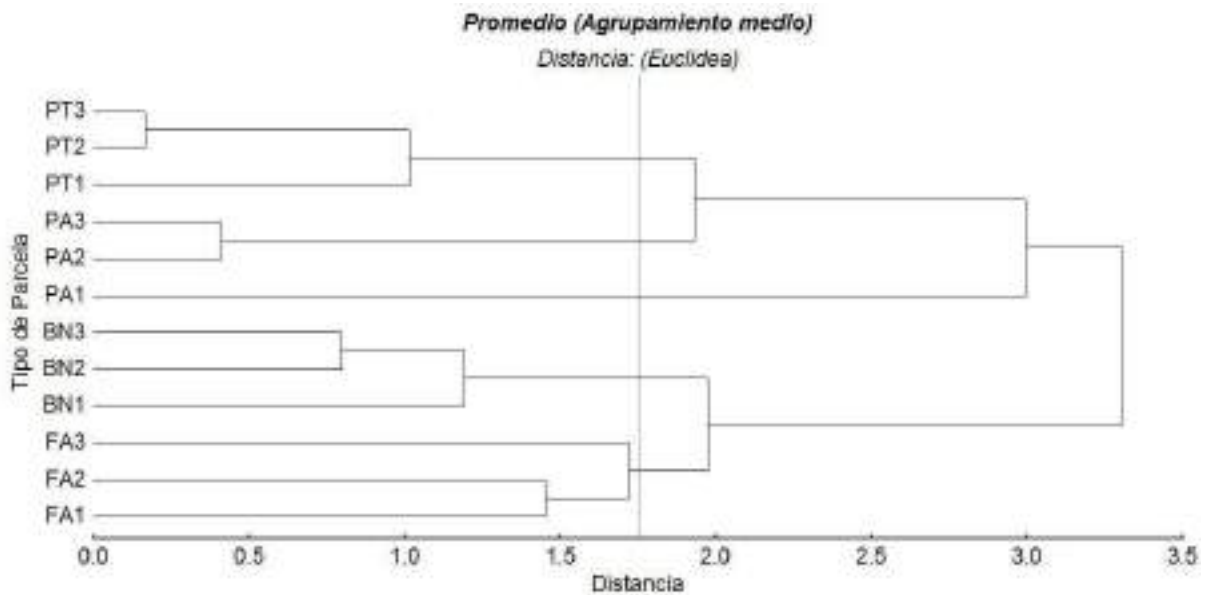


Figura 5. Dendrograma de agrupamiento por la complejidad del sistema

Se trazó una línea de referencia arbitraria que corresponde a una distancia igual al 50% de la distancia máxima; en este corte PT1, PT2 y PT3 forman un grupo, BN1, BN2 y BN3 forman un grupo, FA1, FA2 y FA3 forman un grupo y PA2 y PA3 forman otro grupo. PA1 queda separada del resto a esta distancia de corte.

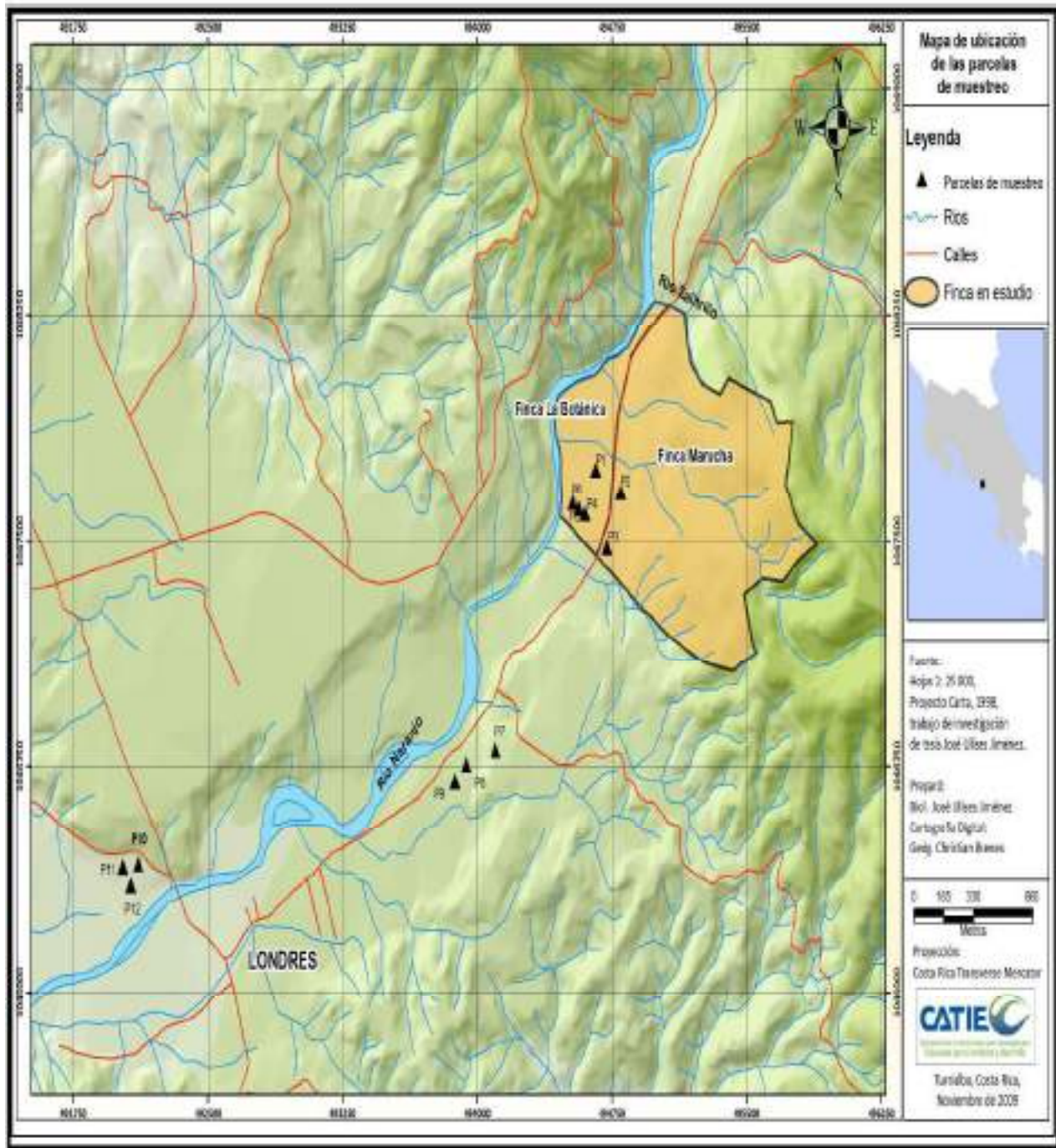


Figura 6. Mapa de ubicación de las parcelas de muestreo

4.2.3. Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza y se seleccionó el método de comparaciones múltiples propuesto por Fisher (LSD Fisher) para comparar las medias de las variables número de árboles, número de especies, valor promedio de la altura de dosel, valor promedio del área basal e índice de complejidad. Los resultados se presentan en forma de lista con las medias ordenadas de menor a mayor y acompañadas por una letra. Las medias que tienen la misma letra no muestran diferencias estadísticamente significativas entre ellas, al nivel de significación de 0.05.

Altura del dosel

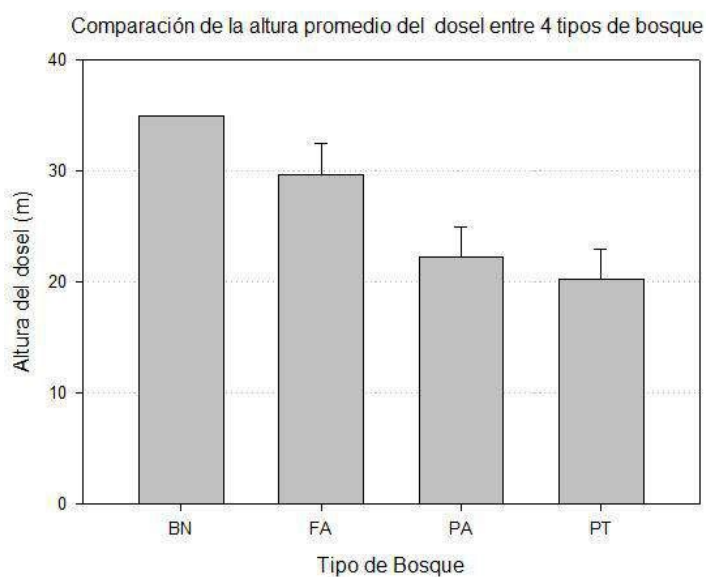


Figura 7. Comparación del promedio de la altura del dosel entre los tipos de bosque

Análisis de la varianza para la variable altura del dosel

Variable	N	R ²	R ² A	CV
<i>Altura del dosel</i>	12	0.91	0.87	8.70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	417.57	3	139.19	25.61	0.0002
Tipo de sistema	417.57	3	139.19	25.61	0.0002
Error	43.47	8	5.43		
Total	461.04	11			

El valor $p=0.0002$ del ANAVA indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable altura del dosel. El valor promedio de la altura del dosel es un indicador de la riqueza de especies y de complejidad del sistema, lo anterior se debe a que en bosques con árboles de gran tamaño, un mismo punto proyectado sobre la superficie del suelo, puede estar ocupado por varios individuos de especies diferentes, ubicados en varios niveles (enredaderas, epífitas, arbustos y herbáceas).

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=4.38915

Error: 5.4342 gl: 8

<u>Tipo de sistema</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
PT	20.27	3	A
PA	22.23	3	A
FA	29.70	3	B
<u>BN</u>	<u>35.00</u>	<u>3</u>	<u>C</u>

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher el sistema de BN presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los restantes, igual que el bosque bajo FA. La altura promedio del dosel resulto ser un factor significativo para medir la complejidad. El análisis nos revela que los sistemas BN y FA son más complejos que PA y PT.

Área basal

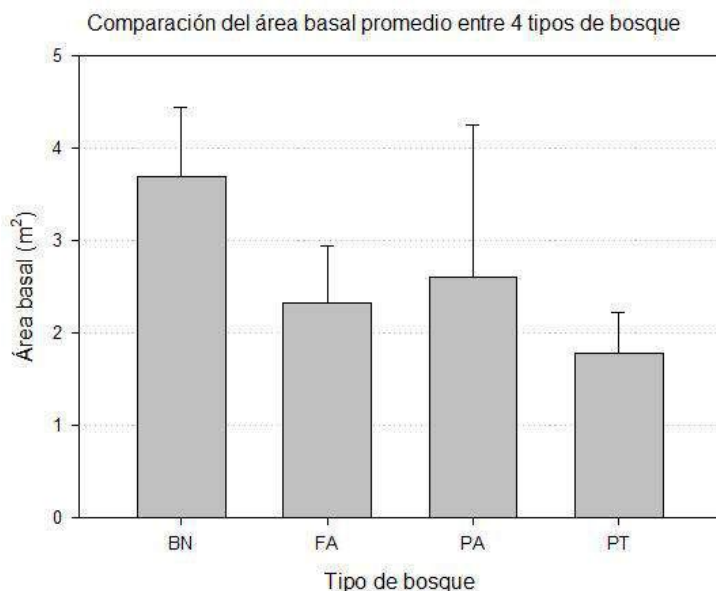


Figura 8. Comparación del promedio de la suma del área basal de los árboles con dap ≥ 10 cm en 0.1 ha entre los tipos de bosque

Análisis de la varianza para la variable área basal

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
<i>Área basal</i>	12	0.43	0.22	37.80

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5.88	3	1.96	2.02	0.1891
Tipo de sistema	5.88	3	1.96	2.02	0.1891
Error	7.74	8	0.97		
Total	13.62	11			

El valor $p=0.1891$ del ANAVA sugiere que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable área basal. Aunque todas las variables del IC están directamente relacionadas, existen situaciones como la de los potreros arbolados que aunque tiene pocos individuos pueden tener un alto valor de área basal, depende de los árboles que son respetados en los potreros. Por ejemplo, *Enterolobium cyclocarpum* es un árbol característico de los potreros, que adulto alcanza dap superiores a los 2 m. También, la gran variabilidad que muestra el área basal en un sistema cultural como PA, disminuye la posibilidad de que este factor, por si solo, exprese diferencias estadísticamente significativas con pocas replicas.

Número de árboles

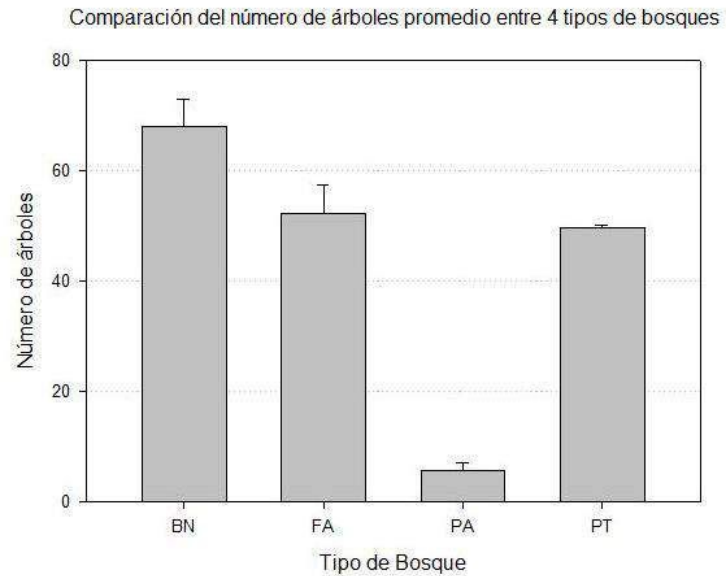


Figura 9. Comparación del promedio de número de árboles con dap ≥ 10 cm en 0.1 ha entre los tipos de bosque

Análisis de la varianza para la variable número de árboles

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
<i>Número de árboles</i>	12	0.98	0.98	8.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6440.92	3	2146.97	159.03	<0.0001
Tipo de sistema	6440.92	3	2146.97	159.03	<0.0001
Error	108.00	8	13.50		
Total	6548.92	11			

El valor $p=0.0001$ del ANAVA sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable número de árboles.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.91801

Error: 13.5000 gl: 8

<u>Tipo de sistema</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
PA	5.67	3	A
PT	49.67	3	B
FA	52.33	3	B
BN	68.00	3	C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher el sistema BN presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los restantes. FA y PT no son distintos estadísticamente en términos de números de árboles. La densidad es también un indicador de la complejidad; los sistemas más complejos tienen un mayor número de árboles por unidad de área. En los sistemas de FA y PT la densidad de árboles esta dada por el manejador, quien siembra los individuos espaciadamente para reducir la competencia entre ellos, además de realizar otras actividades como diferentes tipos de raleos, en los que disminuye el número de individuos. En los bosques de FA muestreados hay cultivados árboles maderables como *Tectona grandis* y *Eucalyptus deglupta*, como intención a largo plazo el aprovechamiento de esta madera.

Número de especies

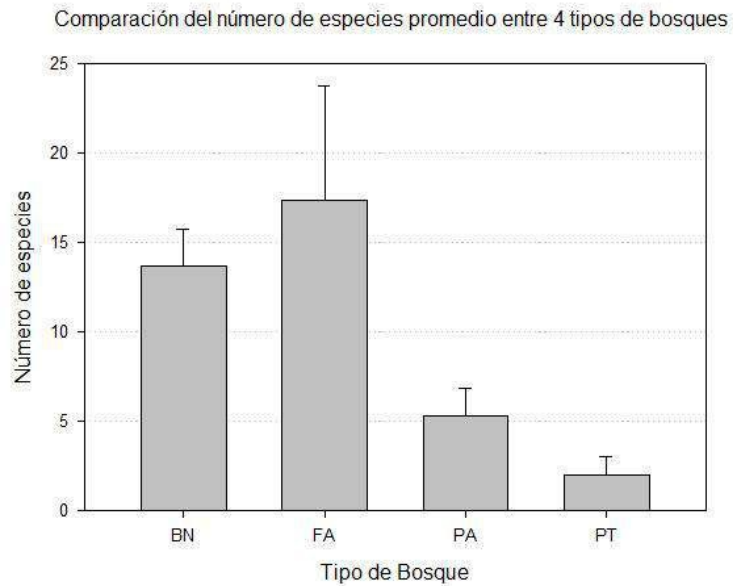


Figura 10. Comparación del número de especies arbóreas con $dap \geq 10$ cm en 0.1 ha entre los tipos de bosque

Análisis de la varianza para la variable número de especies

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Número de especies	12	0.82	0.76	36.52

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	456.92	3	152.31	12.43	0.0022
Tipo de sistema	456.92	3	152.31	12.43	0.0022
Error	98.00	8	12.25		
Total	554.92	11			

El valor $p=0.0022$ del ANAVA sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable número de especies.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.58995

Error: 12.2500 gl: 8

<u>Tipo de sistema</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
PT	2.00	3	A
PA	5.33	3	A
BN	13.67	3	B
<u>FA</u>	<u>17.33</u>	<u>3</u>	<u>B</u>

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher los sistemas BN y FA presentan diferencias estadísticamente significativas con respecto a PA y PT. La diversidad de especies es también un indicador de la complejidad, los sistemas más complejos tienen un mayor número de especies de árboles por unidad de área. En el BN se da sin interferencia la sucesión, la cual originará el establecimiento de nuevas especies en la vegetación con el transcurrir del tiempo. Prueba de este cambio son que árboles de las especies dominantes estén disminuyendo por muerte y que estén ausentes entre los árboles jóvenes. Muchas de las especies de árboles jóvenes no han alcanzado los 10 cm de dap que fue el límite inferior de medición; por ejemplo, *Poulsenia armata*.

