



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL

Propuesta de línea base del plan de ordenamiento
forestal para la Estación Experimental Forestal
Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa
Rica.

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERÍA
FORESTAL CON EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIATURA

Priscilla Rigg Aguilar

Cartago, Costa Rica
Noviembre 2013

Propuesta de línea base del Plan de ordenamiento forestal para la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Priscilla Rigg Aguilar

Resumen

Se realizó una extensa revisión de literatura propia y externa de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, para determinar su estado actual a nivel general de gestión de actividades, proyectos y programas de monitoreo, así como del estado de los recursos naturales (suelo, red hídrica, bosques naturales y plantaciones forestales) y el estado de caminos prioritarios. Se evaluó el estado actual de la cobertura forestal y no forestal, realizando visitas de campo y caracterizando la cobertura para su posterior zonificación. Se determinó que la cobertura predominante es el bosque secundario de diferentes estadios (5053,83 ha), seguido de potreros arbolados (1826,14 ha), arbustales (250,98 ha), pastizal (124,4 ha) y plantaciones forestales (95,67 ha). Con cada sector categorizado se realizó un análisis de variables para determinar los sectores a manejar, considerando accesibilidad, tipo de suelo, capacidad de uso y potencial de producción. Se determinó que existen 1028,85 ha de bosques secundarios con áreas basales mayores a 12 m²/ ha, con potencial de aprovechamiento en los próximos 5 años, 35 ha de plantaciones mixtas de especies nativas con características de aprovechamiento a corto plazo, así como 951,44 ha de potreros arbolados, pastizales y arbustales propicios para establecimiento de plantaciones forestales. Los caminos presentan problemas de drenaje y anegamiento, esto provocado por las características vérticas del suelo, el cual no cuenta con condiciones óptimas de drenaje y la ausencia de un sistema de evacuación de agua adecuado (cunetas, alcantarillas). Se identificaron 3 categorías de caminos, donde 1 es la mejor condición y 3 la peor condición; en total, de 39,4 km de caminos, un 10,05% se clasificó con categoría 1, un 58,72% con categoría 2 y con categoría 3 un 31,22%.

Palabras clave: ordenamiento forestal, bosque seco, sucesión secundaria, plantaciones, caminos, Guanacaste, manejo forestal sostenible.

**Proposal of forest management plan baseline for the Estación Experimental Forestal Horizontes,
Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.**

Priscilla Rigg Aguilar

Abstract

An extensive review of literature itself and external of the Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica, was conducted to determine their present state in an overall level of management activities, projects and programs monitoring, and the state of natural resources (soil, water mains, natural forests and forest plantations) and the status of priority roads. The present state of the forest and non-forest cover was performed by field visits and their characterization for subsequent zoning. It was determined that the predominant coverage is secondary forest in different stages (5053,83 ha), followed by wooded pastures (1826,14 ha), shrub lands (250,98 ha), grassland (124,4 ha) and forest plantations (95,67 ha). With each sector categorized, variables analysis was performed to identify the management sectors, considering accessibility, soil capacity use, usability and production potential. It was determined that there 1028,85 ha of secondary forests with basal area higher than 12 m²/ha, with potential use in the next 5 years , 35 ha of mixed plantations of native species with characteristics of short-term use, as well as 951,44 ha of pasture woodlands, grasslands and shrub lands propitious to establishment of forest plantations. The roads have drainage problems and flooding, caused by vertic soil characteristics, which do not have optimal drainage conditions and the absence of a proper drainage system water (ditches, culverts). In total of 39,4 km of roads, 10,05% were classified with category 1, a 58,72% to category 2 , and 31,22% category 3, where 1 is the best condition and 3 the worst condition.

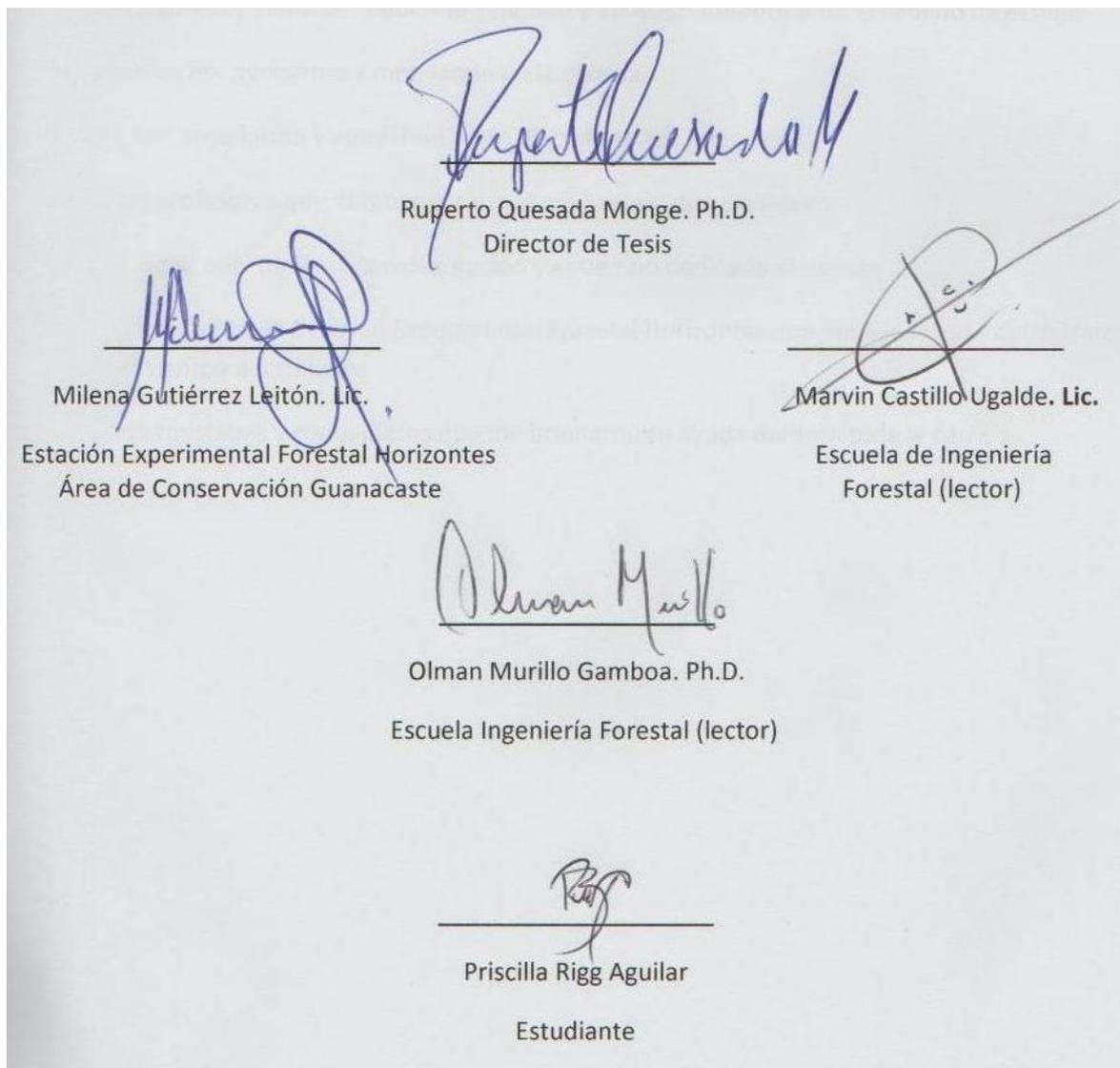
Key words: forest management, dry forest, secondary succession, plantations, roads, Guanacaste, sustainable forest management.

Acreditación

Esta tesis fue aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura

Propuesta de línea base del Plan de ordenamiento forestal para la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Miembros del Tribunal Evaluador



Dedicatoria

A mi madre, mi padre, mi familia.

A mis abuelos María Josefa Calvo y Rafael Aguilar.

A mi tío Wilfredo Rigg.

Agradecimientos

A mis tías Carmen y Elena por haberme ayudado y apoyado durante todo el camino de estudio.

A mis abuelos por ayudarme y motivarme en la carrera.

A Pantón por enseñarme y apoyarme tanto durante todos estos años.

A todos los profesores que durante la carrera me han guiado y ayudado.

A Milena por la oportunidad, la colaboración y el tiempo dedicado al trabajo.

A los funcionarios de la Estación Experimental Forestal Horizontes que me ayudaron y colaboraron durante el tiempo del trabajo.