Por otro lado, en los bosques de FA, el manejador busca diversificar su producción y al mismo tiempo que favorece a la sucesión de especies, por lo que cultivan distintas especies de árboles nativos o exóticos del cual pueda recibir algún beneficio económico y de igual forma deja aquellas especies que de manera natural sucedan en su lote. Dependiendo de la intención del manejador, los lotes de FA se mantienen en equilibrio muchas veces por las tareas de mantenimiento de los cultivos bajo sombra.

Índice de complejidad

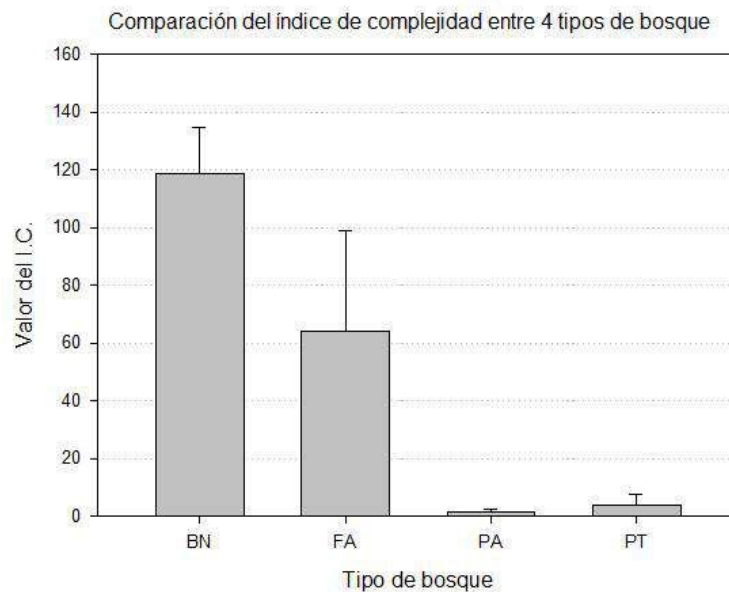


Figura 11. Comparación del índice de complejidad entre los tipos de bosque

Análisis de la varianza para la variable índice de complejidad

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
<i>Índice de complejidad</i>	12	0.90	0.87	40.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	27987.58	3	9329.19	25.22	0.0002
Tipo de sistema	27987.58	3	9329.19	25.22	0.0002
Error	2959.33	8	369.92		
Total	30946.92	11			

El valor $p=0.0002$ del ANAVA indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable índice de complejidad.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=36.21315

Error: 369.9167 gl: 8

<u>Tipo de sistema</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
PA	1.67	3	A
PT	4.00	3	A
FA	64.00	3	B
<u>BN</u>	<u>118.67</u>	<u>3</u>	<u>C</u>

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher el sistema BN presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los restantes tipos, al igual que el de FA. El valor promedio más alto del índice de complejidad es para BN (119), seguido de FA (64), PT y PA manifiestan menor complejidad y tienen un promedio de IC de 4 y 2, respectivamente. Aún cuando, el bosque de FA tenga mayor diversidad de especies de árboles con $dap \geq 10$ cm, los factores número de especies y la altura promedio del dosel fueron determinantes para encontrar diferencias significativas en los valores del índice de complejidad entre el BN y FA. Queda explicado con esta práctica herramienta de IC, que los bosques de FA son más complejos que los sistemas culturales PT y PA.

4.3. Estimación de la diversidad

En la figura 12 se muestran las curvas aleatorizadas de acumulación de especies de datos generados por el software EstimateS, al comparar las comunidades arbóreas en las PTM de BN y FA. Los resultados se comparan con base en muestreos de subparcelas de 200 m² y con individuos registrados a partir de 10 cm de dap.

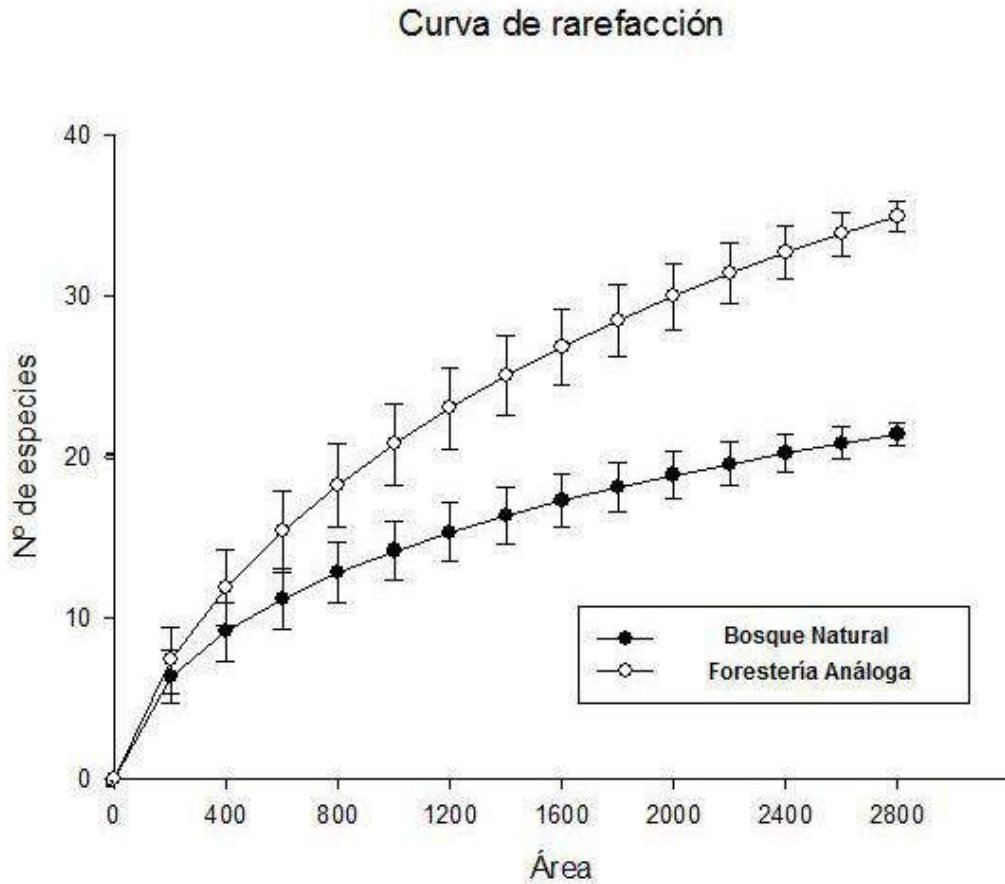


Figura 12. Comparación de curvas de rarefacción entre BN y FA

La comunidad FA es más rica en especies arbóreas con dap \geq 10 cm que la comunidad BN.

En la tabla 6 se muestran los resultados de los diferentes índices de diversidad (H, 1-D y Mg), los cuales se calcularon usando una matriz en el software Excel. Los resultados se comparan con base en muestreos de PTM de 1000 m² y con individuos registrados a partir de 10 cm de dap.

Tipo de sistema	Número de árboles	Número de especies	H	1-D	Mg
FA1	58	20	3.25	0.796	4.679
FA2	48	22	3.99	0.909	5.425
FA3	51	10	2.56	0.776	2.289
BN1	68	12	2.95	0.833	2.607
BN2	63	16	3.02	0.817	3.62
BN3	73	13	2.52	0.706	2.797
PA1	4	4	2	0.75	2.164
PA2	6	5	2.25	0.778	2.232
PA3	7	7	2.81	0.857	3.083
PT1	50	3	0.38	0.114	0.511
PT2	49	2	0.14	0.04	0.256
PT3	50	1	0	0	0

Se realizó un análisis de varianza y se seleccionó el método de comparaciones múltiples LSD de Fisher para comparar las medias de las variables índices de biodiversidad H, 1-D y Mg. Los resultados se presentan en forma de lista con las medias ordenadas de mayor a menor y acompañadas por una letra. Las medias que tienen la misma letra no muestran diferencias estadísticamente significativas entre ellas, al nivel de significación de 0.05.

Análisis de la varianza para la variable índice de Shannon-Wiener

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H	12	0.91	0.88	20.66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16.97	3	5.66	28.51	0.0001
Tipo de sistema	16.97	3	5.66	28.51	0.0001
Error	1.59	8	0.20		
Total	18.56	11			

El valor $p=0.0001$ del ANAVA sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable índice de biodiversidad de Shannon-Wiener.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.83871

Error: 0.1984 gl: 8

Tipo de sistema	Medias	n		
FA	3.27	3	A	
BN	2.83	3	A	B
PA	2.35	3		B
PT	0.17	3		C

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher el sistema FA presenta diferencias estadísticamente significativas con respecto a los tipos PA y PT. FA no es diferente estadísticamente a BN.

Análisis de la varianza para la variable índice de Simpson

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
D	12	0.97	0.97	10.40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.27	3	0.42	103.74	<0.0001
Tipo de sistema	1.27	3	0.42	103.74	<0.0001
Error	0.03	8	4.1E-03		
Total	1.30	11			

El valor $p=0.0001$ del ANAVA indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable índice de biodiversidad de Simpson.

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.12038

Error: 0.0041 gl: 8

Tipo de sistema	Medias	n		
FA	0.83	3	A	
PA	0.80	3	A	
BN	0.79	3	A	
PT	0.05	3		B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher el sistema FA presenta diferencias estadísticamente significativas con PT. Utilizando este índice FA no resulto distinto de PA y BN.

Análisis de la varianza para la variable índice de Margalef

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R²</u>	<u>R² Aj</u>	<u>CV</u>
Mg	12	0.78	0.70	36.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo	23.86	3	7.95	9.64	0.0049
Tipo de sistema	23.86	3	7.95	9.64	0.0049
Error	6.60	8	0.83		
Total	30.46	11			

El valor $p=0.0049$ del ANAVA sugiere que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable índice de biodiversidad de Margalef.

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.71051

Error: 0.8253 gl: 8

<u>Tipo de sistema</u>	<u>Medias</u>	<u>n</u>	
FA	4.13	3	A
BN	3.01	3	A
PA	2.49	3	A
PT	0.26	3	B

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$)

De acuerdo a la prueba LSD de Fisher el sistema FA presenta diferencias estadísticamente significativas con PT. Utilizando este índice FA no resulto distinto de PA y BN. Los resultados encontrados con Mg y 1-D son similares.

Se observa que los bosques con la mayor diversidad de especies arbóreas con $dap \geq 10$ cm, corresponden a FA, seguido de BN.

En la tabla 7 se presentan los resultados sobre similitud entre las comunidades de FA, BN, PA y PT en término de las especies arbóreas con $dap \geq 10$ cm que se encuentran en ellos. Los resultados se comparan en base en muestreos de 0.3 ha.

Muestra A	Muestra B	Nº de esp. A	Nº de esp. B	Nº de esp. AB	Jaccard Clásico	Sorensen Clásico	Sorensen Cuantitativo
FA	BN	36	22	13	0.289	0.448	0.155
FA	PA	36	13	4	0.089	0.163	0.08
FA	PT	36	4	4	0.111	0.2	0.17
BN	PA	22	13	3	0.094	0.171	0.045
BN	PT	22	4	2	0.083	0.154	0.017
PA	PT	13	4	1	0.063	0.118	0.012

FA tiene un mayor número de especies compartidas con BN (13), y consecuentemente, el valor más alto en los I_J y I_S es para la comparación FA-BN. En orden decreciente de los resultados en base a I_J y I_S la comparación de las comunidades es la siguiente: FA-BN (0.289 y 0.448), FA-PT (0.111 y 0.2), BN-PA (0.094 y 0.171), FA-PA (0.089 y 0.163), BN-PT (0.083 y 0.154) y PA-PT (0.063 y 0.118).

Utilizando el coeficiente de similitud cuantitativo de Sorensen el orden decreciente de similitud es el siguiente: FA-PT (0.17), FA-BN (0.155), FA-PA (0.08), BN-PA (0.045), BN-PT (0.017) y PA-PT (0.012).

Al tomarse en cuenta la abundancia de las especies con el coeficiente de similitud cuantitativo de Sorensen, FA-PT tienen un valor de similitud mayor debido a la abundancia de la teca, la cual se ha cultivado en FA, por lo que FA tiene una mayor similitud en estructura con PT, aunque con BN, FA comparte mayor variedad de especies.

4.4. *Fórmula fisionómica de la vegetación*

En la tabla 8 se presenta la formula fisionómica de la vegetación para cada una de las parcelas de estudio.

Tabla 8. Fórmula fisionómica de la vegetación para cada parcela de estudio	
Tipo de Parcela	Fórmula fisionómica de la vegetación
FA1	V8esp, V7isp, V6csm-p, V5csm-p, V4rsm; G2rsg, H2ism, F2psg, L1-7i; T1-6isg, R3-4psg, E2-6rsg-m, B6esm.
FA2	V8rsp, V7csp, V6csm-p, V5ism-p, V4esm; G2psg, H2ism, F2psg, L1-7i; T1-6rsg, R3-4psg, E2-6esg-m, B6esm.
FA3	V8esp, V7isp, V6csm-p, V5csm-p; G2rsg, H2ism, F2psg, L1-7i; T1-6isg, R3-4psg, E2-6rsg-m, B6esm.
BN1	V8rsp, V7csm, V6ism, V5ism, V4isg-m; G2asg, H2psm, F2rsg, L1-7c; T1-6psg, R3-4esg, E2-7psm-g, P3-4psg.
BN2	V8rsp, V7csm, V6ism, V5ism, V4isg-m; G2asg, H2psm, F2rsg, L1-7c; T1-6psg, R3-4esg, E2-7psm-g, P3-41sg.
BN3	V8rsp, V7csm, V6ism, V5ism, V4isg-m; G2asg, H2psm, F2rsg, L1-7c; T1-6psg, R3-4esg, E2-7psm-g, P3-41sg.
PA1	V7asm, V5asp; G2csg, H2esm; E6azg.
PA2	V7asm, V6asm, V5asm; G2csg, H2esm; E5-6azg.
PA3	V7asm, V6asm, V5asm; G2csg, H2esm; E5-6azg, P5adg.
PT1	V7asg, V6csg; G2psg, H2psm, L2-6r; E3-6rzg.
PT2	V6csg; G2psg, H2psm, L2-6r; E3-6rzg.
PT3	V6csg, V6asm; G2psg, H2psm, L2-6r; E3-6rzg.

En las parcelas de FA y BN hay un mayor número de elementos en sus fórmulas o hábitos de crecimiento con respecto a las parcelas de PA y PT. Es de destacar que no están representadas las palmas reportadas en BN en las parcelas de FA; por lo que es un elemento que hace falta introducir en dicha parcela.

4.5. Perfiles de vegetación

Estas son las descripciones fisionómico-estructurales o perfiles de vegetación lateral en los que se muestra mediante un dibujo la realidad de cada una de las áreas estudiadas con respecto a la cobertura arbórea con $dap \geq 10$ cm.

Bosque bajo Forestería Análoga (parcela 1)

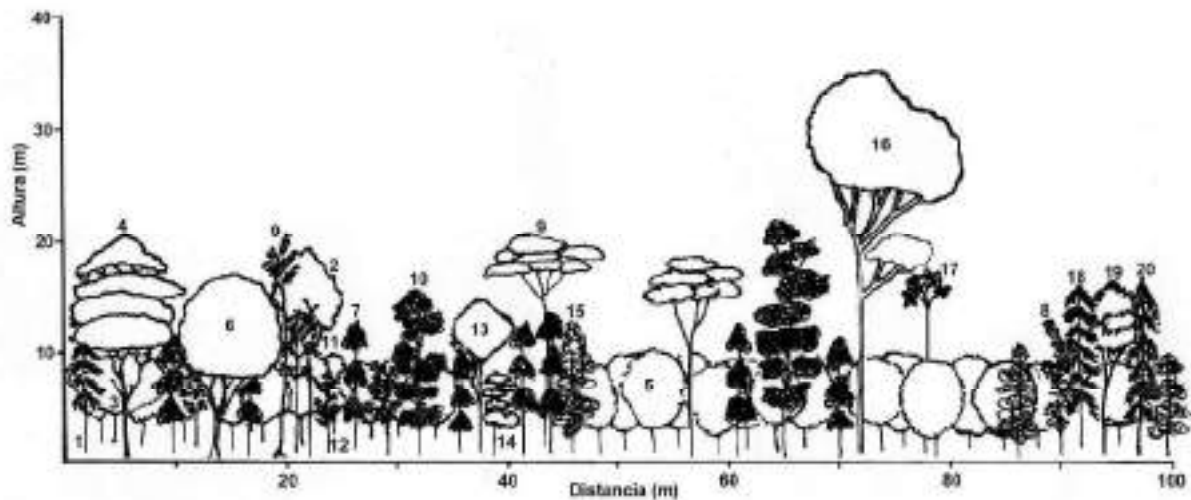


Figura 13. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con $dap \geq 10$ cm en la PTM FA1

La figura 13 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 1 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Ocotea insularis* (Meissn.) Mez; 2. *Nephelium lappaceum* L.; 3. *Averrhoa carambola* L.; 4. *Cassia grandis* L. f.; 5. *Erythrina costaricensis* M. Mich.; 6. *Apeiba tibourbou* Aubl.; 7. *Tectona grandis* L. f.; 8. *Hampea platanifolia* Standl.; 9. *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; 10. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 11. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken; 12. *Psidium guajava* L.; 13. *Trichilia hirta* L.; 14. *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth; 15. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp.; 16. *Cedrela odorata* L.; 17. *Cecropia peltata* L.; 18. *Guatteria diospyroides* Baill.; 19. *Hyeronima alchorneoides* Allemao; 20. *Castilla elastica* Sessé ex Cerv.

Bosque bajo Forestería Análoga (parcela 2)

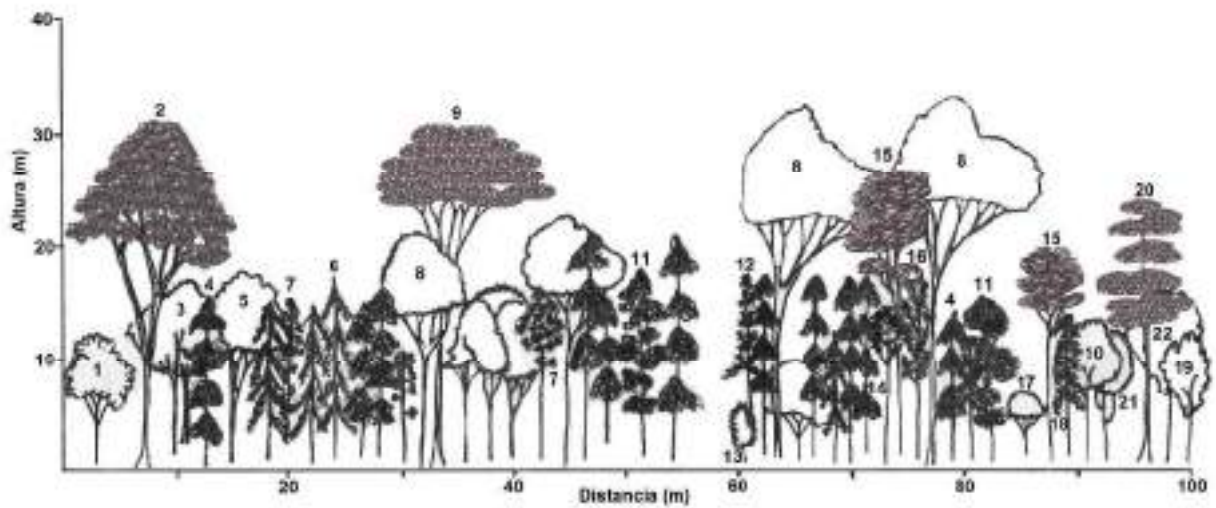


Figura 14. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM FA2

La figura 14 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 2 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Protium panamense* (Rose) I.M. Johnst.; 2. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.; 3. *Licania platypus* (Hemsl.) Fritsch; 4. *Tectona grandis* L. f.; 5. *Hymenaea courbaril* L.; 6. *Cananga odorata* (Lam.) Hook. f. & Thomson; 7. *Tabebuia rosea* (Bertol.) A. DC.; 8. *Cedrela odorata* L.; 9. *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; 10. *Virola koschnyi* Warb.; 11. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 12. *Vochysia ferruginea* Mart.; 13. *Psidium guajava* L.; 14. *Cecropia peltata* L.; 15. *Hyeronima alchorneoides* Allemao; 16. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken; 17. *Spathodea campanulata* P. Beauv.; 18. *Guatteria diospyroides* Baill.; 19. *Inga spectabilis* (Vahl) Willd.; 20. *Aspidosperma spruceanum* Benth. ex Müll. Arg.; 21. *Sapium laurifolium* (A. Rich.) Griseb.; 22. *Alchornea costaricensis* Pax & K. Hoffm. in Engl.

Bosque bajo Forestería Análoga (parcela 3)

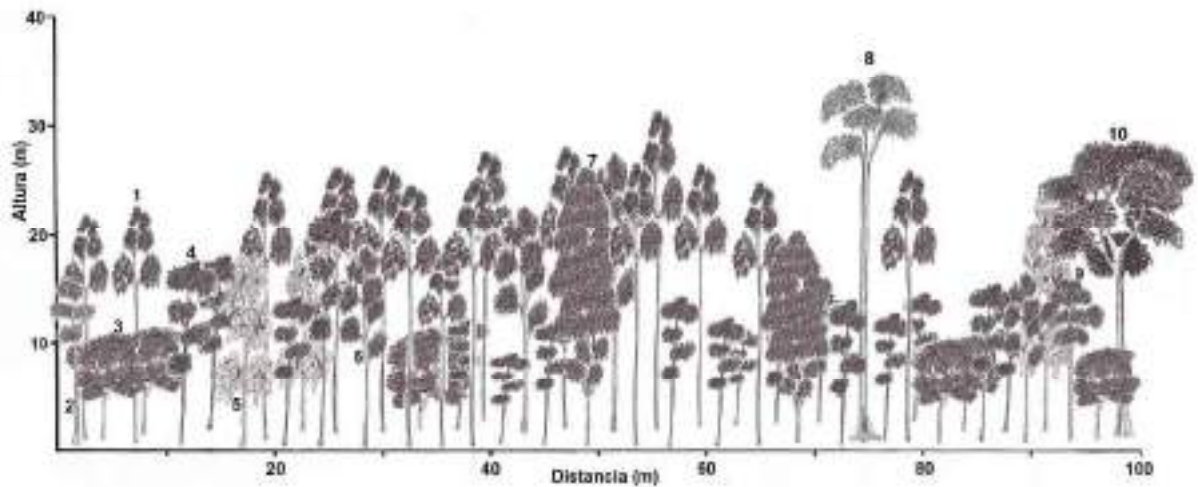


Figura 15. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM FA3

La figura 15 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 3 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Eucalyptus deglupta* Blume; 2. *Ficus insipida* Willd.; 3. *Erythrina costaricensis* M. Mich.; 4. *Hymenaea courbaril* L.; 5. *Tectona grandis* L. f.; 6. *Vochysia ferruginea* Mart.; 7. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 8. *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; 9. *Nephelium lappaceum* L.; 10. *Pseudosamanea guachapele* (Kunth) Harms.

Bosque natural (parcela 4)

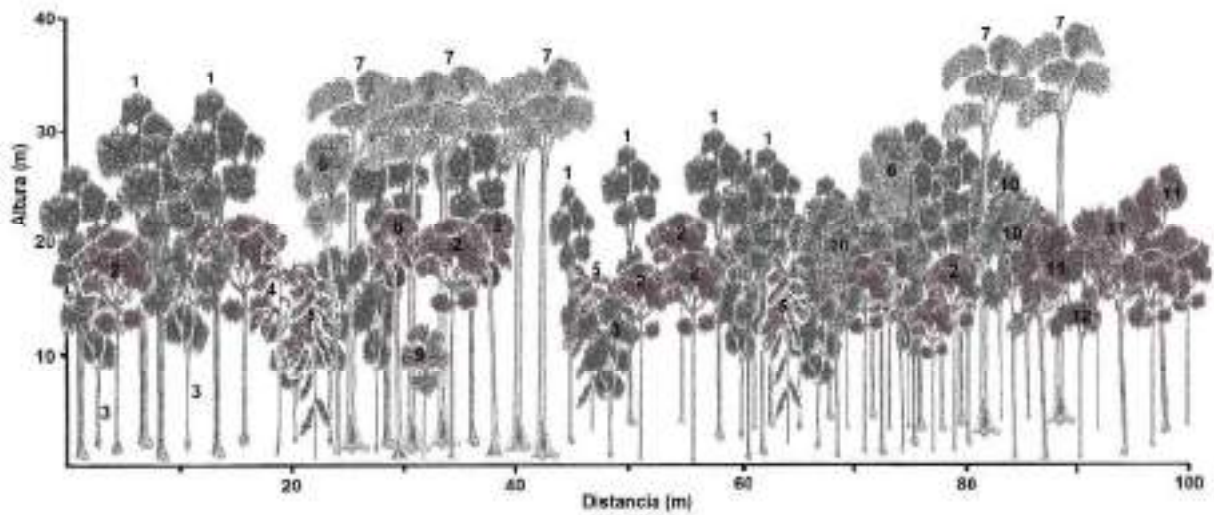


Figura 16. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM BN1

La figura 16 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 4 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 2. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken; 3. *Alchornea costaricensis* Pax & K. Hoffm. in Engl.; 4. *Cecropia peltata* L.; 5. *Guatteria diospyroides* Baill.; 6. *Sapium laurifolium* (A. Rich.) Griseb.; 7. *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; 8. *Cedrela odorata* L.; 9. *Hampea platanifolia* Standl.; 10. *Trichilia hirta* L.; 11. *Hyeronima alchorneoides* Allemao; 12. *Inga goldmanii* Pittier.

Bosque natural (parcela 5)

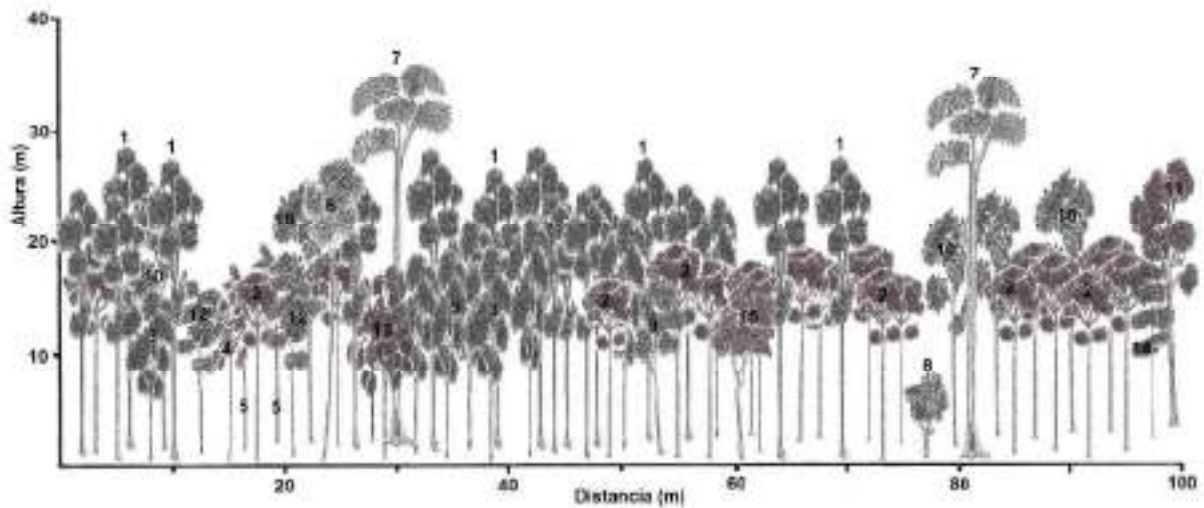


Figura 17. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM BN2

La figura 17 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 5 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 2. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken; 3. *Alchornea costaricensis* Pax & K. Hoffm. in Engl.; 4. *Cecropia peltata* L.; 5. *Guatteria diospyroides* Baill.; 6. *Sapium laurifolium* (A. Rich.) Griseb.; 7. *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; 8. *Acacia collinsii* Saff.; 9. *Ficus insipida* Willd.; 10. *Trichilia hirta* L.; 11. *Hyeronima alchorneoides* Allemao; 12. *Ocotea atirrensis* Mez & Donn. Sm.; 13. *Guazuma ulmifolia* Lam.; 14. *Laetia procera* (Poepp.) Eichler; 15. *Spathodea campanulata* P. Beauv.

Bosque natural (parcela 6)

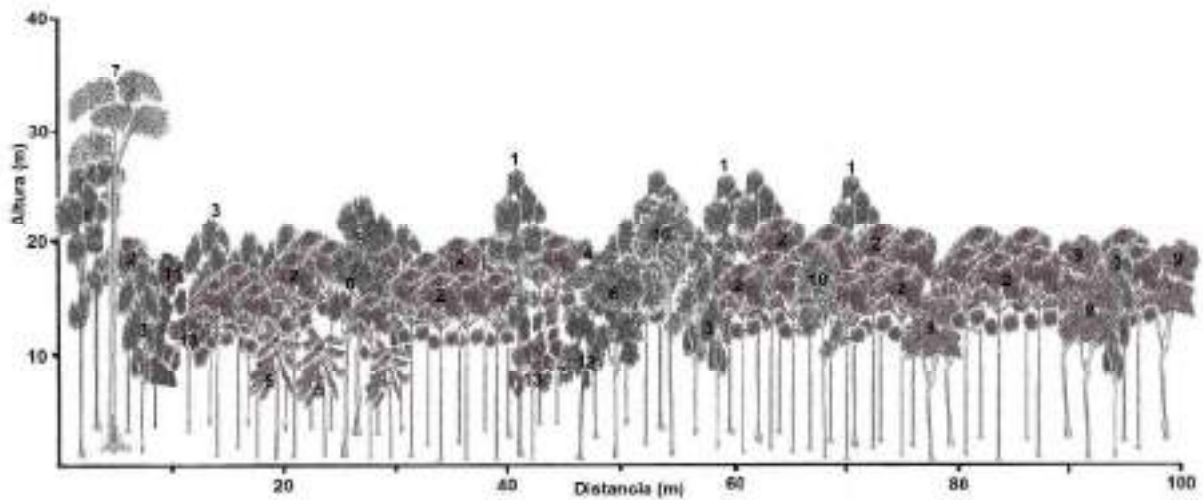


Figura 18. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM BN3

La figura 18 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 6 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 2. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken; 3. *Alchornea costaricensis* Pax & K. Hoffm. in Engl.; 4. *Brunellia darienensis* Cuatrec. & D.M. Porter; 5. *Guatteria diospyroides* Baill.; 6. *Inga oerstediana* Benth.; 7. *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake; 8. *Inga ruiziana* G. Don; 9. *Spathodea campanulata* P. Beauv.; 10. *Trichilia hirta* L.; 11. *Tabebuia ochracea* (Cham.) Standl.; 12. *Ocotea atirrensis* Mez & Donn. Sm.; 13. *Guazuma ulmifolia* Lam.

Potrero arbolado (parcela 7)

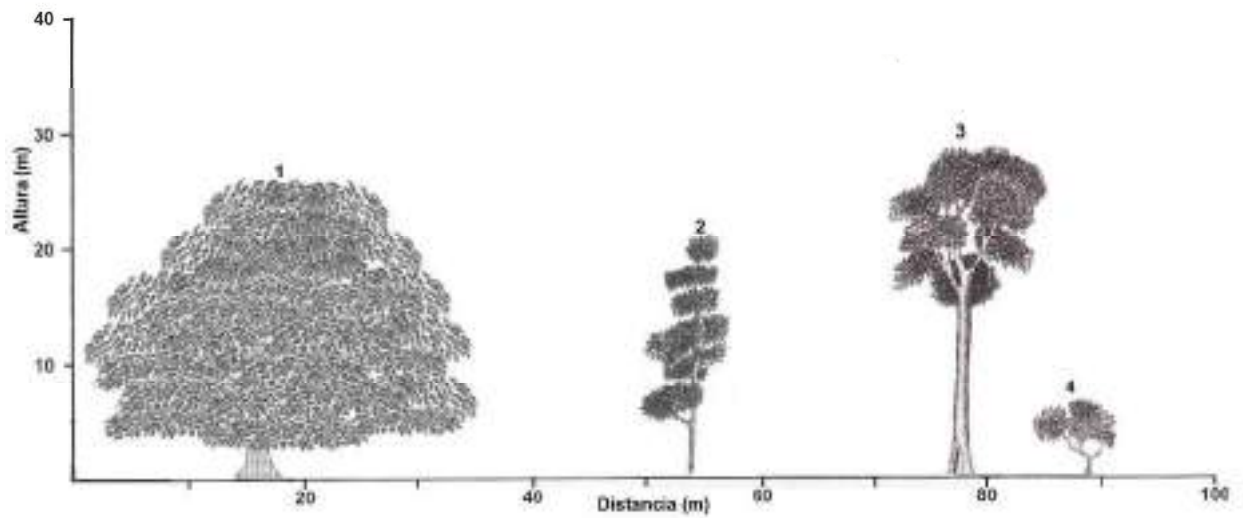


Figura 19. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM PA1

La figura 19 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 7 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.; 2. *Zanthoxylum acuminatum* (SW.) Sw.; 3. *Cedrela odorata* L.; 4. *Citrus paradisi* Macfad.

Potrero arbolado (parcela 8)

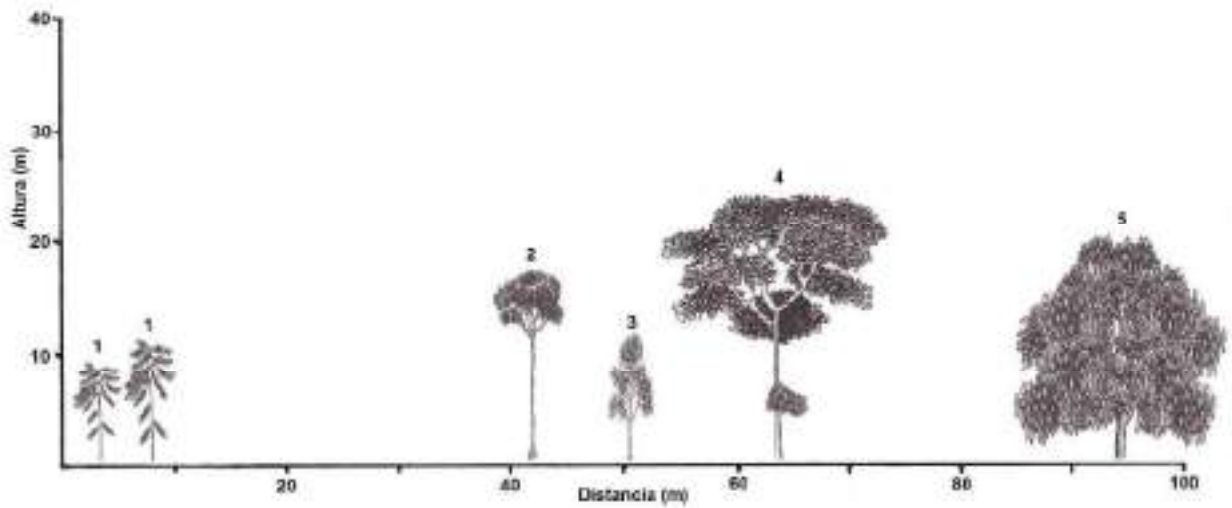


Figura 20. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con $dap \geq 10$ cm en la PTM PA2

La figura 20 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 8 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Annona muricata* L.; 2. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken; 3. *Miconia argentea* (Sw.) DC.; 4. *Cedrela odorata* L.; 5. *Mangifera indica* L.