A todas las amistades y compañeros que me brindaron su ayuda durante toda la carrera.

Índice

Resumen.....	2
Abstract	3
Acreditación	4
Dedicatoria	5
Agradecimientos	5
Índice	6
Introducción	15
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
Revisión de literatura	18
– Ordenación Forestal.....	18
– Tipos de bosque	18
– Bosque seco	18
– Bosque secundario.....	19
– Legislación bosques secundarios	19
– Plantaciones forestales	20
– Manejo de plantaciones.....	20
– Plantaciones con especies nativas	20
– Caminos.....	20
– Mantenimiento de caminos.....	21
Metodología.....	22
Sitio.....	22
Elaboración del plan de manejo.....	22
Revisión bibliográfica. Compilación, procesamiento y sistematización de la información existente	22
Generación de información faltante. Visitas de campo.....	24
Generación de información de producción y sostenibilidad del manejo de los recursos de plantaciones, áreas de pastos y bosques secundarios.....	28
Resultados	29
– Situación actual Estación Experimental Forestal Horizontes: Diagnóstico	29
– Zonificación	29

– Vías de acceso	30
– Estado de los caminos	31
– Suelos y su capacidad de uso	32
– Red hídrica.....	34
– Caracterización de los bosques de la EEFH	35
– Cobertura circundante	41
– Árboles semilleros.....	41
– Plantaciones de forestales	43
– Áreas no boscosas	45
– Restauración.....	46
– Fijación de carbono	47
– Biomasa	48
– Investigación	48
– Turismo	48
– Incendios	50
– Mercado de productos forestales	51
– Fondos financieros	52
Conclusiones	54
Recomendaciones	545
Bibliografía	5
Plan de manejo bosques secundarios	63
Recursos maderables	64
Criterios de selección de sitios de aprovechamiento	65
Sitios a aprovechar	66
Opciones de manejo.....	68
Opciones de aprovechamiento	70
Ciclo de corta.....	73
Justificación ciclo de corta	73
Opción de restauración de bosques: Enriquecimiento.....	73
Especies	74

Opción de manejo: Turismo	75
Investigación	75
Zonas de protección	76
Plan de monitoreo.....	76
– Aprovechamiento.....	76
– Enriquecimiento.....	76
Cronogramas de actividades	76
Conclusiones	78
Bibliografía	80
Plan de manejo plantaciones forestales	82
Plantaciones mixtas.....	83
Manejo o aprovechamiento.....	85
Selección de sitios	85
Mapa zonas posibles a reforestar	86
Especies posibles a utilizar	88
Actividades a realizar en plantaciones según especie, época, sitio	88
Investigación	90
Conclusiones	92
Bibliografía	93
Plan de manejo de caminos	95
Estado actual de los caminos	96
Topografía	96
Suelos	96
Red hídrica.....	96
Problemática de los caminos en la EEFH.....	96
Caminos públicos	97
Mejoramiento de caminos	99
Sistema de drenajes	99
Actividades	99
Orden de elaboración del sistema de drenaje	101
Mantenimiento	101

Época de realización de actividades.....	102
Conclusiones	103
Bibliografía	104
Anexos	105
Investigación Forestal en cifras	106

Índice de figuras

Figura 1. Herramienta para estimar el área basal por hectárea (G/ha) mediante parcelas temporales de muestreo (dendrómetro).....	25
Figura 2. Forma de colocar el dendrómetro	25
Figura 3. Mapa de cobertura de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	29
Figura 4. Accesos a la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	31
Figura 5. Mapa del estado actual de los caminos principales de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	32
Figura 6. Zonificación por características de suelo de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica	34
Figura 7. Mapa de ríos para la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	35
Figura 8. Ubicación de los árboles semilleros para el monitoreo fenológico dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013. Fuente: Atlas Digital de Costa Rica 2008 y Base de datos digital: Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG.	42
Figura 9. Ubicación de las plantaciones en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	43
Figura 10. Distribución de los primeros 4 bloques de plantaciones mixtas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	44
Figura 11. Ubicación de zonas no boscosas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	46
Figura 12. Ubicación de los turísticos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	49
Figura 13. Propuesta de manejo del fuego y de modificación de caminos y cortafuegos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	51
Figura 14. Zonificación de los bosques en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	64
Figura 15. Sitios de bosques para aprovechamiento forestal, Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	68
Figura 16. Mapa de sitios con cobertura no boscosa de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	86
Figura 17. Mapa ubicación posibles sitios para plantaciones forestales, Estación Experimental forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	88

Figura 18. Condición topográfica de algunos caminos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	96
Figura 19. Identificación de caminos públicos en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	98
Figura 20. Mapa estado actual de los caminos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	98
Figura 21. Opción de drenaje de los caminos con baja pendiente, camino con peralte hacia adentro	100

Índice de cuadros

Cuadro 1. Información básica a compilar sobre el uso actual del suelo.1.....	23
Cuadro 2. Parámetros para la evaluación de la capacidad de uso de los suelos.	23
Cuadro 3. Tipo de cobertura identificado en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	30
Cuadro 4. Edad del sitio, número de individuos por hectárea promedio (N/ha) y área basal promedio (G/ha) para individuos \geq a 5 cm de diámetro a la altura de pecho para los diferentes sitios en la EEFH. Guanacaste, Costa Rica, 2012..	36
Cuadro 5. Análisis efectuado a los datos de área basal tomados con dendrómetro en las Parcelas Permanentes de Medición en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	36
Cuadro 6. Área basal (m^2/ha) y su desviación estándar para cada fase de desarrollo evaluada, separadas según individuos secundarios y remanentes del uso anterior. Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	37
Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies presentes por bosque en la EEFH. Guanacaste, Costa Rica 2012	37
Cuadro 8. Comparación de las 15 especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) para bosques con distintas edades, estudiados en la EEFH. Guanacaste, Costa Rica, 2012.	38
Cuadro 9. Especies posibles a aprovechar en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica.	39
Cuadro 10. Distribución porcentual del N/ha de los diferentes sitios de EEFH según gremio ecológico. Guanacaste, Costa Rica, 2012.	40
Cuadro 11. Altura máxima promedio (h máx. promedio en metros), desviaciones estándar, pisos de altura y comparaciones Tukey para los diferentes sitios de la EEFH. Guanacaste, Costa Rica, 2012.	40
Cuadro 12. Volumen (m^3/ha) total y su desviación estándar para cada fase de desarrollo evaluada en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. .	40
Cuadro 13. Descripción de áreas de plantación en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	44
Cuadro 14. Distribución de las mezclas en cada bloque de plantación en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	45
Cuadro 15. Biomasa arriba del suelo (toneladas/ha) en bosque seco en el piso altitudinal basal en Costa Rica.	48
Cuadro 16. Ingresos de los años 2011-2012 de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	52

Cuadro 17. Rangos de áreas de bloques de bosque y su extensión total por clase de área basal (m ² /ha) en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste. Costa Rica.	65
Cuadro 18. Descripción sitio 1 (sureste) de aprovechamiento, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	67
Cuadro 19. Descripción sitio 2 (norte) de aprovechamiento, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	67
Cuadro 20. Descripción sitio 3 (medio) de aprovechamiento, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	67
Cuadro 21. Actividades según modelo de aprovechamiento. Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	70
Cuadro 22. Especies posibles a utilizar para enriquecimiento de bosques con fines ecológicos en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	74
Cuadro 23. Especies posibles a utilizar para enriquecimiento de bosques con fines comerciales en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	75
Cuadro 24. Cronograma actividades sitios 1 y 2 (aprovechamiento en época seca).....	76
Cuadro 25. Cronograma actividades sitio 3 (aprovechamiento en época lluviosa).....	77
Cuadro 26. Diámetro promedio estimado para las plantaciones mixtas de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	83
Cuadro 27. Altura promedio estimada para las plantaciones mixtas de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	83
Cuadro 28. Volumen neto en trozas comerciales (m ³ sin corteza) por hectárea (vol/ha) y por bloque (B) de las plantaciones mixtas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	84
Cuadro 29. Volumen neto en trozas comerciales (m ³ sin corteza) total por bloque (B) de las plantaciones mixtas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	84
Cuadro 30. Área basal y volumen por hectárea para los sitios con cobertura no boscosa en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.....	85
Cuadro 31. Características de posibles sitios para establecimiento de plantaciones, Estación Experimental forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	87
Cuadro 32. Propuesta de actividades de establecimiento de plantaciones forestales de la Estación Experimental forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica	89
Cuadro 33. Cronograma general de actividades de manejo según especie, propuesta de aplicación en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.	90

Cuadro 34. Longitud de caminos principales según clasificación de estado actual, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. 97

Cuadro 35. Orden de elaboración de actividades de mantenimiento y mejora de caminos en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica..... 101

Introducción

La ordenación forestal se basa en procedimientos planeados, con el fin de aplicarlos para mejorar las condiciones tanto de las funciones del bosque, como del entorno social que lo envuelve (OIMT 2002). Representa las prioridades del manejo del bosque, ya que se basa en la estructura de este y describe tanto las limitaciones existentes como los aspectos productivos del ecosistema (Maginnis *et al.* 1998).

El concepto de manejo forestal ha cambiado a través del tiempo para poder integrar aspectos ecológicos y sociales, manteniendo el enfoque de obtención de productos maderables y no maderables (Orozco 2002). El enfoque de silvicultura concilia dos objetivos, a menudo considerados contrarios: producción y conservación, por lo que el manejo forestal se convierte en la mejor herramienta de conservación y de desarrollo, contemplando los procesos dinámicos y productivos, los cuales son insumos importantes para la producción forestal (Finegan 1992).

Esta evaluación preliminar de los recursos forestales debe ser integrada con el estado del área y sus componentes, sean propios de la región o ambientales (incendios, conexiones entre fragmentos de bosque, factores climáticos, edáficos, hídricos), o sean componentes externos o antrópicos (uso del suelo, proyectos establecidos), esto mediante un diagnóstico de los elementos que permita plantear los objetivos posibles y replantearlos según diferentes escenarios (González *et al.* 2006).

Según los objetivos del ordenamiento, el análisis de los recursos debe aplicarse de forma individual por sector de manejo, aplicando estudios de los recursos forestales y las especies arbóreas respectivas (Spittler 1995), su estructura, evolución y función del ecosistema, indicando sectores críticos, vulnerables o prioritarios según los objetivos establecidos (MINAE, SINAC 2004).

La razón para que un plan de manejo u ordenación forestal sea efectivo, es tener como característica intrínseca la flexibilidad (González *et al.* 2006), al establecer las actividades específicas para cada sector de bosque, según las condiciones descritas en el estudio previo o diagnóstico, siendo esto la base para la administración de los recursos (Burley 2002).

El manejo puede modificar las condiciones del bosque y sus especies, mejorando las condiciones de luz para favorecer el desarrollo de especies de rápido crecimiento que no son capaces de regenerarse bajo su propia sombra (Guillén *et al.* 1998, citado en Morales 1998). Las actividades pueden ser desde tratamientos silviculturales como el aprovechamiento maderero, aprovechamiento de productos no maderables del bosque, hasta enriquecimiento con especies nativas (Spittler 1995).

Hoy día, en muchas regiones tropicales, los bosques originales han desaparecido dando paso a una vegetación secundaria. Este ecosistema se postula como una fuente viable de manejo, tanto por abarcar grandes áreas en el país, como por sus características de proveedor de productos, disminuyendo así la presión que existe sobre los bosques primarios o poco intervenidos (Finegan 1992).

Otra fuente de productos maderables son las plantaciones forestales, las cuales son una alternativa sostenible para la obtención de madera sin afectar los bosques naturales. Sin embargo, el establecimiento de plantaciones debe ser dirigido bajo un marco técnico y científico, que permita obtener de esta forma mejores resultados (González 1980). En principio, se realizan ensayos con diferentes métodos de manejo para determinar el que brinde mayor rendimiento según los objetivos establecidos (Jara 1995).

La Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH)

La EEFH fue una finca ganadera que hoy forma parte del Área de Conservación Guanacaste (ACG), fue creada para la investigación forestal mediante el establecimiento del Programa de Restauración y Silvicultura, el cual promueve el establecimiento de ensayos de especies nativas, la restauración del bosque nativo de la zona seca del país, y liderar investigaciones para poder aplicar proyectos similares en otras partes del ACG; asimismo, permite implementar programas de conservación genética *ex situ* y ecoturismo dentro de la estación.

El sitio cuenta con áreas de bosque secundario en diferentes etapas sucesionales, potreros con diferentes tipos de actividades como ganadería o plantaciones de restauración, y ensayos forestales de especies nativas. Sin embargo, la EEFH carece de un plan estratégico a futuro que implemente actividades de manejo forestal que produzca, tanto información aplicable a otros sitios, públicos o privados, que cuenten con potencial forestal, como la obtención de ingresos propios, y así demostrar y promover la viabilidad del manejo forestal en la zona.

El objetivo del trabajo es elaborar una propuesta de plan de manejo para la Estación Horizontes, tanto del bosque como de las plantaciones que permitan alcanzar autosostenibilidad y crear un modelo de desarrollo en el ACG y el Pacífico Seco de la región.

Objetivo general

- * Planificar un ordenamiento forestal en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), que permita el mejoramiento de la gestión interna y la producción de información aplicable al manejo sostenible de los recursos forestales de la región.

Objetivos específicos

- * Identificar el estado actual de los recursos en la EEFH.
- * Elaborar un mapa de zonificación de la cobertura actual en la EEFH.
- * Identificar las zonas productivas del bosque, plantaciones forestales y potreros según aspectos de suelo, capacidad de uso y accesibilidad.
- * Elaborar planes generales de manejo para cada cobertura que puedan proveer recursos a la EEFH.
- * Crear un plan de manejo orientado hacia la autosostenibilidad.

Revisión de literatura

Ordenación forestal

La ordenación forestal es una serie de metodologías, procedimientos o sistemas de organización de la cubierta forestal, tanto de individuos de gran porte como de la regeneración (González *et al.* 2006). Dicha ordenación se aplica para dar diferentes usos al bosque (FAO 1994). La gestión de estos espacios implica considerar una serie de aspectos, tales como legislación actual, características del espacio, matriz donde se encuentre el bosque, objetivos de manejo, técnicas, personal y mercados, enmarcando la función del bosque y su contribución a la sociedad, tanto ambientales como económicos y sociales (FAO 1995a). Su objetivo primordial es conseguir la viabilidad y persistencia del bosque, permitiendo la disponibilidad de recursos a largo plazo (González *et al.* 2006, FAO 1994).

En Costa Rica, la aplicación de la ordenación forestal incluye a todos los actores clave del manejo, administradores, dueños del bosque, regentes, evaluadores, instituciones de investigación y las organizaciones del Estado, con esto se pretende integrar todos los aspectos e intereses de cada involucrado, distribuyendo las responsabilidades correspondientes para implementar de manera correcta la legislación y las prácticas adecuadas (McGinley y Finegan 2002).

Tipos de bosque

A nivel mundial los suelos están cubiertos aproximadamente por un 40% de cobertura forestal, la cual contempla diferentes tipos de bosque: bosques templados y boreales y bosques tropicales (FAO 1994).

Estos últimos, cuentan con una gran variedad de ecosistemas por las condiciones climáticas que los envuelven; existen bosques secos, muy secos, bosques húmedos, muy húmedos, páramo, bosques caducifolios y bosques siempreverdes (FAO 1994).

Bosque seco

Estos bosques se encuentran en sitios con épocas secas muy extensas y patrones de lluvia entre 500 y 2000 mm anuales, presentan una gran riqueza en fauna y una vegetación totalmente adaptada a las condiciones secas. El crecimiento de estos ecosistemas es muy relativo, ya que depende de muchos factores ambientales, así como de la tasa de crecimiento el cual es más lento que los bosques húmedos. El factor de estacionalidad influye mucho en los comportamientos de las especies, ya que los patrones de lluvia influyen en las épocas de floración, fructificación, y, por ende, en la capacidad del bosque de regenerarse y convertirse en bosque maduro (Quesada *et al.* 2009).

Estos bosques, dadas sus condiciones intrínsecas de desarrollo y los factores externos que las afectan, tienden a ser frágiles si no se manejan de forma adecuada, provocando en muchos casos el cambio de uso del suelo por invasión de pastos y posteriormente de incendios (FAO 1994).

Bosque secundario

Es la vegetación leñosa establecida en un sitio deforestado luego del abandono de las actividades que se realizaban. Por lo general, esas actividades eran de agricultura y ganadería extensiva e intensiva. Este proceso de desarrollo es un continuo proceso dinámico, influenciado por factores como ecología de las especies, su fenología, cercanía de fuentes semilleras, condiciones de suelo, patrones climáticos, y disturbios provocados por el ser humano como los incendios (Guariguata y Ostertag 2002).