Potrero arbolado (parcela 9)

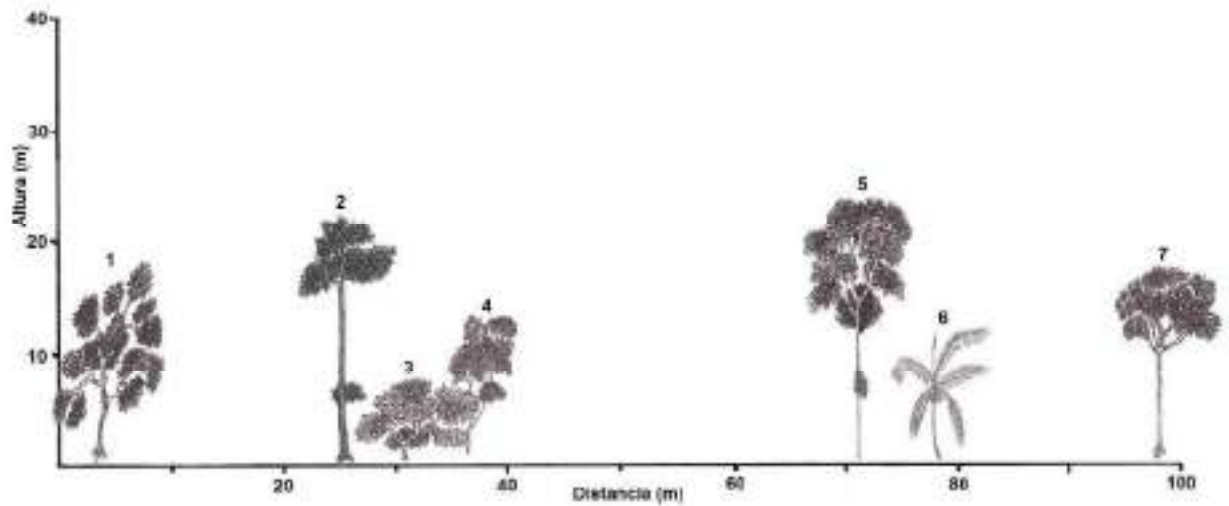


Figura 21. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM PA3

La figura 21 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 9 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Guazuma ulmifolia* Lam.; 2. *Calophyllum brasiliense* Cambess.; 3. *Citrus limon* (L.) Burm. f.; 4. *Psidium guajava* L.; 5. *Cedrela odorata* L.; 6. *Cocos nucifera* L.; 7. *Cordia alliodora* (R. & P.) Oken.

Plantación de Teca (parcela 10)

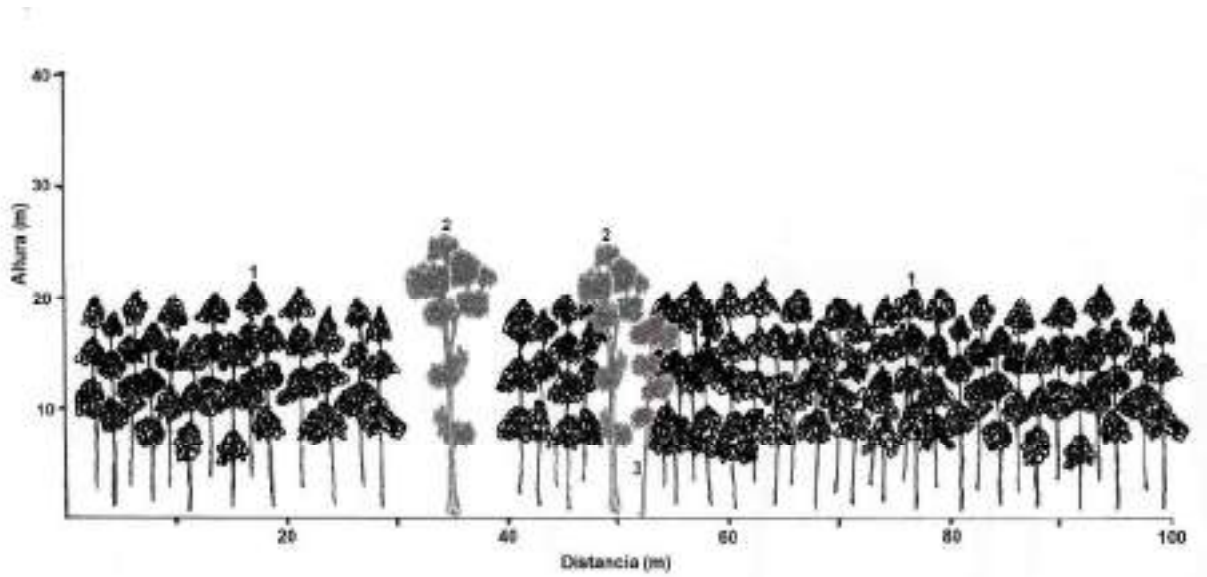


Figura 22. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con $dap \geq 10$ cm en la PTM PT1

La figura 22 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 10 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Tectona grandis* L. f.; 2. *Anacardium excelsum* (Bert. & Balb.) Skeels; 3. *Cedrela odorata* L.

Plantación de Teca (parcela 11)

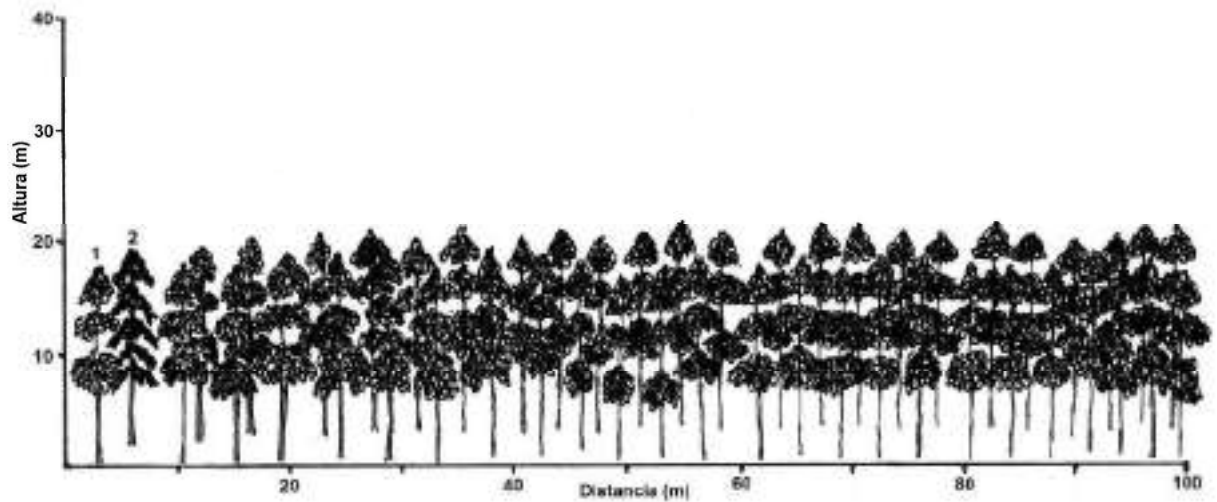


Figura 23. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con dap \geq 10 cm en la PTM PT2

La figura 23 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 11 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Tectona grandis* L. f.; 2. *Cananga odorata* (Lam.) Hook. f. & Thomson.

Plantación de Teca (parcela 12)

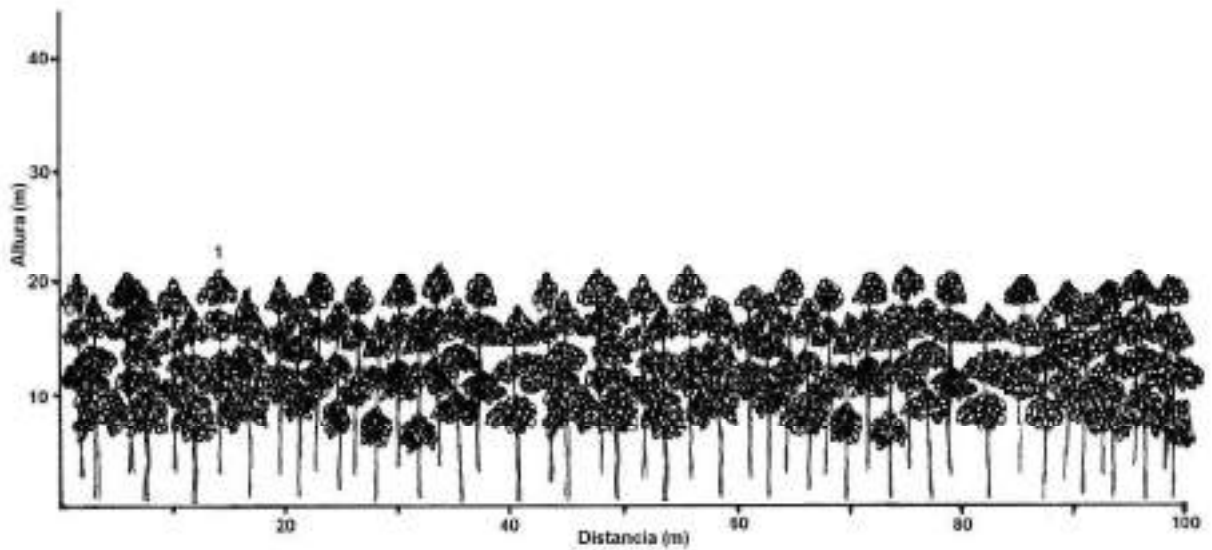


Figura 24. Diagrama de Perfil lateral de la vegetación arbórea con $dap \geq 10$ cm en la PTM PT3

La figura 24 muestra un diagrama de perfil generado a partir de la información capturada sobre la parcela 12 (transecto de 10 m de ancho y 100 m de largo), en el cual se registraron todos los individuos a partir de 10,0 cm de dap. Su composición es la siguiente: 1. *Tectona grandis* L. f.

4.6. Valoración ecológica

En la tabla 9 se muestran los resultados de la valoración ecológica. Los resultados se comparan con base en muestreos 3 de PTM de 1000 m² para cada tipo de sistema.

Tabla 9. Valoración ecológica, una evaluación de la sostenibilidad del sistema				
Indicadores	BN	FA	PT	PA
Perfil de suelo	5.00	4.33	2.00	1.00
Densidad aparente	6.00	5.33	4.00	2.00
Lombrices	3.00	3.00	1.00	1.00
Vegetal	7.33	6.33	1.67	2.00
Mamíferos	7.00	6.33	1.00	2.00
Aves	7.00	6.67	1.00	2.00
Reptiles	8.00	7.00	1.00	1.00
Anfibios	7.00	7.00	1.00	1.00
Insecto	8.00	6.67	1.00	2.00
Estructura	8.00	7.00	3.00	1.00
Productividad	3.00	6.33	6.00	5.00

En cuanto a la calidad del suelo, los perfiles del suelo de PT y PA mostraron que el horizonte A está ausente, con predominancia de horizonte B (valor de 2 y 1, respectivamente). Los perfiles de suelo de BN y FA mostraron que el horizonte A es delgado, y que la superficie está cubierta de hojarasca diversa (valor entre 4 a 5). Los suelos de PA son los más compactados, seguido de PT que se aprecian algo compactado y con pocas raíces, para la densidad del suelo (valor entre 2 y 4); Los suelos de BN y FA están menos compactados (valor entre 5 y 6). En cuanto a la presencia de lombrices: no se observan lombrices en PT y PA (valor 1) y en BN y FA se observan pocas lombrices y algo de actividad biológica (valor de 3).

Acerca de la Biodiversidad, en el componente vegetal en BN y FA se reportó que en tan sólo un décimo de hectárea existen más de 12 especies arbóreas (valor entre 6 y 8); y que la presencia de animales en estos sistemas es frecuente (valor entre 6 y 8). Lo contrario ocurre en PT y PA, con pocas especies arbóreas (valor entre 1 y 2) y que la presencia de fauna silvestre es infrecuente (valor entre 1 y 2). Hay que señalar que no se utilizaron métodos de capturas, solamente el avistamiento u observación; en cuanto a la intensidad de búsqueda, fue la razonable para este tipo de evaluación rápida, e igual para todas las parcelas.

Sobre la estructura en BN y FA podemos decir que domina una vegetación más compleja vertical como horizontalmente (valor entre 7 y 8); y en PT y PA, es estructuralmente más simple (valor entre 1 y 3).

Respecto a la productividad, cada tipo de sistema es distinto en su actividad y en los beneficio que brinda, el mayor peso de este indicador esta en si este bien o beneficio es de autoconsumo o para comercialización. PT tiene árboles para cosechar y se han obtenido beneficios de los raleos, se ha usado para autoconsumo y se ha comercializado poco volumen de madera (valor 6); PA es para la producción leche a baja escala y local (valor de 5); FA tiene una diversidad de productos con diferentes rendimientos, en diferentes plazos de tiempo, para autoconsumo y una comercialización menor actualmente (valor entre 6 y 7) y en BN, los beneficios son los de protección y paisaje (valor 3).

En la figura 25 se comparan los indicadores de valor ecológico entre BN y FA. El FA tiene un mayor valor de productividad que BN y valores similares en el resto de indicadores.



Figura 25. Comparación de los indicadores de valor ecológico entre BN y FA

En la figura 26 se comparan los indicadores de valor ecológico entre BN y PT. El PT tiene un mayor valor de productividad que BN y valores muy inferiores en el resto de indicadores ecológicos.

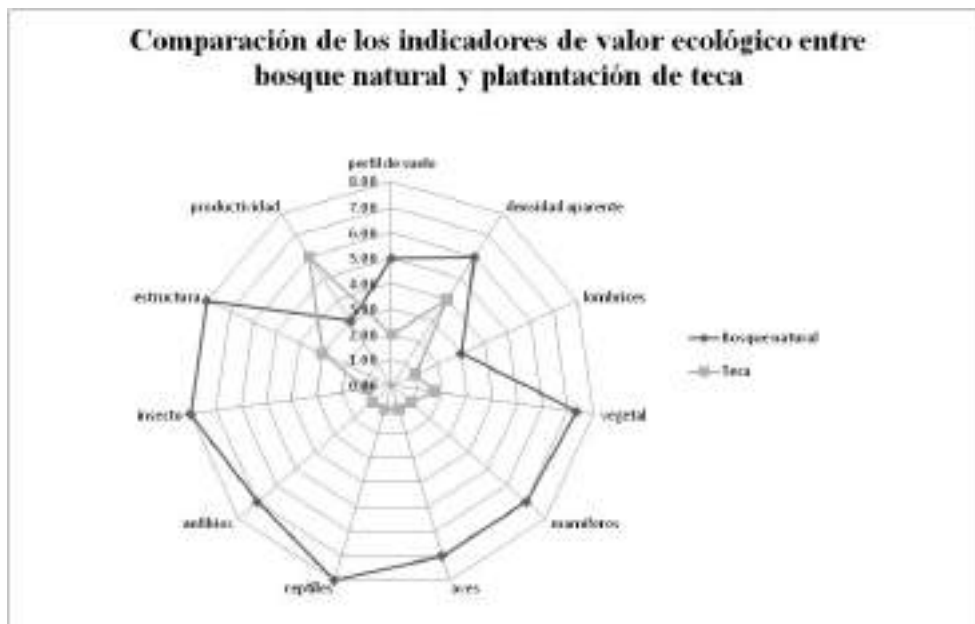


Figura 26. Comparación de los indicadores de valor ecológico entre BN y PT

En la figura 27 se comparan los indicadores de valor ecológico entre BN y FA. El FA tiene un mayor valor de productividad que BN y valores similares en el resto de indicadores.

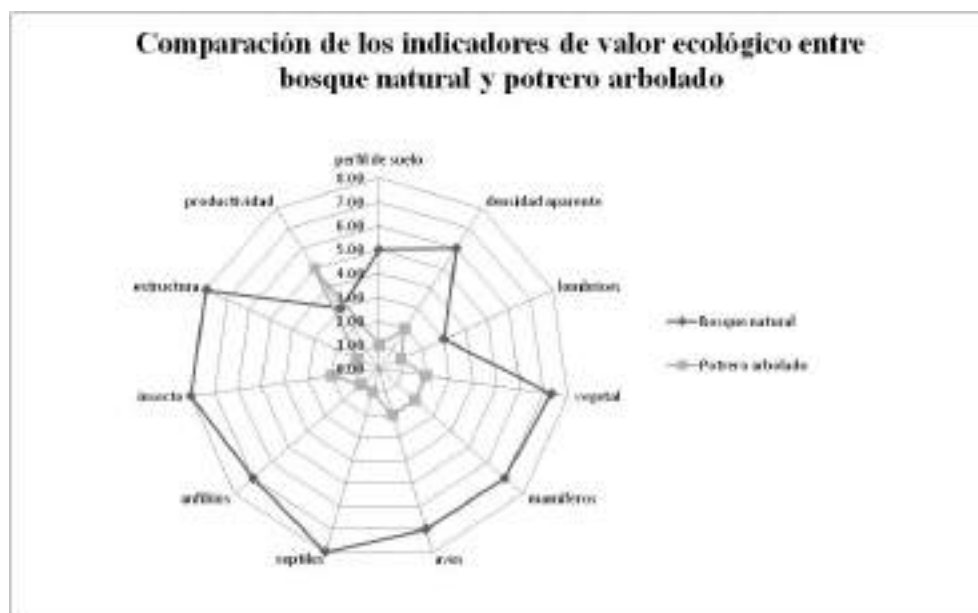


Figura 27. Comparación de los indicadores de valor ecológico entre BN y PA

4.7. Índice de valor de importancia

Bosque bajo Forestería Análoga

En la figura 28 se muestran los resultados generados por el I.V.I. para la evaluación de la estructura horizontal de un bosque bajo FA.