El área de bosques secundarios se incrementa rápidamente, fruto del abandono de actividades agropecuarias hace aproximadamente 30 años, y del mejoramiento de la legislación de protección de bosques. Esta cobertura es importante para el desarrollo rural, recuperación de sitios degradados y conservación de bosques, disminuyendo la presión sobre bosques poco intervenidos debido a la alta demanda del sector (Centro Nacional de Referencia para la Agricultura, Naturaleza y Calidad Alimentaria 2003).

En Costa Rica, la CNCF (1999) define el bosque secundario como el sitio “con vegetación leñosa de carácter sucesional secundaria que se desarrolla una vez que la vegetación original ha sido eliminada por actividades humanas y/o fenómenos naturales, con una superficie mínima de 0,5 ha y una densidad mínima de 500 árboles por hectárea de todas las especies, con diámetro mínimo a la altura de pecho de 5 cm”.

Legislación bosque secundario

En el caso de Costa Rica, debido a que este ecosistema se encuentra de forma abundante, superando las 900 000 ha (FONAFIFO, MINAET 2012) y previendo el incremento de este tipo de cobertura, se estableció, desde 1999, a través del Principio 11, Decreto N° 27998-MINAE (Principio, Criterios e Indicadores para el Manejo Sostenible de Bosques Secundarios y la Certificación Forestal en Costa Rica) que para el tipo de manejo que se aplique, sea cortas de regeneración o manejo policíclico, debe garantizarse la sostenibilidad y la conservación de los recursos para su persistencia en el tiempo y suplir de productos y servicios ambientales a futuras generaciones. Este principio define los siguientes aspectos:

- * La regeneración de especies comerciales en las áreas de aprovechamiento y el impacto mínimo en los recursos hídricos y edáficos.
- * Protección a las especies poco frecuentes, amenazadas o en peligro de extinción.
- * Mantener y/o restaurar la diversidad genética y las funciones ecosistémicas del bosque.
- * Mínima contaminación por desechos químicos o no orgánicos.
- * Un Plan de Manejo como documento técnico que indique la justificación técnica y la planificación de las actividades a desarrollar.

- * Un Plan de Monitoreo que determine el impacto de las operaciones y sus respectivas medidas correctivas.
- * La elaboración del Plan de Manejo por un profesional forestal con su respectiva firma.

Plantaciones forestales

Consiste en la siembra y manejo de árboles en un sitio seleccionado, con un objetivo definido en un período de tiempo (Rojas 2011). Por lo general, las plantaciones se establecen con más de un objetivo, sea producción, protección, fuente semillera o conservación de suelos (FAO 1995b).

Manejo de plantaciones

Las plantaciones se establecen para poder complementar los productos que ofrece el bosque, ayudando a disminuir más la presión sobre el mismo. Implica una inversión a mediano y largo plazo, sin embargo, en comparación al establecimiento de cultivos agrícolas, brinda mejores servicios ambientales al establecerse en sitios desprovistos de vegetación o degradados (Burley 2002).

El establecimiento, manejo y mantenimiento de las plantaciones debe hacerse bajo un enfoque científico y objetivo, el cual conlleve una planificación a corto, mediano y largo plazo de las actividades a realizar, así como determinar los factores limitantes que pueden afectar el proceso en un momento determinado. Considerar todos los aspectos hará del manejo de la plantación una actividad rentable y funcional (González 1980).

Plantaciones con especies nativas

Este tipo de plantaciones se vislumbra como una opción de manejo en plantaciones con la incursión de especies nativas, las cuales son cotizadas en el mercado, presentando altas calidades en los productos finales, no obstante, la selección de especies nativas debe basarse en aspectos científicos y según el objetivo y las condiciones de sitio a reforestar, ya que una mala selección de especies puede llevar al fracaso un programa de reforestación (Piotto *et al.* 2002). Estos mismos autores indican que “para promover la reforestación con especies nativas debe haber un incentivo para los productores por medio de estudios que respalden el comportamiento en plantaciones, ya que reduce las pérdidas económicas”.

Caminos

Son herramientas de acceso a diferentes regiones de un sitio que aportan para el desarrollo, debido a que permite el traslado y la ejecución de actividades comerciales, de turismo y para el ingreso a sectores con recursos naturales para su monitoreo, investigación o aprovechamiento (MOPT, GTZ 1998).

Mantenimiento de caminos

El mantenimiento prevé y soluciona los problemas que se presenten a causa del uso continuo de los caminos. La conservación incluye el conjunto de actividades establecidas para preservar el buen estado de las vías (MOPT, GTZ 1998), con lo cual se pretende mantener el estado óptimo del camino, proteger los recursos cercanos y asegurar su tránsito fácil y eficiente, evitando impactos negativos tanto a los usuarios (inaccesibilidad a sitios prioritarios), como al ambiente (erosión, sedimentación) (Keller y Sherar 2004), brindando al usuario el nivel de servicio que cumpla con el objetivo de diseño.

Metodología

Sitio

La Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) se encuentra ubicada en el distrito de Nacascolo, cantón de Liberia en la provincia de Guanacaste, Costa Rica, entre las coordenadas (CRTM05) 312 351 oeste, 1 192 173 norte, en el sector que colinda con la Carretera Interamericana; 323 730 oeste, y 1 182 664 norte, entrada principal de la EEFH; 330 809 oeste, 1 181 554 norte, en la colindancia con el Río Tempisque. En el clima de esta zona, la precipitación oscila en un rango entre 1100 mm y 1500 mm anuales, el rango de biotemperatura media anual varía entre 24,0 y 24,5 °C, y cuya temperatura media anual entre 24,0 y 27,8 °C, el periodo seco consecutivo es de 6,5 meses efectivamente secos al año (Bolaños y Watson 1993). La administración de la EEFH cuenta con las certificaciones literales de toda el área, ya que son diferentes propiedades unidas en un solo sector.

El área de la EEFH es de 7383,78 hectáreas, que fueron utilizadas por muchos años para ganadería extensiva, cultivos de arroz, algodón y sorgo, lo cual hizo que el bosque desapareciera casi en su totalidad y con ello todos los ecosistemas presentes en la misma. En el año 1989, el área fue donada al Área de Conservación Guanacaste; la administración cuenta con las escrituras de las fincas, siendo el dueño la Fundación de Parques Nacionales, no obstante, se tiene la falta de los planos de las fincas. Tras un largo periodo de análisis se decide que, por sus condiciones de ubicación, cobertura, infraestructura, entre otras, sería destinada a la investigación forestal (Decreto N° 36785, La Gaceta N° 214).

Actualmente, presenta una mezcla de áreas de pastizal de jaragua y áreas de regeneración de cobertura boscosa, que va desde pastizales arbustivos hasta el bosque de galería. Asimismo, se han establecido plantaciones forestales de especies nativas por medio del Programa de Restauración y Silvicultura.

Elaboración del plan general de manejo

La propuesta de ordenamiento y su posterior plan estratégico se basa en el conocimiento de la caracterización del sitio según los recursos con los que cuenta (diagnóstico), por lo tanto, para la toma de decisiones se utilizará información de trabajos realizados en la EEFH. El desarrollo del Plan de Manejo se elaborará en tres etapas:

1. Revisión bibliográfica. Compilación, procesamiento y sistematización de la información existente, se subdivide en:

- * Infraestructura existente de caminos: determinar el estado actual, así como el acceso a la red de caminos de la EEFH.
- * Uso actual del suelo: en este apartado será necesario obtener información sobre las coberturas presentes en la EEFH, su estado actual, presencia de cuerpos de agua y red hídrica; el cuadro 1 indica la información básica a recopilar.

Cuadro 1. Información básica a compilar sobre el uso actual del suelo.

Bosque secundario y plantaciones forestales	Potreros
Área de las unidades de uso del suelo	Área total
Estadio	Uso actual
Especies	Posibles usos

* Caracterización de los suelos de la EEFH y su capacidad de uso: la caracterización fue realizada desde el escritorio, por medio de la revisión de información obtenida en estudios de suelo realizados en la EEFH. La información a necesitar para dicha caracterización se especifica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Parámetros para la evaluación de la capacidad de uso de los suelos.

Parámetro	Variable	Unidad o clase	
Erosión	Pendiente	%	
	Erosión sufrida	Nula Leve	Moderada Severa
Suelos	Profundidad efectiva	cm	
	Textura	Muy fina Fina Moderadamente gruesa	Moderadamente fina Media Gruesa
	Pedregosidad	Sin piedra Moderadamente pedregoso Fuertemente pedregoso	Ligeramente pedregoso Pedregoso
	Fertilidad	Alta Media	
	Toxicidad /salinidad	Toxicidad / salinidad leve Toxicidad / salinidad moderada Toxicidad fuerte	
Drenaje	Drenaje	Bueno Muy lento Moderadamente excesivo	Moderadamente lento Lento Excesivo
	Riesgo de inundación	Nulo Leve	Moderado Severo
Clima	Zona de vida	Bh-P Bh-T Bh-MB Bmh	Bs-T Bmh-M Bp-M Bmh-T
	Período seco	Moderado Fuerte	
	Neblina	Ausente Moderada Fuerte	
	Viento	Ausente Moderado Fuerte	

- * Proyectos actuales (investigación, restauración, silvicultura)
- * Estado actual de las plantaciones comerciales y del bosque secundario.
- * Plan de control de incendios en cada unidad de uso del suelo.
- * Estado actual de actividades de turismo.
- * Estado financiero general de la estación, se considerarán los gastos e ingresos obtenidos por actividades como turismo, proyectos de reforestación y demás actividades que se realicen, para establecer un estimado del impacto de la propuesta de plan de manejo a la estación.

2. Generación de información faltante. Visitas de campo.

* Bosque secundario: la EEFH cuenta con estudios de caracterización de los bosques secundarios, basados en metodologías de evaluación de composición florística y sus cambios a lo largo del tiempo (Spittler 2001, Reyes 2012). Se cuenta con una red de parcelas permanentes de muestreo (PPM) establecidas en el 2012 que abarcan los bosques secundarios del sector sur de la EEFH, no obstante, la información de estos estudios no fue completamente funcional, debido a que los bosques de la EEFH presentan variaciones de micro sitio por factores como suelo, disponibilidad de fuente semillera, incendios e intensidad del uso anterior.

Debido a esto, se tomó la decisión de emplear otra variable de fácil medición que proveyera de información consistente sobre el estado de los bosques, que, aunada a la caracterización florística realizada en las PPM, determinara un estado general de cada sector de bosque. La variable utilizada fue área basal por hectárea o G (m^2/ha); este parámetro da una idea muy precisa del estado de desarrollo del bosque (Quesada *et al.* 2009, Salazar *et al.* 2012), por lo que se efectuó una revisión general de los bosques por medio de parcelas temporales de muestreo (PTM), esto con la utilización de un dendrómetro, el cual permite evaluar el área basal de un sitio y extrapolarlo a hectárea por medio de factores de área basal.

Las mediciones con el dendrómetro se realizaron colocándose en un punto fijo del sitio se colocó el dendrómetro en frente de la vista a la distancia del cordón del instrumento (Figura 1), se rotó 360° y según el factor utilizado, se contabilizaron los árboles que “entraron” en el espacio específico del factor usado. Los espacios demarcados con color en la Figura 2 indican el espacio que debe abarcar el diámetro del árbol (a 1,30 m), e indican el factor por el cual se debe multiplicar la cantidad de árboles contabilizados.

El factor de área basal se elige según el objetivo del trabajo y de las características de los árboles, en este caso se desea conocer el área basal comercial del bosque, con individuos mayores a 5 cm de diámetro, pero éste cuenta con individuos desde 2 cm de diámetro en promedio. Esto influye de gran manera al ser un instrumento de estimación visual, provocando un error según la ubicación del evaluador con respecto a los individuos, es decir, los árboles que estén muy cerca y sean delgados serán contabilizados, así como los individuos de diámetro medio que estén muy lejos no serán incluidos en la medición, por lo que la selección del factor debe minimizar este error. Debido a esto se decidió utilizar el factor de área basal 2, el cual discrimina los árboles delgados que estén muy cerca, y permite la inclusión de individuos grandes que estén lejos.

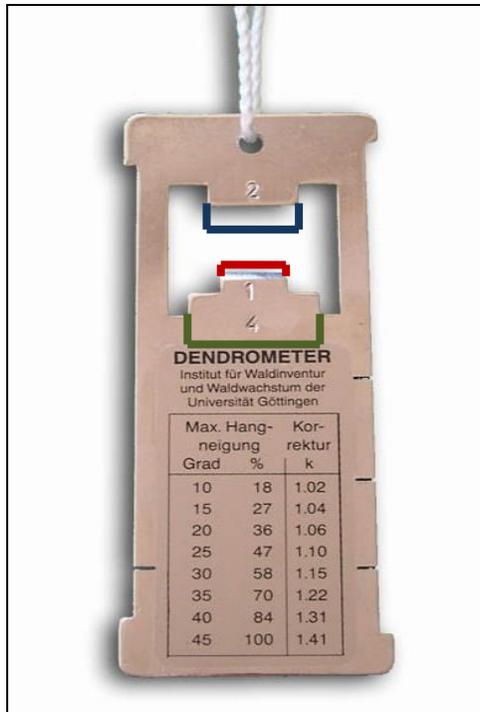


Figura 1. Herramienta para estimar el área basal por hectárea (G/ha) mediante parcelas temporales de muestreo (dendrómetro).

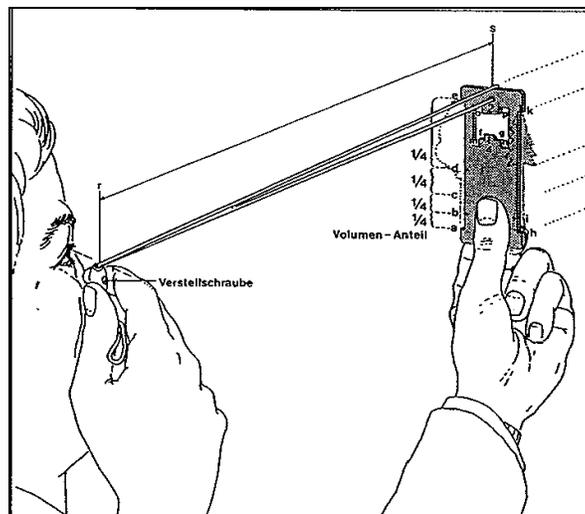


Figura 2. Forma de colocar el dendrómetro.

Los puntos tomados con el dendrómetro se efectuaron dentro de las parcelas permanentes de muestreo (PPM) evaluadas por Reyes (2012), con el fin de comparar los valores y determinar la eficiencia del dendrómetro por medio de una Regresión (95% confiabilidad), la cual brinda datos

de la relación entre los datos tomados en las PPM con los datos de las PTM. Se tomaron 4 puntos en distintas ubicaciones dentro de cada parcela, para tener mayor cantidad de datos a evaluar.

La evaluación se realizó recorriendo los caminos de toda la EEFH, observando la cobertura circundante, cada sitio donde hubiera cambio de cobertura se tomó un punto con GPS (WGS84), un punto con el dendrómetro a una distancia del camino de 50 m, y se hicieron anotaciones de las condiciones del bosque como densidad, presencia de árboles remanentes, afectaciones por incendios, paso de ganado, especies sobresalientes.

Áreas no boscosas: La evaluación de sitios de arbustales y pastos arbolados se realizó tomando como referencia los mismos datos brindados en el estudio de Spittler (2001).

La información se procesó con ArcGIS 10, utilizando una imagen satelital (Landsat) de la EEFH obtenida del departamento de SIG de la EEFH, ingresando los datos del GPS y ubicando cada sector con sus respectivas características. La zonificación se efectuó mediante estas características, delimitando de forma general los sectores de bosque con características específicas.

* Plantaciones mixtas: La Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) cuenta con una base de datos de las plantaciones desde 1991, en dicha base se tienen datos sobre diámetro a la altura de pecho (dap) y altura (h). Con los datos del 2013 se procedió a utilizar el programa de Excel “Avalúos Forestales” (Murillo 2010) para estimar el diámetro promedio, altura promedio, calidad de las plantaciones, volumen por hectárea y volumen total, todo para cada especie.