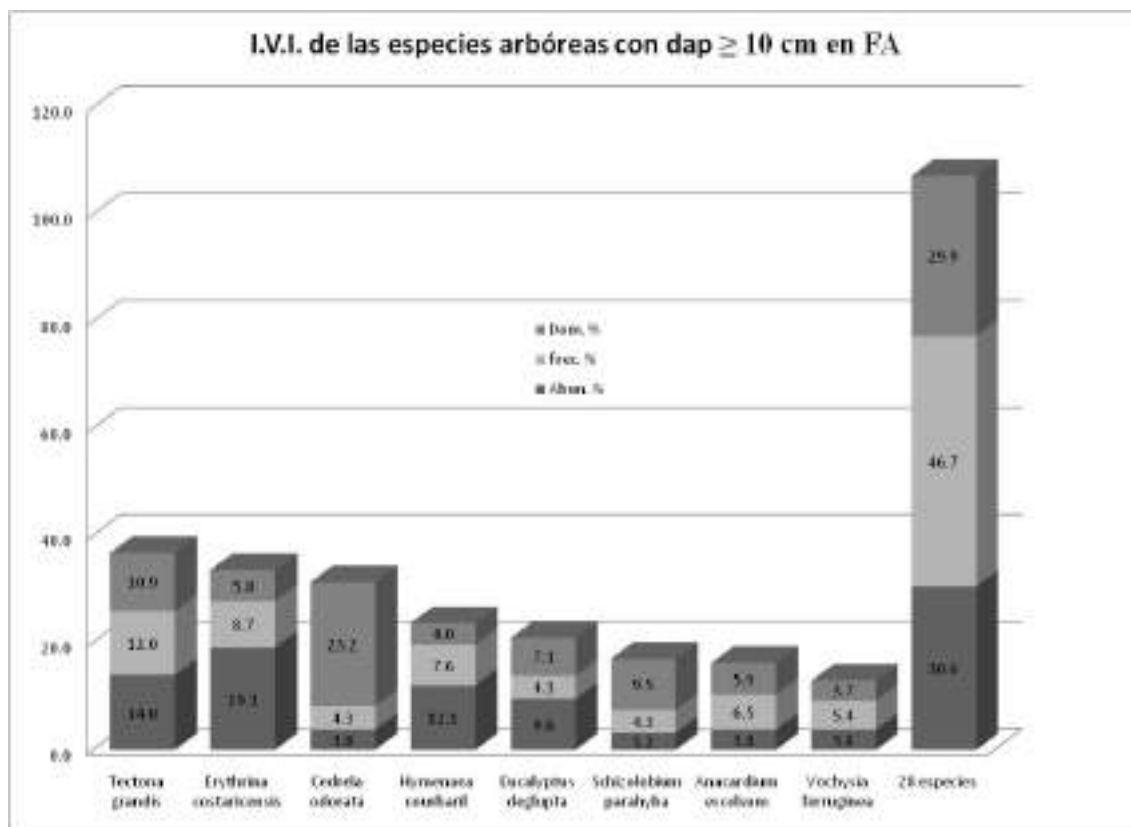


Figura 28. I.V.I. de las especies arbóreas con dap ≥ 10 cm en FA

De acuerdo a los resultados del I.V.I. se observó que las especies con mayor valor en estos bosques bajo FA son: *Tectona grandis* con 36.8%, *Erythrina costaricensis* con 33.6%, *Cedrela odorata* con 31.4%, *Hymenaea courbaril* con 23.7%, *Eucalyptus deglupta* con 21.0%, *Schizolobium parahyba* con 17.1%, *Anacardium excelsum* con 16.3% y *Vochysia ferruginea* con 12.9%.

Tectona grandis, *Hymenaea courbaril*, *Eucalyptus deglupta* y *Vochysia ferruginea* son cultivados para el aprovechamiento de madera y captura de carbono. *Erythrina costaricensis* es cultivado para mejoramiento del suelo y soporte para la pimienta. *Cedrela odorata*, *Schizolobium parahyba*, *Anacardium excelsum* son principalmente elementos silvestres. Del total del I.V.I. (300%), las primeras ocho especies suman el 192.8% y las otras 28 especies restantes suman 107.2% con valores del I.V.I. que van de 7.2% a 1.8%.

Bosque natural secundario

En la figura 29 se muestran los resultados generados por el I.V.I. para la evaluación de la estructura horizontal de un bosque natural secundario.

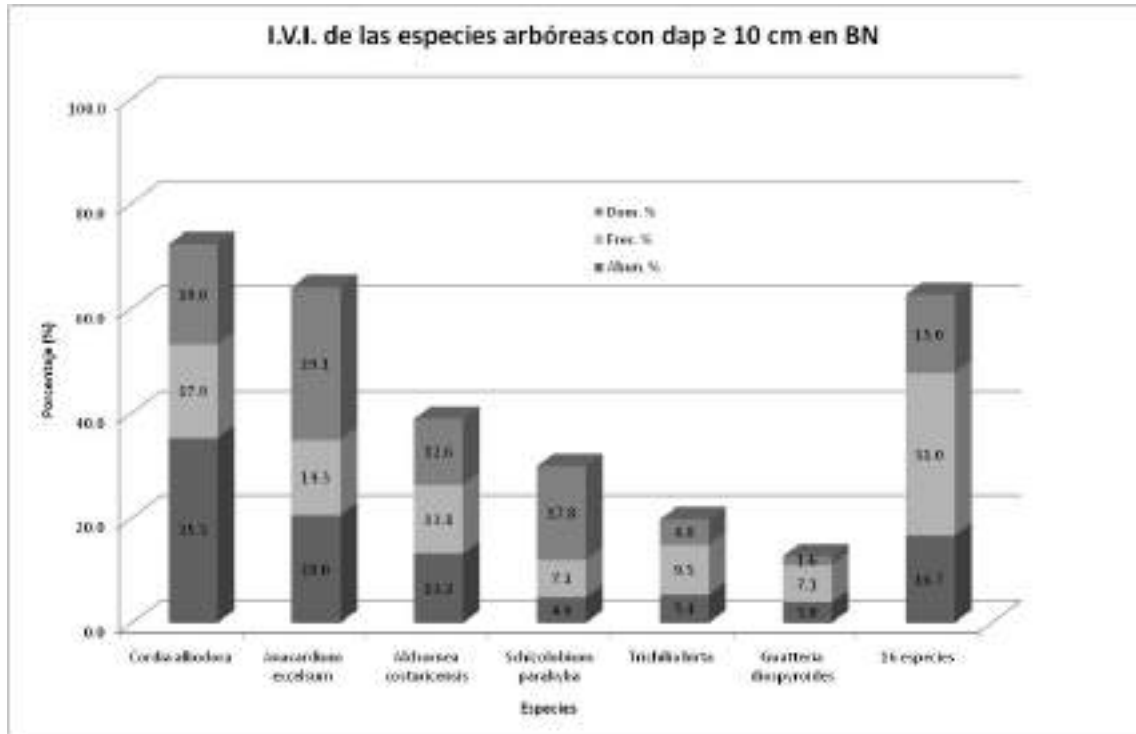


Figura 29. I.V.I. de las especies arbóreas con dap ≥ 10 cm en BN

De acuerdo a los resultados del I.V.I. se observó que las especies con mayor valor en este bosque natural secundario son: *Cordia Alliodora* con 72.2%, *Anacardium excelsum* con 64.0%, *Alchornea costaricensis* con 38.9%, *Schizolobium parahyba* con 29.9%, *Trichilia hirta* con 19.7% y *Guatteria diospyroides* con 12.7%.

Las dos primeras especies, *Cordia Alliodora* y *Anacardium excelsum*, suman 136.2% del total del I.V.I. (300%). El grupo de otras 16 especies tienen valores de I.V.I. que van de 8.0% a 1.8% y suman 62.6% del total del I.V.I.

Bosque potrero arbolado

En la figura 30 se muestran los resultados generados por el I.V.I. para la evaluación de la estructura horizontal de un bosque potrero arbolado.

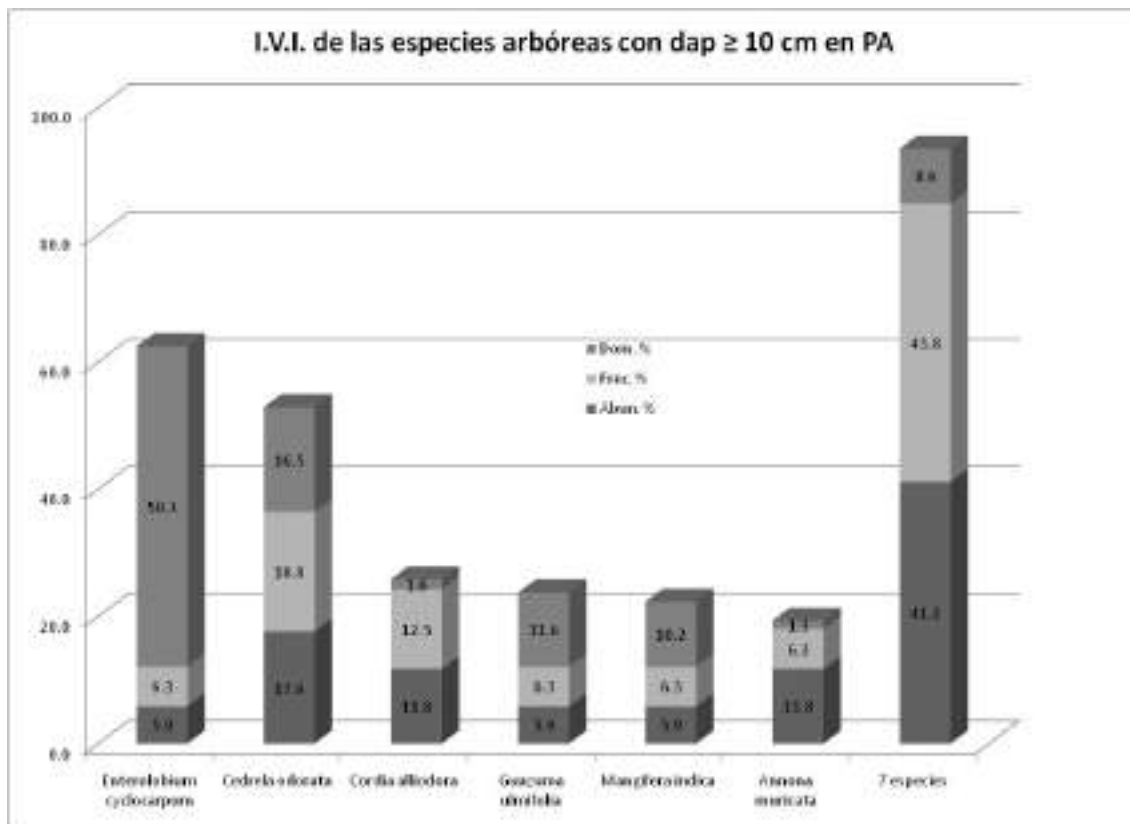


Figura 30. I.V.I. de las especies arbóreas con $dap \geq 10$ cm en PA

De acuerdo a los resultados del I.V.I. se observó que las especies con mayor valor en estos potreros arbolados son: *Enterolobium cyclocarpum* con 62.4%, *Cedrela odorata* con 52.8%, *Cordia Alliodora* con 25.8%, *Guazuma ulmifolia* con 23.8%, *Mangifera indica* con 22.3% y *Annona muricata*, *Anacardium excelsum* con 19.3 %.

Las dos primeras especies, *Enterolobium cyclocarpum* y *Cedrela odorata*, suman 115.2% del total del I.V.I. (300%).

4.8. Estudio de caso

“La creación y el funcionamiento de un bosque análogo en Londres, Cantón de Aguirre, CR”

INTRODUCCIÓN

En 1985, Milo Bekins comenzó la creación de lo que sería un Bosque de Forestería Análoga, en Londres, Cantón de Aguirre, Provincia de Punta Arenas, Costa Rica. Los suelos que encontró habían sido degradados y agotados totalmente, eran potreros empobrecidos; luego, 6 años más tarde, la tierra fue cubierta por un joven pero productivo sistema de Forestería Análoga.

Se resaltan principalmente las lecciones aprendidas, primero, en el éxito logrado en la recuperación de un sistema degradado y su conversión a un sistema altamente productivo y que sobre todo, estos resultados fueran obtenidos sin uso de fertilizantes químicos, plaguicidas o maquinaria pesada; y segundo, que al darse una plaga de *Fusarium* que acabo prácticamente con todo el cultivo de vainilla en la zona, Bekins bajo los principios y técnicas de la Forestería Análoga, aún podía producir 150 k por año, en esos momentos.

PRIMERA PARTE: LA SITUACIÓN INICIAL Y LOS ELEMENTOS DE CONTEXTO

Características de la zona

La comunidad de Londres pertenece a la vertiente Pacífica de la cordillera de Talamanca, en la región Pacífico Central y queda aproximadamente a 18 km de Quepos camino hacia el Cerro Nara. En cuanto a la distribución político-administrativa se encuentra en el cantón de Aguirre, provincia de Puntarenas, Costa Rica. La zona se caracteriza por poseer un régimen hídrico alto, registrándose precipitaciones anuales de hasta 7.000 mm.

Importancia de sistematizar esta experiencia

El conocer acerca de técnicas y estrategias exitosas para la protección y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas tropicales es un tema de relevancia ecológica actual. Se hace necesario recabar y analizar los resultados y conocimientos existentes sobre la FA en Costa Rica, a través del rescate de las experiencias de los finqueros que la han puesto en práctica. Esta información debe ser puesta en forma inteligible para todos aquellos interesados en la protección del ambiente y el público en general.

Los Actores involucrados

El actor principal de la experiencia es el Sr. Milo Bekins Faries, quien es un finquero que mantiene parches de bosques bajo Forestería Análoga en Londres de Quepos, es fundador de la RIFA (1996), y desde el 2005 es su presidente.

Bekins, nació en Los Ángeles, Estados Unidos de América y llegó a Costa Rica en 1974. Por su interés en los ecosistemas naturales, decidió establecerse en Costa Rica y aprender acerca de los bosques tropicales y los métodos orgánicos para trabajar la tierra de manera sostenible. Bekins tiene un

grado en mercadotecnia de la Universidad Estatal de San Diego y adoptó la ciudadanía costarricense en 1987. Bekins participa en el consejo ambiental regional (CRACOPAC) del Área de Conservación del Pacífico Central a fin de promover el programa de pagos por servicios ambientales.

Se trata también de una experiencia de emprendimiento familiar, ya que junto a Bekins, su esposa María Ester Lezama e hijos, Vivian y Esteban jugaron roles importantes en el manejo de la finca bajo Forestería Análoga y la venta de estos productos. La familia comparte el interés por la conservación de los ecosistemas naturales. Bekins menciona que fue una labor de toda la familia y de los empleados que colaboraron en la finca y la tienda La Botánica.

Bekins busca conservar este cordón verde que es su finca, no solo por su biodiversidad, sino también porque existen restos arqueológicos de los indios Quepos en ella.

Acerca de la situación inicial o previa a la intervención

Como referencia, la finca La Marucha fue comprada en 1985 y el camino de penetración que la atraviesa fue cortado en 1979. Son dos fincas en realidad, La Botánica y La Marucha divididas por la calle que va del centro de Londres a Salitrillo y continúa a Cerro Nara.

Marucha, también es el nombre del filo de la montaña y el de una de las quebradas. Los vecinos son ganaderos, por lo que se ve un paisaje contrastante entre el campo de potrero empinado y una montaña cubierta de bosque.

Antes de 1980, la finca ya se encontraba muy degradada, ya que los antiguos dueños habían deforestado gran parte de ella y además, se encontraba dedicada a la ganadería. Por dicha dejaron el bosque a lo largo de las quebradas y en las partes más altas del terreno, lo cual favoreció la retención de agua; lo demás, estaba convertido en potrero.

Por tal situación, lo primero que se hizo fue sembrar árboles, reforestar. No se contaba con un plan de reforestación o diseño en ese momento; se empezó a reforestar antes de conocer que acerca de la Forestería Análoga.

El por qué de la situación

La alta presión sobre los recursos naturales debido a la densificación poblacional, la ganadería y la agricultura insostenible hacen que la zona se encuentre amenazada. Estos impactos significativos sobre los ecosistemas naturales van en aumento y perjudican la calidad de vida de las personas que allí viven.

Hay varias razones del por qué de la situación, principalmente, las socioculturales, esa técnica tradicional de cultivar, conocida como la tumba y quema. Anteriormente, cuando había abundancia de tierra se podía trabajar con este sistema; que consistía en utilizar una parcela y que luego no se usara hasta diez años después. Con la densidad actual de población ya no se puede trabajar de esa manera.

A principio de los años 70 en todo el país, la política que regía fue la de incrementar la producción de los granos básicos (arroz, frijoles, maíz, etc.). Para establecer estos sistemas de cultivo

se necesita deforestar el terreno, luego los suelos deforestados tienen entre tres a cuatro años de fertilidad, después ésta fertilidad se pierde. Estos tipos de sistemas no toman en cuenta las consideraciones del medio ambiente. La exportación de carne acrecentó más el problema.

Las causas de esta pérdida de la calidad del ambiente son las grandes deforestaciones para ganadería extensiva y la explotación de madera con fines industriales. Intervenciones repetidas, como la agricultura de rozas y quemadas, y el pastoreo excesivo, condujeron a la formación de sabanas herbáceas pobres en especies.

El uso tradicional del fuego tradicional en la agricultura campesina, largos periodos de siembra y cortos periodos de barbecho, han disminuido la fertilidad de los suelos, y demasiada materia orgánica valiosa se ha perdido tanto del suelo y como de la vida vegetal.

Los fertilizantes químicos, los herbicidas, los plaguicidas y la maquinaria pesada de la agricultura moderna están causando efectos negativos a la salud humana y al ambiente en general. Los cultivos modernos se desarrollan de tal manera que los suelos son agotados y degradados, se da la pérdida de diversidad de las especies locales, y también, el ambiente natural se simplifica, y al final resulta en la disminución de su productividad.

Los potreros de pobre o charrales, con varias clases de frutales y árboles aislados, y en las cercas, son los ecosistemas que predominan en el paisaje de Londres. Se pueden encontrar bosques secundarios relativamente bien conservados, generalmente y sólo en forma fragmentada en áreas de difícil acceso, como en las quebradas y colinas altas.

Factores que limitan las posibilidades de acción para resolver el problema

El finquero sabía que quería reforestar de alguna forma. Sembrar árboles y tener cultivos, pero ¿cuáles árboles y cultivos sembrar, y por qué? ¿Dónde asesorarse?

En ese contexto, la instancia es el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el cual tiene extensionistas; pero éstos generalmente no llegan a los pequeños finqueros.

Según Bekins, a él le hubiese gustado un MAG con extensionistas más activos, pero ellos están principalmente para los cafetales en el valle central y para los ganaderos y arroceros grandes.

Lo económico está estrechamente ligado a lo ecológico, por lo que en esos momentos, un factor en contra de la experiencia fue la falta de un mercado justo. Bekins dice que “los agricultores mundialmente estamos en la misma situación, es fácil sembrar y cosechar, pero el mercadeo de los productos es la parte más difícil”.

En Londres, particularmente, no hay muchas fincas produciendo cultivos permanentes; en este paisaje lo más abundante son las fincas ganaderas grandes y algunos lotes pequeños sin agricultura. La agricultura no es el primer trabajo de las personas de Londres. El ecoturismo y la construcción en Quepos ocupan como mano de obra una porción importante de la población de Londres y lugares

cercanos; lo que trae como resultado, el desinterés de los pobladores en aplicar técnicas de producción sostenible y de conservación de sus recursos naturales.

Bekins menciona que después de los años `70, el país cambio su política de trabajar la tierra y hubo aumento del turismo. El peón ya no quiere trabajar con el machete, ahora prefiere trabajar en la construcción y en el servicio de atención, en Manuel Antonio de Quepos.

SEGUNDA PARTE: EL PROCESO DE INTERVENCIÓN

Objetivo, estrategias y etapas de desarrollo del proyecto

Experiencias anteriores

En la primera finca que empezó Bekins, a unos 100 m al oeste del puente de Londres, su plan era tener 40 palmas de pejobaye, 150 plantas de canela, otro tanto de pimienta negra. Desde esos momentos, sabía que quería diversificar la finca pero aún no conocía cuál era la mejor forma de hacerlo. Así que, hizo parcelas de cada uno de los cultivos. Luego, aprendió que debería ser en un diseño donde todo esté junto. En este sentido, los cultivos y otros elementos naturales deben estar juntos como en un “plato de ensalada verde”; formando un conjunto.

Aprender de otras experiencias

Bekins menciona que a través de los años fue aprendiendo sobre otras situaciones y experiencias en Agroforestería, en otras latitudes. Se interesó por aprender en como diseñar un sistema más sostenible económica y ambientalmente, y lograr además, recuperar la biodiversidad perdida en su nueva Finca (La Marucha).

Los planos y diseños son importantes lógicamente porque se pueden hacer cambios antes de que se haga en el suelo. Una vez que está algo hecho en el suelo es más difícil cambiarlo. Bekins dice que “hay que pensar bien que queremos hacer, y planear, porque luego sólo queda aceptar los errores o volar machete”.

El agricultor tiene que ser creativo, tiene que inventar, tiene que experimentar para ver que cosas sirven o no. Los agricultores siempre van a cometer errores, pero de esto se aprende; y no se vuelven a cometer dos veces.

Para cada problema una solución

La conservación del suelo es la principal función de un agricultor. Aunque, no existían problemas serios de erosión y no habían cárcavas; la compactación del suelo era un impacto esperado ya en la finca habían animales de pisoteo, entre estos vacas y caballos.

Bekins dice “hay que pensar y ver los problemas, y a estos buscarle una solución”. Se comenzó con eliminar los animales paulatinamente y se tomaron otras medidas de conservación del suelo, como el uso de *Vetiveria*.

Principios ecológicos

Todas las personas tienen que ganarse la vida, trabajando honradamente para alimentar a su familia. Bekins expresa que está en contra de un ganado mal trabajado, o sea potreros abiertos.

Son sus principios los que le impulsan a pensar que tener animales no le va a mejorar la finca, ni le va a asegurar el tener una vida digna a futuro.

Problemas de mercado

Bekins indica que trató de mejorar con el mercado local. Empezó produciendo frutas como: limón, naranja, mango, mamón chino, etc. Comercializar los cultivos, se convierte en la parte más difícil de ser un agricultor. Después de varios intentos de tratar de colocar estos productos y obtener una ganancia aceptable, se tuvo que vender a veces hasta por debajo del costo de producción para no perderlo todo.

No se pudo competir en el mercado, ya que los precios bajan cuando estas frutas están en plena estación y todos los productores tienen, y se hace peor, si utilizas los intermediarios. Entonces, se pensó en buscar otro mercado y se empezó a diversificar la finca con otros cultivos como: canela, vainilla, cardamomo, jengibre y productos medicinales; con producción a corto y mediano plazo. Siempre se debe pensar en producir a corto, mediano y largo plazo.

Cuando empezó a producir canela no pude colocar el producto a un precio que fuese rentable, que le diera ganancias justas; el precio a pagar era de 4 dólares/Kg de canela. Se tuvo que vender así porque no se tenía otro mercado.

El trabajo de las especias es bien delicado. Se tuvo que enseñar a los trabajadores sobre la calidad. Hay que saber cuando se cosecha, sobre el tratamiento post cosecha, secado, etc. La mayoría de los agricultores piensan en cantidad y no calidad; la cantidad para vender más. En este caso no importaba si perdía algo en la cantidad de la cosecha, si se estaba produciendo algo de mejor calidad. Por ejemplo, una ventaja es que se consigue un mercado preferencial, ya que los restaurantes y hoteles de prestigio prefieren especias de mejor calidad.

Hacer lo que hace la naturaleza

A finales del 86, se continuó diversificando la finca con canela, jamaica, poró para soporte de la vainilla, etc. y teniendo estos 5 o 6 cultivos dentro de un mismo lote.

La canela, la pimienta negra, la vainilla, el cardamomo, el zacate limón, el jengibre, la cúrcuma y las hierbas medicinales se convirtieron en productos claves. Hice una lista básica de los productos de corto, mediano y largo plazo. Los productos de corto plazo se pueden ir cosechando desde los seis meses, hasta que entren en producción los demás cultivos.

Bekins dice “Yo observé cuando algunos animales como los murciélagos llevaban semillas de árboles a otros lados y supuse que éstos eran muy importantes para los ecosistemas y por esto empecé a sembrar estos árboles. Se sembró todo en conjunto, cultivos y plantas nativas. Se dibujaron los lotes y

se hizo una base de datos de lo que había en cada lote. Se continuó sembrando especies nativas como guabos, espavel, dejando los guarumos, el guácimo, etc.

Las actividades generales realizadas

Entre las actividades que planteaba la metodología están diversificar la finca, aprender sobre cada cultivo la mejor manera para tener la mejor calidad de producto, conocer del proceso post cosechas, utilizar técnicas orgánicas, mejorar la irrigación con drenajes o canales.

Hay que ver la finca como un entorno entero como varios ecosistemas que están trabajando hacia su madures, lo que se hizo fue ayudar a ese proceso de madures. Para ayudar a la sucesión se cortaban los bejucos que estaban ahogando a los árboles jóvenes y esto hace que estos árboles cojan fuerza para crecer. Cuando ocurrió el huracán Cesar en el 96, se produjo una inundación y hubieron deslaves; se hicieron claros que fueron tapizados por helechos, en estos lugares o claros se sembraron árboles y *Vetiveria* para sostener la tierra.

Cada finca debe tener un ecosistema de humedal, la razón mayor por la cual se compró la finca era el recurso agua. Se hicieron varias lagunas. Se construyó un sistema de agua por gravedad con el cual se ha podido regar las siembras para que no se sequen en momentos de sequía. En las lagunas se pusieron camarones y tilapias. A las tilapias se les dejó de alimentar para que no aumentaran su población y para que no se escaparan a las quebradas. Un agricultor siempre tiene que buscar semillas por todos lados, por ejemplo, Bekins adquirió guaraná en Turrialba y de Alexander Walker obtuvo semillas de pimienta y otras especias.

Mejorando el suelo

Caballos y vacas se utilizaron cerca de 5 años, y luego, los chivos unos 5 años más y siempre estuvieron cercados. Todo el estiércol que se necesitaba para la abonera estaba en un mismo lugar, lo que facilitaba las tareas para esta actividad. Cuando ya no necesitó producir abono, se empezó a convertir este lote en un bosque; se eliminó el forraje y se sembraron árboles frutales y bejucos de *Passiflora*, ya que en las fincas faltaban más de estos elementos. Se han sembrado recientemente más especies de árboles frutales como la guanábana.

Los animales se mantenían en un sistema semiestabulado, vacas y caballo y posteriormente chivos; de estos animales se aprovechaba la leche, pero compactan el terreno por el pisoteo. Se tomó una hectárea, y se dividió en dos, una de esas, fue un potrero en media hectárea dividido en 8 partes, para que los animales estén 8 horas de cada día en una cada sección del potrero. La otra mitad se sembró con una variedad de alimentos: forraje, caña dulce, yuca, banano, filipitas, amapola, etc.

Se mejoró la fertilidad del suelo por medio de la materia orgánica y el sistema de compostaje de 5 pilones por hectárea durante los primeros 10 años. En su momento, con la ayuda de peones, se llegó a utilizar 25 aboneras trabajando al mismo tiempo. La tierra se espació en los lotes con cultivo. Luego la naturaleza se encarga de seguir mejorando el suelo por sus componentes vegetales.

Con el tiempo, se pudo apreciar que las actividades realizadas estaban dando resultado. El aumento en la fertilidad del suelo se puede notar por el aumentaron en las plantas que se establecieron. Bekins menciona que el tipo de maleza le dice al agricultor está funcionando, si se tiene éxito en la fertilización natural o si está más estéril el lote. Los métodos de preparación del abono orgánico de Bekins han atraído la atención de investigadores agrícolas en Costa Rica.

Un nuevo mercado

La siembra de especies medicinales lleno un vacío, ya que muchas personas utilizan las plantas de manera tradicional para el control tratamiento de sus afecciones, sobre todo las personas mayores utilizan estos productos y en Quepos no había una tienda así.

Entonces, se emprendió la tarea de colocar los productos en una tienda propia en Quepos, un nuevo mercado para los productos. Ya no se vendió al por mayor al mercado central en San José o para exportar.

Para vender al por mayor se necesita mucha producción y hay que competir con los precios internacionales al por mayor. Otra desventaja es que Costa Rica tiene mano de obra cara en comparación con otros países, por lo que el costo de producción es mayor.

Aunque había sólo unos pocos cultivadores de especias y hierbas en el país, no se podía competir con los productos más baratos que llegaban a Costa Rica de países como la India, Sri Lanka e Indonesia, donde los costos de la mano de obra eran casi la mitad de los de aquí.

Bekins menciona que al no poder competir con los países que pagan a sus trabajadores un sueldo menor, la manera en que esto se solucionaría era brincar el intermediario, los productos se empacaban por nosotros mismos; en vez de producir 400 Kg de canela para vender al por mayor, se producía solamente 60 Kg al año para vender directamente; de esta forma se trabajaba menos tierra y con menos trabajadores y se ganaba más dinero. Bekins señala que “algunos restaurantes como La Mariposa, Si Como No y El Gran Escape en Quepos, comprendieron la diferencia que unas especias frescas puede hacer a su cocina”.

Se hizo un mercadeo de integración vertical, el producto va de la finca al consumidor, brincando los intermediarios; se colocaron etiquetas a los productos que se vendían en la tienda de Quepos. Recursos propios fueron utilizados para comenzar los trabajos en la finca y luego se hizo un préstamo a la banca privada para la compra de la tienda en Quepos. No hubo factores externos que apoyaran este proyecto.

Al empezar la tienda en Quepos, con el nuevo mercado, no se necesitaba de una gran producción, así que se trabajó menos la tierra, se necesitaron menos trabajadores y bajaron los costos de producción. Teniendo menos trabajadores, vendiendo al por menor, vendiendo directamente al consumidor (brincando los intermediarios) se ganó mas dinero que cuando se estaba exportando los

productos y vendiendo a San José. La tienda se llamaba la Botánica y trabajó por veinte años desde 1986 hasta el 2005.

La finca se trabajó siempre de manera orgánica, los trabajadores trabajaban con machetes y pala. La siembra de especies nativas es de las actividades más positivas en este proyecto. Nunca hubo una actividad contradictoria a los principios de conservación de la naturaleza. Bekins dice “En los años 80 nadie trabajaba orgánicamente, yo no quería trabajar con químicos por mis principios y para dejar este mundo mío como un lugar mejor; y así que siempre trabajé con técnicas orgánicas... trabajar la tierra es una terapia, uno debe devolverle a la tierra todo lo que nos da, trabajándola de forma correcta, se le paga con trabajo duro, cayos, sudor, sangre, y hasta lágrimas”.

Por otro lado, se trabajó en el mercado internacional, se comenzó con la exportación de vainilla y luego se enviaban una mayor variedad de productos como canela y pimienta. Se obtuvo buenos resultados exportando hacia British Columbia en Canadá. Los productos se empacaban en Canadá por el socio.

En Costa Rica, Condimentos Escazú, en San José; compraba 400 k por año; la canela era de mejor calidad de la que importaba de Sri Lanka y la pagaba a buen precio, más alto que el precio al por mayor. Este empresario mezclaba las canelas pulverizadas para producir una canela de mediana calidad.

La teca

Convencido por un amigo forestal de sembrar teca, en 1983 Bekins reforestó la finca con algo de teca. En cuanto a la madera, se trata de ralear y dar más sol a los árboles que quedan. Aún se está aprovechando la teca y apenas en raleo, se han construido 5 casas y se vendido algo de madera también. Bekins indica que es un error sembrar la teca como un tecal (monocultivo) por lo que recomendaría que se sembraran más especies junto a la teca, ya que crece mejor en combinación con otros árboles.

Las Parcelas bajo Forestería Análoga

Diversos productos se obtienen de cada lote. La parcela FA 1 producía canela, pimienta negra, vainilla, cúrcuma, pachelí, etc. Bajo un bosque con muchos elementos nativos y cultivados. La parcela FA 2 era inicialmente para el forraje de animales y vivero de la finca en los 80. Cuando se terminó de sembrar lo que estaba en el vivero se necesitó, boñiga o estiércol, como material para las aboneras; se hacían 25 pilones de compost por año. Luego, se sembró con algunos árboles de frutas, cas, sonsapote, canela, guanacaste, cedro, etc., además, tiene tecas para cosechar a futuro y por años se cosechó jamaica y canela. La parcela FA 3, antes eran papayales, la tierra ya estaba movida, se empezó a sembrar con poro-vainilla, jamaica, canela, pimienta negra, heliconias, etc. Estos productos se cosecharon por varios años. Ya en una segunda etapa, se comenzó, en el año 1995, a sembrar más

árboles como: guanacaste, cedro, cenízaro, amarillo, guabas, pejibaye, etc. Otros árboles ya estaban como el guácimo. Algunos de los árboles a futuro producirán buenas semillas que se podrían vender.

Producción

En la tabla 10 se dan algunos ejemplos en cuanto la producción orgánica de especias y plantas para la destilación al vapor de aceites esenciales entre el 2000 y el 2003, cuando la finca estaba siendo trabajada al máximo.

De manera general, los datos aquí expuestos de producción se refieren a la información de cosecha recabada para el cumplimiento de la certificación orgánica EcoLógica S.A., por lo que queda claro, que las cantidades se refieren a lo que se ocupaba vender y que la finca podía estar produciendo mucho más.

Tabla 10. Producción orgánica de especias y plantas para la destilación al vapor de aceites esenciales				
Especie	Producto	Número de plantas o área que ocupa	Características	Rendimiento (Kg/año)
<i>Cananga odorata</i>	ylan ylang	186	Antidepresivos, afrodisiaco. Carácter fuerte, aroma genuino, floral, dulce.	160
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	canela	1264	Antibacterial, fungicida, estimulante, olor profundo y dulce.	330
<i>Curcuma longa</i>	curcuma	135 m ²	Repelente, heridas, artritis, anorexia. Olor a especias, terroso, madera.	130
<i>Cymbopogon citratus</i>	zacate limón	22	Componente de fragancia en jabones y perfumes.	2
<i>Cymbopogon nardus</i>	citronela	121	Antibacterial, antidepresivo, repelente de insectos. Alivia el dolor de cabeza y la fatiga. Olor cítrico suave.	135
<i>Cymbopogon sp.</i>	palmarosa	152	Aroma floral dulce a rosa y geranios, excelente mezclado con otros aceites	55

Especie	Producto	Número de plantas	Características	Rendimiento (Kg/año)
<i>Elettaria sp.</i>	cardamomo	244	Carminativa, estimulante, orexígena y aromática.	15
<i>Origanum vulgare</i>	orégano	117	Infecciones de la piel, hongos.	18
<i>Lippia alba</i>	juanilama	7	Ayuda a mejorar la concentración. Aroma fresco de menta.	2
<i>Mentha piperita</i>	menta	180	Ayuda al sistema respiratorio.	10
<i>Ocimum basilicum</i>	albacá	187	Repelente de insectos, plaguicida orgánico.	210
<i>Pimenta dioica</i>	jamaica	344	Relajante muscular, alivia el estrés y tensión, olor limpio, tropical, dulce. Usado en colonias.	26
<i>Piper nigrum</i>	pimienta negra	348	Antibacterial. Usado en la industria alimenticia.	285
	pimienta blanca			20
	pimienta verde			50
<i>Pogostemon camblin</i>	pachulí	1487 m ²	Mejora el sueño, clarifica la mente. Sedativo en dosis bajas. Estimulante en dosis alta. Aroma terroso, herbáceo. Usado en colonias para hombre.	109
<i>Salvia officinalis</i>	salvia	26	Antisudorífico, tónico general, afecciones gástricas e intestinales, antiséptico, antiinflamatorio de vías respiratorias altas	14
<i>Zingiber officinale</i>	jengibre	40 m ²	Antioxidante, tónico digestivo, antireumático. Estimulante ayuda a la memoria. Olor cálido y tropical.	45

La finca también produce 14 productos frutales (mandarina, mango, mamón, pejibaye, etc.) y heliconias y zingiberáceas principalmente, con más de 500 plantas cultivadas, para la producción de flores. Todos los productos están sembrados bajo el sistema de forestería Análoga.