Los parámetros utilizados en el programa son:

- * Edad plantación: 23 años
- * Trozas comerciales: 3
- * Calidad trozas comerciales: 1 – 2 – 4
- * Diámetro mínimo comercial: 13 cm
- * Largo comercial de trozas: 2 m
- * Grosor de corteza: 1 cm
- * Tamaño de parcela: 504 m²

La evaluación en el programa se realizó por especie; el formato de los datos a introducir es el siguiente:

Especie	Parcela	Árbol	Dap (cm)	H (m)	Número de trozas comerciales posibles	Calidad trozas		
						T1	T2	T3

Las demás plantaciones no se evaluaron debido a que no cuentan con una edad próxima de aprovechamiento, sin embargo, los demás sitios deben seguir un monitoreo para su eventual manejo.

* Selección de nuevos sitios para plantaciones: La selección de sitios se basó en diferentes aspectos:

Accesibilidad: con la clasificación de caminos realizada mediante visitas de campo se determinó la accesibilidad de los diferentes sitios a escoger.

Características de suelo: se analizó la existencia de suelos arcillosos por medio de visitas de campo, tomándose como planta indicadora la especie *Crescentia alata* la cual crece en suelos con un porcentaje de arcillas entre 50% - 70%, con mal drenaje y fertilidad baja (Vásquez 1996).

Capacidad de Uso del Suelo: según el trabajo de Chaves y Fallas (1995) y la Metodología de Capacidad de Uso del Suelo (MAG, MIRENEM 1991), se identificaron las clases de los suelos de la EEFH.

* Caminos: La Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) cuenta con 85,55 km de caminos internos, realizándose una evaluación de los caminos principales, abarcando 30,64 km caminos propios de la EEFH y 8,77 km caminos públicos, los cuales están dentro de la EEFH.

Se realizó una visita de campo en época lluviosa, ya que en época seca los problemas reales no se presentan, evaluando los caminos prioritarios para detectar los sitios del camino en condiciones críticas, en cada sitio identificado se tomó un punto con un GPS Garmin Oregon, en coordenadas CRTM05 (Datum WGS84), así como anotaciones de las características propias de cada sitio.

Los caminos se priorizaron por:

- * Entradas principales a la EEFH
- * Acceso a proyectos actuales de la EEFH
- * Acceso a sitios con proyección de manejo.

Los criterios de evaluación son los siguientes:

- * Anegamiento excesivo
- * Pendiente pronunciada
- * Pedregosidad media-alta
- * Erosión
- * Presencia de quebradas

El mapeo de los caminos y sus respectivos puntos críticos se realizó mediante el programa de Sistemas de Información Geográfica ArcGIS 10.

Con la información recopilada en campo se procedió a clasificar los caminos en tres categorías las cuales se distinguen por las condiciones de cada sector de camino evaluado:

1-El camino no muestra anegamiento en época lluviosa.

2-El camino presenta sectores o puntos aislados con mal drenaje, lo que provoca el anegamiento del camino en sectores puntuales.

3- El camino presenta sitios frecuentes con condiciones fuertes de anegamiento y sitios con pedregosidad media-alta.

3. Generación de información de producción y sostenibilidad del manejo de los recursos de plantaciones, áreas de pastos y bosques secundarios.

- * Zonificación según cobertura y área basal (G/ha).
- * Aplicación de la Metodología para la determinación de la capacidad de uso de suelo de las tierras de Costa Rica para las zonas de pastizales; la clasificación se realizará con la información que se indica en el cuadro 2. Esta clasificación será realizada en oficina debido a que es una clasificación a nivel general.
- * Mapear sitios productivos según la clasificación de los sitios, sus características de acceso, tipo de suelo y su capacidad de uso tanto para bosques como para pastos arbolados y arbustales.
- * Establecer para el bosque secundario su manejo con base en el material vegetativo circundante (parches de bosque, árboles semilleros), se harán evaluaciones con imágenes satelitales y visitas de campo para determinar y verificar la existencia de bosques cercanos a la estación y su influencia, y también con base en las características actuales de cada bloque (estructura disetánea o coetánea).
- * Establecer para las plantaciones comerciales actuales su manejo, así como seleccionar nuevos sitios para plantaciones forestales y sus recomendaciones de manejo.
- * Propuesta de plan de mejora y mantenimiento de caminos.

Resultados

Situación actual Estación Experimental Forestal Horizontes: Diagnóstico

Zonificación de área Horizontes

En la figura 3, se muestra la cobertura actual de la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH); un 68,4% del total del área se encuentra cubierto por bosque en diferentes estadios sucesionales, los cuales presentan grandes variaciones a nivel interno debido a diferentes aspectos como presencia de árboles remanentes, incendios, cercanía a ríos o quebradas, uso anterior del suelo y la influencia de proyectos de restauración establecidos en los últimos 23 años.

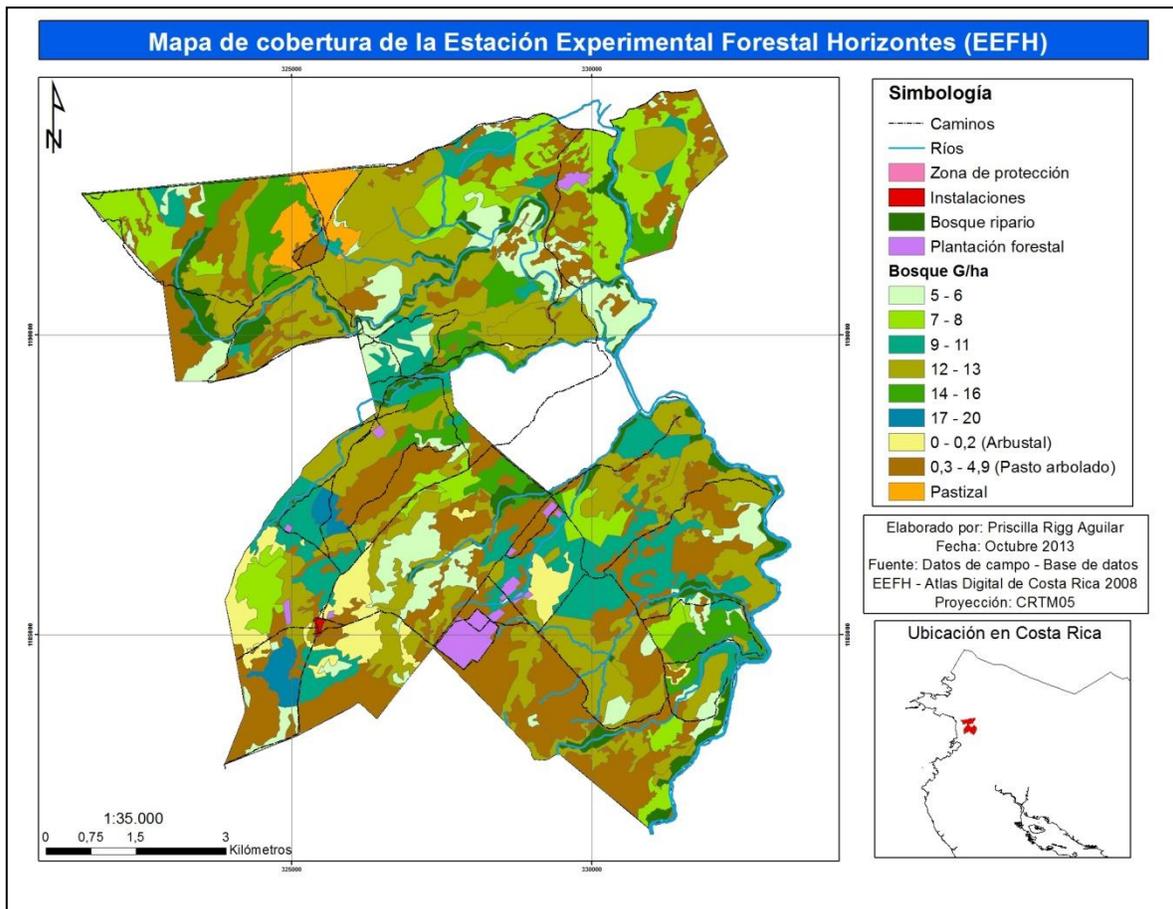


Figura 3. Mapa de cobertura de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

La EEFH cuenta con grandes extensiones de bosque con altas variaciones de área basal, sin embargo, no es posible definir de forma exacta la edad de algunos sitios en específico debido a variaciones en la estructura por las distintas razones antes mencionadas, siendo el factor más importante los incendios afrontados en los últimos años. Se determinó que la forma más aceptable para caracterizar los bosques es mediante área basal (G) esto debido a que es una

variable de fácil medición y que permite tener una idea del grado de desarrollo del bosque debido a los cambios experimentados en el tiempo (Quesada *et al.* 2009, Salazar *et al.* 2012). Spittler (2001), definió valores de área basal para cada estadio de sucesión, los cuales fueron usados en este trabajo como referencia para definir los estadios de las áreas de bosque. En el cuadro 3 se muestra la clasificación realizada para la Estación Experimental Horizontes (EEFH). El área clasificada como área con presencia de río se debe a que existen sectores del río Tempisque que abarcan parte importante del área total de la EEFH, por lo que se debió crear una clasificación para evitar obtener un dato erróneo sobre el área total de los bosques o coberturas cerca del río.