La finca Marucha ha sido inspeccionada cada año desde 1992 por EcoLógica S.A., agencia certificadora de productos orgánicos, bajo normas internacionales. Para la destilación al vapor de aceites esenciales se utiliza energía y el agua de manera sostenible. Las esencias son 100% puras y orgánicas, añejadas un mínimo de 6 meses para mejorar su calidad.

La vainilla, producto clave

El cultivo de la vainilla fue un producto clave por las ganancias que produjo, pero su cultivo no fue fácil y se requiere de mano de obra calificada para obtener un producto de calidad.

La vainilla pertenece a la familia Orquideaceae y al género *Vanilla*. Se conocen unas 100 especies de *Vanilla*, las más utilizadas comercialmente son: *V. planifolia*, *V. pompona* y *V. tahitensis*.

Inicialmente, el MAG impulsó los cultivos de vainilla en esta región, con más de 25 ha. cultivadas de manera intensiva, pero promoviendo malas técnicas como la de arrojar químicos indiscriminadamente.

En estas 25 ha. empezó un punto focal de la plaga del hongo *Fusarium* sp., el cual ocasiona la podredumbre de la raíz en la vainilla, y que aunado a la erosión genética (toda la vainilla provenía del mismo vástago), acabo con toda la producción de vainilla. La plaga se trató de combatir de mil maneras, mas una plaga secundaria, por la bacteria *Erwinia*, fue fatal para los cultivos de vainilla.

Tanto, *Fusarium* como *Erwinia* son plagas letales, ya que liquidan la planta en un tiempo relativamente corto y son una verdadera amenaza para la vainilla.

Murieron muchas de las plantas de vainilla en la finca bajo FA, menos una variedad que fue muy tolerante al *Fusarium* sp. Se constató que tener una arboleda de poró con vainilla no resultaba sostenible, es prácticamente lo mismo que un monocultivo y la vainilla es del bosque, por lo que se necesitó replicar el bosque, diversificando los tutores, hacer menos labranza y darle más materia orgánica. En este tipo de sistema el costo de mantenimiento es mayor y el rendimiento menor; pero se facilita el manejo de control de malezas, plagas, enfermedades, polinización, etc.

Así que, después de la plaga con *Fusarium* y *Erwinia*, se trabajó la vainilla como un producto del bosque; la vainilla no es para un sistema de líneas rectas calles rectas, poró como único tutor y árbol de sombra, o estar chapeando siempre. Hay que tener una mayor variedad de tutores, hojarasca y materia orgánica y también, la menor labranza posible.

Esta dura experiencia dejó enseñanzas. Aunque estaba muriendo un producto muy rentable, en ese momento se producían 150 k por año a 125 dólares. Nunca se trató de combatir la plaga con agroquímicos por los principios de producción orgánica que rigen en la finca, además que, después que se manifiesta el *Fusarium* ya es muy tarde. Se eliminaron las plantas enfermas y se sembraron nuevas

usando sólo plantas sanas. En la finca se trata de prevenir estas enfermedades en vez de curarlas. El evitar tener plantaciones muy densas, el dar una fertilización orgánica, el tener mucha variedad y variabilidad en los cultivos minimiza que las poblaciones de plagas aumenten y acaben con los cultivos.

Se experimentó con el uso de diferentes tutores para la vainilla. Se Comenzó con del poró como tutor, luego se usó madero negro, marañón, y hasta amapola (*Hibiscus*).

Se utilizó cacao como tutor para la vainilla, porque tiene una horqueta baja y se puede podar, pero hubo problemas con los retoños después de la poda, ya que éstos crecen muy rápido. También, hubo problemas con la sombra, ésta no era la correcta y se pasaron todas las siembras al poró y al madero negro. También utilice canela como tutor pero era muy oscuro, también. La amapola era muy lenta para crecer y además, no tiene un tallo lo suficientemente grueso.

Factores que incidieron en el desarrollo del proyecto

El conocimiento acerca de plantas medicinales de la Sra. María Esther jugó también un rol importante en la decisión de incursionar en esta industria de comercialización de los productos naturales. Ambos, tanto Bekins como su esposa, tienen una relación profunda con el bosque y quisieron derivar su sustento de lo que podían producir en la tierra, pero conservar al mismo tiempo.

Reconstrucción de los hitos más importantes a través del tiempo

En la figura 31 se muestran los hitos más importantes de la experiencia en la creación y funcionamiento de una finca bajo la técnica de la Forestería Análoga, a través del tiempo.



Figura 31. Reconstrucción de los hitos más importantes a través del tiempo

TERCERA PARTE: LA SITUACIÓN ACTUAL

Beneficios y beneficiadores

Entre los aspectos especiales de resaltar de esta experiencia están el incremento de biodiversidad, el mejoramiento o mantenimiento de los recursos naturales como la calidad del agua y suelo. Bekins indica que en cuanto a lo ambiental se ha mejorado el ecosistema, “cuando llegamos aquí no habían aves, iguanas y otros animales, si hiciéramos calicatas pudieras ver también el mejoramiento del suelo, la vegetación que esta creciendo, diferente a las gramíneas que dominaban estos terrenos; tenemos un bosque con sombra y que produce materia orgánica y ya no tengo que hacer compostaje.”

Resultados en lo personal, sobresale todo lo referente a un estilo de vida, compartir junto a la naturaleza y respetarla. Bekins señala que en su familia todos aprendieron, “he sido muy abierto, no he tenido secretos para quienes han venido a visitar la finca, técnicos y personas en general. Se que he influido en muchas personas que han venido a observar lo que hacemos; además colaboro con la comunidad. Pienso que existen tres etapas mayores en la vida, en los primeros 20 años uno esta aprendiendo y educándose; luego entre los 20 y 40 uno esta formando una familia y después de los 40 cada persona debe estar obligada a devolver a la comunidad lo que uno ha sacado, hacer algo por la comunidad.” En este sentido, Bekins ha sido presidente ad honorem de la Asociación de Desarrollo Integral y colaborador de la ASADA; de aquí, que se ha ganado el respeto de las personas en la comunidad por lo que hace.

Bekins ha compartido con otros finqueros de la región sus conocimientos en forestería análoga y en los cultivos y técnicas agrícolas que maneja, por ejemplo en Villa Nueva, La Finca Villa Vanilla. Quizás, ha tenido mayor impacto fuera de la comunidad en cuanto a agricultura, ya que ha trabajado con la RIFA siendo ponente, como finquero o agricultor, en congresos; y ha llevado su experiencia a otros países como: Cuba, Canadá, México, Ecuador, Perú, Sri Lanka, Rep. Dominicana, Honduras; y ahora junto con CATIE, se han abierto más sus horizontes para poder mostrar a finqueros de otras regiones los beneficios de la Forestería Análoga.

Por trabajar la finca de esta manera, siempre se acercaban personas de las universidades y a través del correo electrónico se conocían más de estas personas interesadas en las experiencias de manejo en la Finca Marucha.; una de estas personas fue el Dr. Ranil Senanayake, que en el año 1991, determinó que la finca era manejada bajo los principios de la Forestería análoga.

Con la integración de los nuevos conocimientos científicos en la materia, se pudo mejorar el diseño de cada una de las parcelas en la finca. Bekins señala que Dr. Senanayake puso en palabras lo que el tenía en hechos. En ese momento no se habían sembrado epifitas y trepadoras nativas; y faltaban más especies arbóreas nativas, las cuales se aumentaron.

El CATIE, la Universidad Nacional y la Universidad de Costa Rica y las Universidades de Missouri, Standford y Suthern California, generalmente visitan la finca Marucha con grupos de entre

15 y 20 estudiantes, y principalmente se enseña sobre el compostaje, manejo integrado de plagas y Forestería Análoga.

Coherencia y eficiencia de los métodos aplicados

Bekins menciona que si la experiencia comenzara nuevamente hoy, haría todo igual, y que se daría el mismo proceso y progreso de aprendizaje, “en mi vida he sembrado 43,000 árboles, he trabajado orgánicamente, etc. Volvería a trabajar igual. Me gustaría cultivar clavos de olor, trataría de conseguir semillas.”

En una finca se debe trabajar de manera sostenible. Es importante no ser codicioso, usar lo necesario y no agotarlo todo, como ejemplo está el que se aprovecho el recurso forestal y se construyeron tres casas en la finca y aun así, la mayoría de los árboles maderables están en pie, como los de cedro amargo.

Según Bekins, su finca fue la primera en obtener la certificación orgánica en Costa Rica en 1992. Adicionalmente, hoy en día, su finca cuenta con 82 ha. de un bosque secundario sin alteraciones significativas en más de 40 años, los cuales se encuentran bajo el programa de pagos por servicios ambientales (PSA).

Como parte de comprobar los resultados de la finca bajo el manejo de FA, estos pueden medirse al compararse diferentes parámetros ecológicos con otros tipos de sistemas.

CUARTA PARTE: LECCIONES APRENDIDAS

Lecciones aprendidas

1. En una finca hay que trabajar de manera sostenible

La FA es una técnica de restauración biológica en la cual se pretende diseñar un bosque similar en estructura y función al bosque que había antes o al bosque más maduro que se encuentra en la zona. Esta técnica es interesante, no sólo por que quiera recuperar la biodiversidad, sino porque además busca que los bosques tengan mayor función, o sea que puedan brindar un mayor número de bienes y servicios, que representen beneficios económicos al finquero.

En una finca hay que trabajar de manera sostenible. La vainilla es un producto con un gran potencial para los agricultores de estas zonas, porque se ha demostrado que es una actividad sostenible, porque es rentable económicamente; socialmente, porque integra a la familia, y ambientalmente porque en pequeñas áreas de bosque no requiere de agroquímicos u otros insumos que puedan contaminar. Aunque los procesos de manejo de este cultivo requieren de un conocimiento previo, estos son relativamente simples y no se necesitan de tecnologías especializadas.

2. Hacer que la naturaleza trabaje a nuestro favor

Esencialmente, la Forestería Análoga intenta imitar la naturaleza. En naturaleza, las especies de plantas y animales viven asociadas con otras especies porque se necesitan entre ellas para crecer, reproducirse y desarrollarse de forma óptima.

En la sucesión natural de especies cada una de las asociaciones temporales o comunidades seriales crea las condiciones para una nueva asociación con una composición más diversa. Por lo tanto, cada asociación es resultado de la anterior y determina la siguiente. Las diversas asociaciones tienen éxito una tras otra en el proceso dinámico llamado sucesión natural de especies.

La sucesión de especies es el proceso natural de la acumulación cuantitativa y cualitativa de la fertilidad del suelo, la diversidad, la complejidad, la energía y la vitalidad que transforma gradualmente las asociaciones intermedias en asociaciones más maduras. En la naturaleza, las especies llamadas pioneras son capaces de crecer en suelos pobres y colonizar los espacios abiertos. Estas especies pioneras, sobre todo hierbas, arbustos y algunos árboles, mejoran el suelo y crean las condiciones en las cuales otras especies de hierbas, arbustos y árboles puedan crecer (especies secundarias).

Los bosques secundarios experimentan varias etapas, durante largo tiempo y sus demandas en cuanto a la calidad del ambiente se hacen mayores y más específicas. En el bosque secundario las especies crean las condiciones de suelo convenientes para el crecimiento de las especies persistentes del bosque maduro.

3. Las especies análogas aumentan los bienes y servicios que provee el bosque

La Forestería Análoga identifica las especies locales, la etapa serial y su sucesión. Para producir óptimas ventajas para los finqueros, algunas de las especies locales son substituidas por otras que brinden mayores beneficios (especies análogas) y que ocurran en las condiciones y etapas seriales similares de la sucesión.

Bekins, por ejemplo, plantó forrajes y otros alimentos para su ganado estabulado para obtener estiércol para preparar compost; tomó medidas para el control de la erosión y sembró especies pioneras que mejoraran el suelo; luego, cultivó otras especies de árboles para madera y frutas; también, permitió y asistió el establecimiento espontáneo de árboles silvestres; y de esta forma se alcanzó un sistema más diverso en poco tiempo y además, seguro, próspero, con producciones a corto, mediano y largo plazo.

En la Forestería Análoga las leguminosas y especies pioneras se utilizan para regenerar suelos. Además, el material orgánico que resulta de la abonera y la poda se utiliza como escudo para proteger y fertilizar el suelo. En naturaleza, la recuperación de los suelos degradados puede llevar muchos años. Sin embargo, con la herramienta de la Forestería Análoga el proceso es mucho más rápido.

4. Definir las necesidades y objetivos del finquero para diseñar un sistema de Forestería Análoga

Para diseñar un sistema bajo la Forestería Análoga el finquero debe analizar el sistema de su finca (si su finca es muy grande puede buscar asesoría técnica) y entonces, definir sus necesidades y objetivos. Idealmente, el sistema debe incluir especies que regularmente produzcan beneficios en el corto, medio y largo plazo; y otras especies que sean capaces de producir la cubierta del suelo y gran cantidad de biomasa. Debe también haber especies que tienen funciones multiusos. Los finqueros deben seleccionar una combinación de plantas con producción en diferentes épocas del año y especie persistentes que pueden ser cosechadas en diversas fases de la sucesión.

Los finqueros tienen diversas necesidades y objetivos; al comenzar tienen que adaptarse a una gran variedad de condiciones tales como herbazales, vegetación del barbecho o arbustiva, vegetación forestal joven y madura, etc. No hay modelos para la selección de especies. Es importante que el sistema se considere en conjunto.

Deben reconocerse las diferentes las fases del proceso de la sucesión y las especies particulares, como también, cuales son sus funciones y necesidades ambientales y aprovechar este conocimiento y considerarlos entre las necesidades del finquero. Si hay un buen diseño y planeamiento de las especies, será posible cosechar productos en cada época del año.

En general, el finquero debe considerar: la capacidad de producción de la especie; su edad fisiológica; su lugar en la sucesión y el estrato vertical; si amenaza al desarrollo de cualquier otra planta; conocer de sus depredadores o parásitos.

5. Enseñar a otros sobre el potencial de la Forestería Análoga

El potencial de la Forestería Análogo está en que es una actividad sostenible económica, social y ambientalmente, porque mejora a productividad agrícola y ambiental del sistema cultural.

Actualmente, Bekins dedica parte de su tiempo a intercambiar conocimientos con otros finqueros y técnicos para crear un campo común de comprensión, de cómo obra la Forestería análoga su importante papel en la recuperación de la productividad y la biodiversidad; y se ha convertido en promotor y defensor de la Forestería Análoga.

Algunos finqueros saben mucho sobre las especies locales y son conscientes de las interacciones que ocurren entre varias de esas plantas. Ellos saben si estas plantas pueden ser utilizadas para alimento, medicina u otros propósitos domésticos. Esta comprensión del campo común puede ser utilizada para mejorar el sistema con una continua experimentación del finquero.

Retos cara al futuro

Compartir las experiencias de trabajar una finca bajo Forestería Análoga que puedan servir a solucionar problemas a los finqueros. Enseñar a otros como producir orgánicamente, sin utilizar agroquímicos, vivir sanamente con la naturaleza.

Bekins dice que le gusta enseñar a otros sobre cosas que quizás no saben o sobre cosas que quizás el sepa. La Forestería Análoga ofrece muchas ventajas como son: restaurar los bosques, conservar el suelo, almacenar el carbono y mejorar el bienestar de las comunidades locales. Bekins señala que “la forestería análoga proporciona al agricultor la opción de mantener su tierra y hacerla productiva, en lugar de verse físicamente y socialmente desplazado al tener que ceder a la presión extranjera de vender”.

En la última etapa de la finca, esta se empieza a promover como un punto de visita de ecoturistas, y de esta manera busca incidir en la concientización ambiental de las personas que quieren aprender de esta forma de trabajar la tierra. Bekins sugiere que “el ecoturismo y el pago por servicios ambientales son dos excelentes opciones de beneficio económico para los finqueros que trabajan la tierra bajo la Forestería Análoga”.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se registraron en total 528 individuos en el inventario florístico de árboles con $\text{dap} \geq 10$ cm, los cuales corresponden a 27 familias, 47 géneros y 53 especies. La familia Fabaceae agrupó el 22.6% de las especies, seguida de las familias Annonaceae, Bignoniaceae, Euphorbiaceae, Malvaceae y Rutaceae con 5.6%, cada una.

Las variables: número de árboles, altura del dosel, número de especies, índice de Shannon-Wiener e índice de complejidad, se encuentran relacionadas positivamente y existen contribuciones similares de cada una de ellas en la variabilidad total de cada uno de los sistemas estudiados.

Las PTM se agruparon tal cual lo esperado, utilizando las variables para el cálculo del IC, que son número de árboles, número de especies, área basal y altura del dosel.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable altura del dosel, número de árboles, número de especies, IC, H, 1-D y Mg.

No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de sistemas considerando la variable área basal.

La comunidad FA resultó ser más rica en especies arbóreas con $\text{dap} \geq 10$ cm que la comunidad BN. Los bosques con la mayor diversidad de especies arbóreas con $\text{dap} \geq 10$ cm, corresponden a FA, seguido de BN. BN presenta una media mayor y distinta de los demás tipos de bosque, en las variables: altura del dosel, número de árboles e IC.

Tomando en cuenta la abundancia de las especies, FA-PT son más similares debido a la abundancia de la teca, la cual se ha cultivado en FA, por lo que FA tiene una mayor similitud en estructura con PT, aunque con BN y FA son más similares en composición, ya que comparten mayor variedad de especies.

En FA y BN hay un mayor número de elementos en sus fórmulas o hábitos de crecimiento con respecto a las parcelas de PA y PT, según la fórmula de fisionómica de la vegetación. Los perfiles de vegetación realizados para cada parcela nos permiten una representación pictórica de la complejidad de cada sistema. También, La valoración ecológica mostró que BN y FA son sistemas sostenibles.

Las especies con mayor valor ecológico en los bosques bajo FA estudiados son: *Tectona grandis* con 36.8%, *Erythrina costaricensis* con 33.6%, *Cedrela odorata* con 31.4%, *Hymenaea courbaril* con 23.7%, *Eucalyptus deglupta* con 21.0%, *Schizolobium parahyba* con 17.1%, *Anacardium excelsum* con 16.3% y *Vochysia ferruginea* con 12.9%.

Las especies con mayor valor ecológico en los bosque natural secundario estudiados son: *Cordia Alliodora* con 72.2%, *Anacardium excelsum* con 64.0%, *Alchornea costaricensis* con 38.9%, *Schizolobium parahyba* con 29.9%, *Trichilia hirta* con 19.7% y *Guatteria diospyroides* con 12.7%.

Las especies con mayor valor ecológico en los potreros arbolados estudiados son: *Enterolobium cyclocarpum* con 62.4%, *Cedrela odorata* con 52.8%, *Cordia Alliodora* con 25.8%, *Guazuma ulmifolia* con 23.8%, *Mangifera indica* con 22.3% y *Annona muricata*, *Anacardium excelsum* con 19.3 %.

La Forestería Análoga es una técnica de restauración biológica en la cual se pretende diseñar un bosque similar en estructura y función al bosque que había antes o al bosque más maduro que se encuentra en la zona. Esta técnica es interesante, no sólo por que quiera recuperar la biodiversidad, sino porque además busca que los bosques tengan mayor función, o sea que puedan brindar un mayor número de bienes y servicios, que representen beneficios económicos al finquero.

Del estudio de caso se concluye que para la creación y funcionamiento de un bosque análogo se deben definir las necesidades y objetivos del finquero para diseñar un sistema de Forestería Análoga, trabajar de manera sostenible la finca siguiendo los principios de esta técnica, hacer que la naturaleza trabaje a nuestro favor, investigar sobre las especies análogas que aumenten los bienes y servicios que provee el bosque y al final, es importante enseñar a otros sobre el potencial de la Forestería Análoga, que es una actividad sostenible económica, social y ambientalmente, porque mejora a productividad agrícola y ambiental del sistema cultural.

6. LITERATURA CITADA

- Arroyo, V; Madujano, S. 2008. Efectos de la fragmentación sobre la composición y la estructura de un bosque tropical lluvioso mexicano *In* Harvey, C; Sáenz, J. eds. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. p. 179-196.
- Bekins, M. 2009. Forestería análoga (entrevista). Londres, CR.
- Bennett, A. 2004. Enlazando el paisaje: el papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. Programa de Conservación de Bosques UICN. Conservando los Ecosistemas Boscosos Serie No. 1 UICN, Oficina Regional para Mesoamérica, San José, CR. 276 p.
- Berry, PE. 2002. Diversidad y endemismo en los bosques neotropicales de bajura *In* Guariguta, M; Kattan, G. eds. Ecología y conservación de bosques neotropicales. LIL. San José, CR. p. 83-96.
- Bolaños, R; Watson, V; Tosi, J. 2005. Mapa ecológico de Costa Rica (Zonas de Vida), según el sistema de clasificación de zonas de vida del mundo de L.R. Holdridge, Escala 1:750 000. Centro Científico Tropical. San José, CR. 1 hoja.
- Brown, S; Lugo, AE. 1994. Rehabilitation of tropical lands: A key to sustaining development. *Restorat. Ecol.* 2: 97-111.
- Butler, TJ; Boontawee, B. 1995. Measuring and monitoring in tropical and temperate forest. CIFOR (Center for international Forestry Research). Bongor, ID.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2002. Inventarios forestales para bosques Latifoliados en América Central. Eds. L Orozco; C Brumér. Serie técnica. Manual técnico/CATIE no. 50. Turrialba, CR. 264 p.
- CDB (Convenio de Diversidad Biológica). 1992. Convenio de diversidad biológica en la conferencia de las naciones unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo (en línea). Rio de Janeiro, Brasil. Consultado 20 dic. 2008. Disponible en <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/convencionsobrediversidadbiologica.pdf>
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, CR). 2009. Consultado 10 feb. 2009. Disponible en http://www.fonafifo.com/paginas_espanol/fonafifo/e_fo_acerca.htm
- Fundación Rescate del Bosque Tropical. 2001. Manual práctico de forestería análoga. 2 ed. Rimana. Quito, Ecuador. 38 p.
- Gamboa, L. 2001. Case study – analog forestry in the community of Nuevo mundo, Ecuador. Encyclopedia of Sustainability, Both Ends. 14 p.
- Gentry, A.H. 1988. Tree species richness of upper Amazonian Forest. Proc. Naturalist. Acad. Sci. 85, p 156 – 159.
- Hallé, F; Oldeman P; Tomlinson, P. 1978. Tropical trees and forests. Springer Verlag, Berlín. 442 p.
- Holdridge, LR. 1978. Ecología basada en zonas de vida. 5 reimpresión, 2000. San José, CR. IICA. 216 p.
- Ibrahim, M. 2007. The regional integrated silvopastoral ecosystem management project in Colombia, Costa Rica and Nicaragua. In FAO (The State of Food and Agriculture). The State of Food and Agriculture (en línea). Roma, IT. Consultado 20 dic. 2008. Formato PDF. Disponible en <http://www.iisd.org>
- Jayantha, KG. 2006. Study of williness of farmers to convert existing Tea cultivation system to more ecofriendly analog forestry system. International Field Biology Course. Center for Tropical Forest Science Arnold Arboretum. Deniyaya, LK.
- Kattan, GH. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies *In* Guariguta, M; Kattan, G. eds. Ecología y conservación de bosques neotropicales. LIL. San José, CR. p. 561-590.
- Krebs, C. 2000. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Oxford University, México, D.F. 753 p.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos. Trad. A Carrillo. GTZ (Cooperación Técnica de Alemania). Eschborn, DE. 335 p.
- Leigh, E; Rand, A; Windsor D. 1992. Ecología de un bosque tropical. LTDA. Bogotá, Colombia. 548 p.
- Magurran, AE. 2004. Measuring Biological Diversity. Blackwell. Oxford, UK. 260 p.

- MEA (Millennium Ecosystem Assessment) 2005. Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis (en línea). World Resources Institute, Washington, DC. 100 p. Consultado 15 dic. 2008. Disponible en <http://www.millenniumassessment.org/en/index.aspx>
- Meli, P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica. INCI, oct. 2003, vol.28, no.10, p.581-589.
- Montiel, M. 1991. Introducción a la flora de Costa Rica. 2ed. Universidad de Costa Rica. San José, CR. 345 p.
- Morales, H; Ferguson, B; García-Barrios, L. 2008. Agricultura: la cenicienta de la conservación en Mesoamérica *In* Harvey, C; Sáenz, J. eds. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. p. 47-74.
- Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Zaragoza, ES. M&T–Manuales y Tesis SEA. 1:1-84.
- Nuberg, IK; Evans, DG. 1993. Alley cropping and analog forest for soil conservation in the dry uplands of Sri Lanka. NL. *Agroforestry Systems* 24:247-269.
- Nuhn, H. 1978. Atlas preliminar de Costa Rica. San José, CR. Instituto Geográfico Nacional.
- Vaz, P. 2000. Regenerative analog agroforestry in Brazil. *Farming in the forest*. NL. *Leisa* 16(3)14-16.
- Prodan, M; Peters, R; Cox, F; Real, P. 1997. *Mensura forestal*. IICA. San José, CR. 586 p.
- Ranganathan, J; Daily, GC. 2008. La biogeografía del paisaje rural: oportunidades de conservación en paisajes de Mesoamérica manejados por humanos *In* Harvey, C; Sáenz, J. eds. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. p. 15-30.
- RIFA (Red Internacional de Forestería Análoga). 2007. *Forestería análoga: principios e implementación*. Taller de la Red Internacional de Forestería Análoga. CATIE, Costa Rica, 9 -17 de febrero de 2007. 48 p.
- RIFA (Red Internacional de Forestería Análoga). 2008a. *Forestería análoga: principios e implementación*. Taller de la Red Internacional de Forestería Análoga. República Dominicana, 19 – 27 de octubre, 2008. 54 p.

- RIFA (Red Internacional de Forestería Análoga). 2008b. Manual de valoración ecológica. Ecuador. 44 p.
- Senanayake, R. 1987. Analog Forestry as a Conservation Tool. Tiger Paper, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Bangkok, TH.
- Senanayake, R; Jack, J. 1998. Analogue Forestry: An Introduction. In Geography and Environmental Science No. 45. Monash Public Geog. Melbourne, AU. 145 p.
- Senanayake, R. 2000. Analog forestry: an alternative to 'clear and simplify'. Farming in the forest. NL. Leisa 16(3)12-13.
- Shanley, P; Pierce, A; Laird, S; Robinson, D. 2008. Más allá de la madera: Certificación y manejo de productos forestales no maderables. Center for International Forestry Research (CIFOR). Bogor, ID. 148 p.
- Tosi, JA. Jr. 1965. Mapa ecológico de Costa Rica. Basado en la clasificación de zonas de vida del mundo por Leslie Holdridge. Centro Científico Tropical. San José, CR. Escala 1:500.000. 72x78 cm. 1 p.

7. APÉNDICES Y ANEXOS

Lista de especies de árboles con dap \geq 10 cm reportadas en el inventario florístico.

Nº	Especie	Familia	Origen	Tipo
1	<i>Acacia collinsii</i> Saff.	Fabaceae	nativa	natural
2	<i>Alchornea costaricensis</i> Pax & K. Hoffm. in Engl.	Euphorbiaceae	nativa	natural
3	<i>Anacardium excelsum</i> (Bert. & Balb.) Skeels	Anacardiaceae	nativa	natural
4	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	nativa	cultivada
5	<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.	Malvaceae	nativa	natural
6	<i>Aspidosperma spruceanum</i> Benth. ex Müll. Arg.	Apocynaceae	nativa	natural
7	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Oxalidaceae	exótica	cultivada
8	<i>Turpinia occidentalis</i> (Sw.) G. Don	Tapisciaceae	nativa	natural
9	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth	Malpighiaceae	nativa	natural
10	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	Clusiaceae	nativa	natural
11	<i>Cananga odorata</i> (Lam.) Hook. f. & Thomson	Annonaceae	exótica	cultivada
12	<i>Cassia grandis</i> L. f.	Fabaceae	nativa	cultivada
13	<i>Castilla elastica</i> Sessé ex Cerv.	Moraceae	nativa	natural
14	<i>Cecropia peltata</i> L.	Urticaceae	nativa	natural
15	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae	nativa	cultivada/silvestre
16	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm. f.	Rutaceae	exótica	cultivada
17	<i>Citrus paradisi</i> Macfad.	Rutaceae	exótica	cultivada
18	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	nativa	cultivada
19	<i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Oken	Boraginaceae	nativa	natural
20	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Fabaceae	nativa	natural
21	<i>Erythrina costaricensis</i> M. Mich.	Fabaceae	nativa	cultivada
22	<i>Eucalyptus deglupta</i> Blume	Myrtaceae	exótica	cultivada
23	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Moraceae	nativa	natural
24	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Walp.	Fabaceae	nativa	cultivada
25	<i>Guatteria diospyroides</i> Baill.	Annonaceae	nativa	natural
26	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Malvaceae	nativa	natural
27	<i>Hampea platanifolia</i> Standl.	Malvaceae	nativa	natural
28	<i>Hyeronima alchorneoides</i> Allemao	Euphorbiaceae	nativa	natural
29	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae	nativa	cultivada
30	<i>Inga goldmanii</i> Pittier	Fabaceae	nativa	natural
31	<i>Inga oerstediana</i> Benth.	Fabaceae	nativa	natural
32	<i>Inga ruiziana</i> G. Don	Fabaceae	nativa	natural
33	<i>Inga spectabilis</i> (Vahl) Willd.	Fabaceae	nativa	natural
34	<i>Laetia procera</i> (Poepp.) Eichler	Salicaceae	nativa	natural
35	<i>Licania platypus</i> (Hemsl.) Fritsch	Chrysobalanaceae	nativa	cultivada
36	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	exótica	cultivada
37	<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	Melastomataceae	nativa	natural
38	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Sapindaceae	exótica	cultivada
39	<i>Ocotea atirrensis</i> Mez & Donn. Sm.	Lauraceae	nativa	natural
40	<i>Ocotea insularis</i> (Meissn.) Mez	Lauraceae	nativa	natural

Nº	Especie	Familia	Origen	Tipo
41	<i>Protium panamense</i> (Rose) I.M. Johnst.	Burseraceae	nativa	natural
42	<i>Pseudosamanea guachapele</i> (Kunth) Harms	Fabaceae	nativa	natural
43	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	nativa	cultivada
44	<i>Sapium laurifolium</i> (A. Rich.) Griseb.	Euphorbiaceae	nativa	natural
45	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	Fabaceae	nativa	natural
46	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Bignoniaceae	exótica	cultivada
47	<i>Tabebuia ochracea</i> (Cham.) Standl.	Bignoniaceae	nativa	natural
48	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) A. DC.	Bignoniaceae	nativa	cultivada
49	<i>Tectona grandis</i> L. f.	Lamiaceae	exotica	cultivada
50	<i>Trichilia hirta</i> L.	Meliaceae	nativa	natural
51	<i>Viola koschnyi</i> Warb.	Myristicaceae	nativa	natural
52	<i>Vochysia ferruginea</i> Mart.	Vochysiaceae	nativa	natural
53	<i>Zanthoxylum acuminatum</i> (SW.) Sw.	Rutaceae	nativa	natural

Cuestionario para la sistematización (Entrevista estructurada)

El eje del Estudio de caso es “La creación y el funcionamiento de un bosque análogo en la Finca Marucha, Londres, Cantón de Aguirre, CR”; el cual servirá para conocer la experiencia del trabajo que involucra la creación y funcionamiento de una finca con FA. Bajo la modalidad de sondeo por entrevistas conoceremos sobre la situación inicial, la etapa de intervención y desarrollo, la situación final, las lecciones aprendidas y las recomendaciones; para la creación y funcionamiento de una finca con FA.

1. ¿Por qué sistematizar esta experiencia?
2. ¿Cómo era la situación inicial, o previa a la intervención?
3. ¿A que atribuye la raíz del problema o cuales considera usted son las causas directas del problema?
4. ¿Cuál era la condición inicial antes de dar origen a la experiencia?
5. ¿Cuáles considera usted, eran los motivos por los cuales se encontraba en esta situación?
6. ¿Conocía de la experiencia o había realizado otras anteriormente?
7. ¿Qué cambios propuso esta nueva experiencia?
8. ¿De qué manera se lograrían estos cambios?
9. ¿Cuáles eran los problemas que se querían resolver?
10. ¿Qué factores limitaban las posibilidades de acción para resolver estos problemas?
11. ¿Qué elementos influenciaron a tomar estas decisiones o acciones?
12. ¿Cuándo iniciaron las acciones y qué objetivos tenían?
13. ¿Tenía una metodología propuesta para realizar los cambios y en qué consistía básicamente?
14. ¿Qué actividades planteaba esta metodología?
15. ¿Cuál era su opinión acerca de la experiencia mientras se ejecutaban las actividades?
16. ¿Qué actividades se realizaron?
17. ¿Que actividades realizadas considera usted las mas positivas?
18. ¿Que actividades realizadas considera usted que fueron las más negativas, en caso tal se dio alguna?
19. ¿Existían actividades contradictorias a la experiencia?
20. ¿Cuál era el tiempo previsto para el desarrollo de estas actividades?
21. ¿En detalle en qué consistió la intervención?
22. ¿Cuáles fueron las actividades que constituyeron el proceso?
23. ¿Cuáles fueron los aspectos esenciales a resaltar de esta experiencia?

24. ¿Cuál fue el rol de cada uno de los actores?
25. ¿Qué métodos se emplearon en cada actividad?
26. ¿Con que medios y recursos se contaron para la realización de cada actividad?
27. ¿Recibió algún tipo de apoyo externo?
28. ¿Hubo factores externos que facilitaron la experiencia?
29. ¿Hubo factores externos que dificultaron la experiencia?
30. ¿Cambio la situación inicial después de las acciones de la experiencia?
31. ¿Cuáles fueron los resultados que se obtuvieron con el desarrollo de las actividades de esta experiencia?
32. ¿Qué impactos ha causado esta experiencia?
33. ¿Qué beneficios ha traído esta experiencia?
34. ¿A quienes han sido favorecidos por esta experiencia?
35. ¿De qué manera se pueden comprobar los resultados que usted menciona?
36. ¿Cuál es su opinión acerca de la experiencia al finalizar las actividades?
37. ¿Cuáles cree usted que son las lecciones más importantes que se derivan de las actividades de esta experiencia?
38. ¿Encontró alguna dificultad o no al momento de desarrollarse las actividades de esta experiencia?
39. ¿De que manera los resultados que mencionó anteriormente aportaron o beneficiaron a la comunidad?
40. ¿Si esta experiencia comenzara de nuevo que haría igual?
41. ¿Si esta experiencia comenzara de nuevo que haría diferente?