Cuadro 3. Tipo de cobertura identificado en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH), Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Cobertura	G(m ² /ha)	Hectáreas (ha)
Pastizal	-	124,4
Arbustal	0 - 0,2	250,98
Pasto arbolado	0,3 - 4,9	1826,14
Bosque	5 - 6	628,41
	7 - 8	754,87
	10 - 11	766,89
	12 - 13	1924,68
	14 - 15	329,04
	16 - 20	158,79
Bosque ripario		331,47
Plantaciones		95,67
Zonas de protección		159,68
Instalaciones		3,9
Área con presencia de río		28,35
Laguna		0,5
Total EEFH		7383,78

Vías de acceso

A continuación, se presenta un mapa con las vías de acceso a la EEFH, la cual tiene dos entradas que conectan a través de un camino público con la carretera Interamericana (sector noreste y sector sureste), a nivel interno la EEFH cuenta con una red de caminos, con extensión de 85,55 km (Cuadro 3).

En la figura 4, el punto 1 muestra una intersección del camino público municipal con la carretera Interamericana, el camino es atravesado por el río Tempisquito, el cual en época seca es posible pasarlo en carros de doble tracción, sin embargo, en época lluviosa no.

El punto 2 muestra la ubicación del portón de una de las entradas a la EEFH en el sector norte, este camino llega a comunicarse con la Interamericana en el sector este (Punto 1); hacia el oeste el camino sigue a través de la EEFH, pasando por la entrada de Bejuco (Punto 5) hasta llegar a la comunidad de El Triunfo (Punto 4).

El punto 3 muestra una intersección del camino público municipal, donde hacia el oeste se conecta con la comunidad de El Triunfo (Punto 4) y al sureste se conecta con la carretera Interamericana.

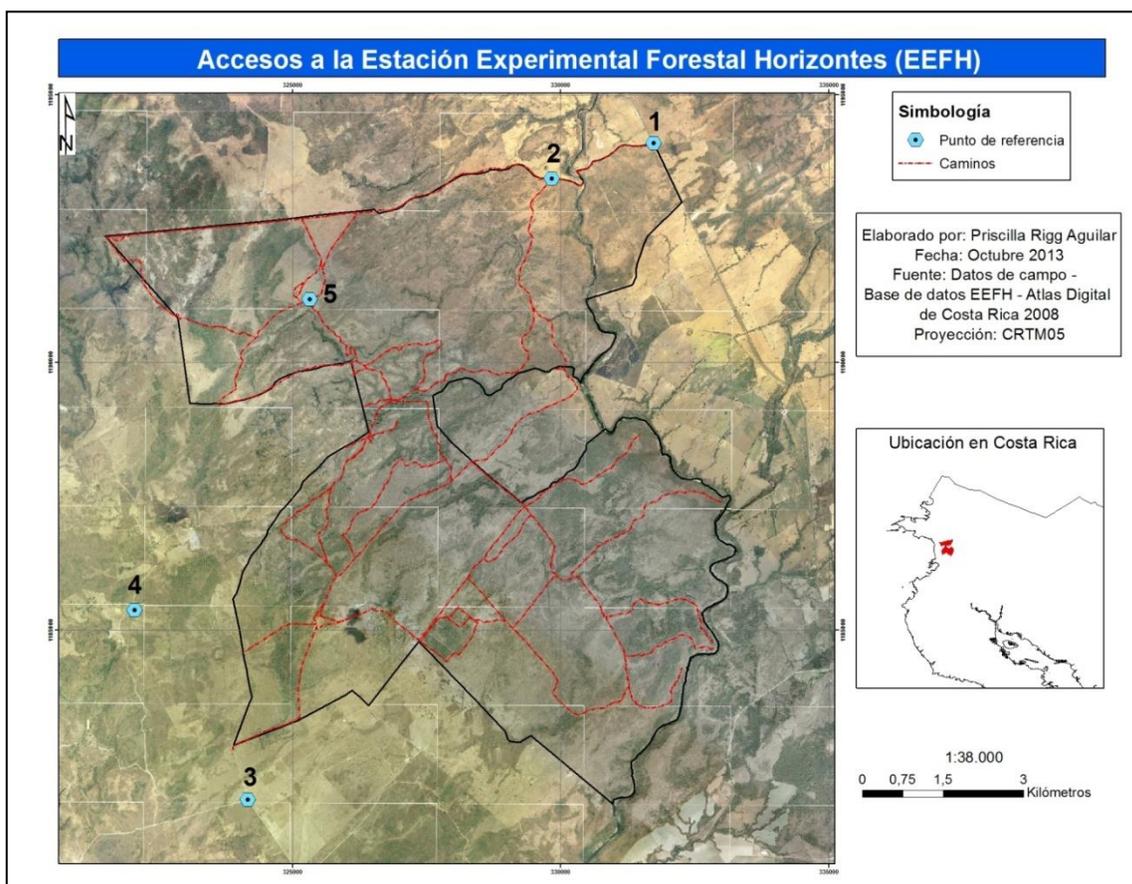


Figura 4. Accesos a la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Estado de los caminos

Para establecer un plan de mantenimiento de caminos se seleccionaron los sitios de preferencia según aspectos de ubicación de los proyectos, cortafuegos y caminos principales.

La evaluación determinó que el mayor problema es el anegamiento de los caminos, debido a características del suelo, el cual es arcilloso y su comportamiento es de expandirse en estado húmedo, esto unido a características propias del terreno, como lo son zonas más altas (taludes) a los costados del camino, que provocan que el agua no drene hacia los lados y se acumule en el medio de este. Esto provoca también la formación de zanjas en sitios con pendiente mayor a 20%,

ya que el agua erosiona al escurrir por un solo sector del camino. Otro factor son los sitios con alta pedregosidad, lo que provoca complicaciones de ingreso en puntos específicos del área.

Los caminos principales muestran mayor afectación por anegamiento, presencia de zanjas y pedregosidad leve, en los caminos secundarios o cortafuegos se presentan problemas son las quebradas y pendientes medias (20-30%).

Los caminos se pueden categorizar en 3 clases:

- 1-El camino no muestra anegamiento en época lluviosa.
- 2-El camino presenta sectores o puntos aislados con mal drenaje, lo que provoca el anegamiento del camino en sectores puntuales.
- 3- El camino presenta sitios frecuentes con condiciones fuertes de anegamiento y sitios con pedregosidad media-alta.

Los caminos del sector sureste presentan caminos categoría 2, mientras que en el sector norte son categoría 3, sectores medios presentan categoría 1 en partes específicas o no continuas (Figura 5).

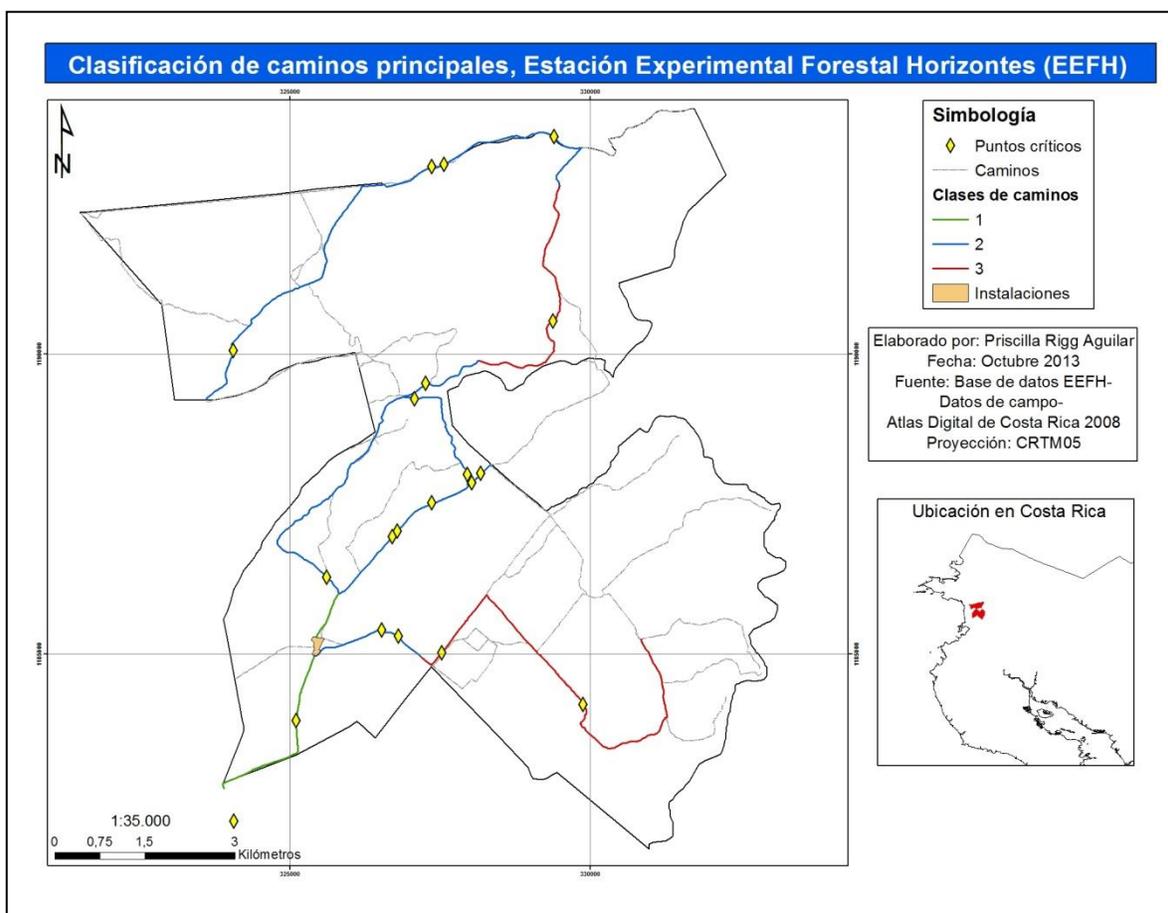


Figura 5. Mapa del estado actual de los caminos principales de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Suelos y su Capacidad de Uso.

Los suelos de la EEFH presentan condiciones variables en pocas distancias (Mata 1982 citado por Alfaro 1999). Sin embargo, la base de datos del Atlas Digital de Costa Rica (2008) indica que la mayor parte de la EEFH cuenta con suelos del orden Inceptisoles, con características vérticas y relativamente jóvenes, asimismo, en el sector sur de la EEFH hay presencia de suelos del orden Vertisoles o suelos negros, pesados y arcillosos, los cuales son expandibles en condiciones de alta humedad y se contraen en condición seca (Arze 1980).

Según el trabajo elaborado por Chaves y Fallas (1995), la EEFH cuenta con 3 grandes áreas diferenciadas por las características de los suelos. A partir de esta clasificación y según la Metodología para Clasificación de Capacidad de Uso de Suelo (MAG, MIRENEM 1991), la EEFH cuenta con 2 clases de capacidad de uso que son III y V, esto debido a limitantes de profundidad efectiva y duración de época seca, así como sitios con presencia de vertisoles, los cuales dan problemas en la época lluviosa.

Los sectores noroeste y sur (Figura 6, sector azul) presentan pendientes de 0% hasta 15%, lo que le permite tener un drenaje moderado. A profundidad en este sitio de la roca es de 0,5 m hasta 2 m, la textura del suelo va de franca a arcillosa, lo que afecta la permeabilidad en algunos sitios del suelo y su capacidad para retener agua. Sin embargo, el autor menciona que la posibilidad de inundaciones y encharcamientos es nula, siendo ocasional en algunos sitios con baja pendiente. Se menciona que los cultivos más limitados en este sector son los perennes, pero hay una ventaja en la mecanización debido a las pendientes bajas del sector.

El sector medio (Figura 6, sector amarillo) presenta pendientes de 0% hasta 30%, los sitios con pendiente entre 0-15% tienen drenaje moderado, permeabilidad lenta y una profundidad efectiva de 1-2 m. La textura del suelo es arcillosa, presenta limitaciones moderadas para cultivos perennes y anuales. Para los sitios con mayor pendiente existe una textura de suelo franca, con limitaciones en la profundidad del suelo de menos de medio metro, su drenaje es bueno y la permeabilidad lenta, no existen sitios con posibilidad de encharcamientos y presenta limitaciones fuertes para cultivos perennes y anuales.

El sector noreste (Figura 6, sector rojo) presenta condiciones de pendiente baja, de 0 a 5 %, con buen drenaje y profundidad efectiva de 1-2 m, la textura del suelo es arcillosa, por lo que su permeabilidad es lenta y se menciona hay posibilidad nula de encharcamiento, por estas características hay limitaciones leves en el establecimiento de cultivos anuales y perennes. El sector medio es el clasificado como V y los otros dos sitios capacidad III (MAG, MIRENEM 1991).

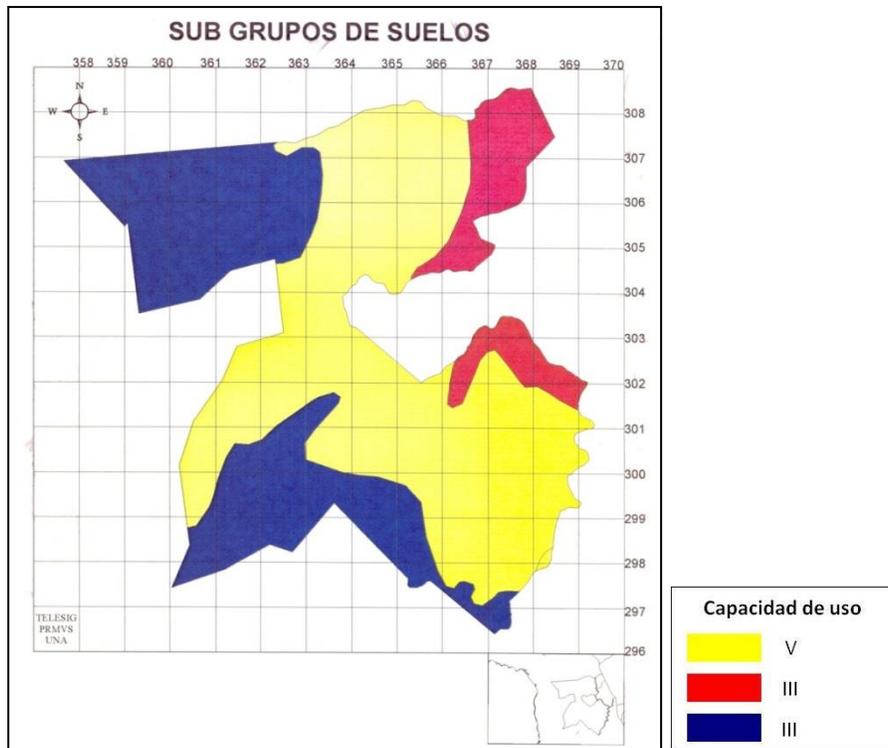


Figura 6. Zonificación por características de suelo de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. **Fuente: Chaves y Fallas (1995)**

Red hídrica

La figura 7 muestra la distribución de los ríos a lo largo y ancho de la EEFH. Se cuenta con 70 km de extensión de ríos y quebradas, siendo el de mayor caudal el río Tempisque, que se encuentra en el sector este de la EEFH.

La conservación del recurso hídrico es uno de los servicios ambientales que proveen los bosques, según lo define el artículo 3 de la Ley Forestal de Costa Rica (Ley N° 7575). La protección de este recurso y sus zonas aledañas (zonas de protección) debe ser prioridad en cualquier actividad que se realice en un sitio, para evitar su deterioro.

El manejo aplicado tanto a bosque como a plantaciones o caminos, debe ir orientado a evitar la afectación a este recurso. Requiere de una integración de las actividades de manejo con las actividades de protección, para mantener la calidad y persistencia del recurso (Ferraz *et al.* 2013); en caso de afectación, se debe aplicar acciones que minimicen o compensen los daños provocados (Ley N° 7575).

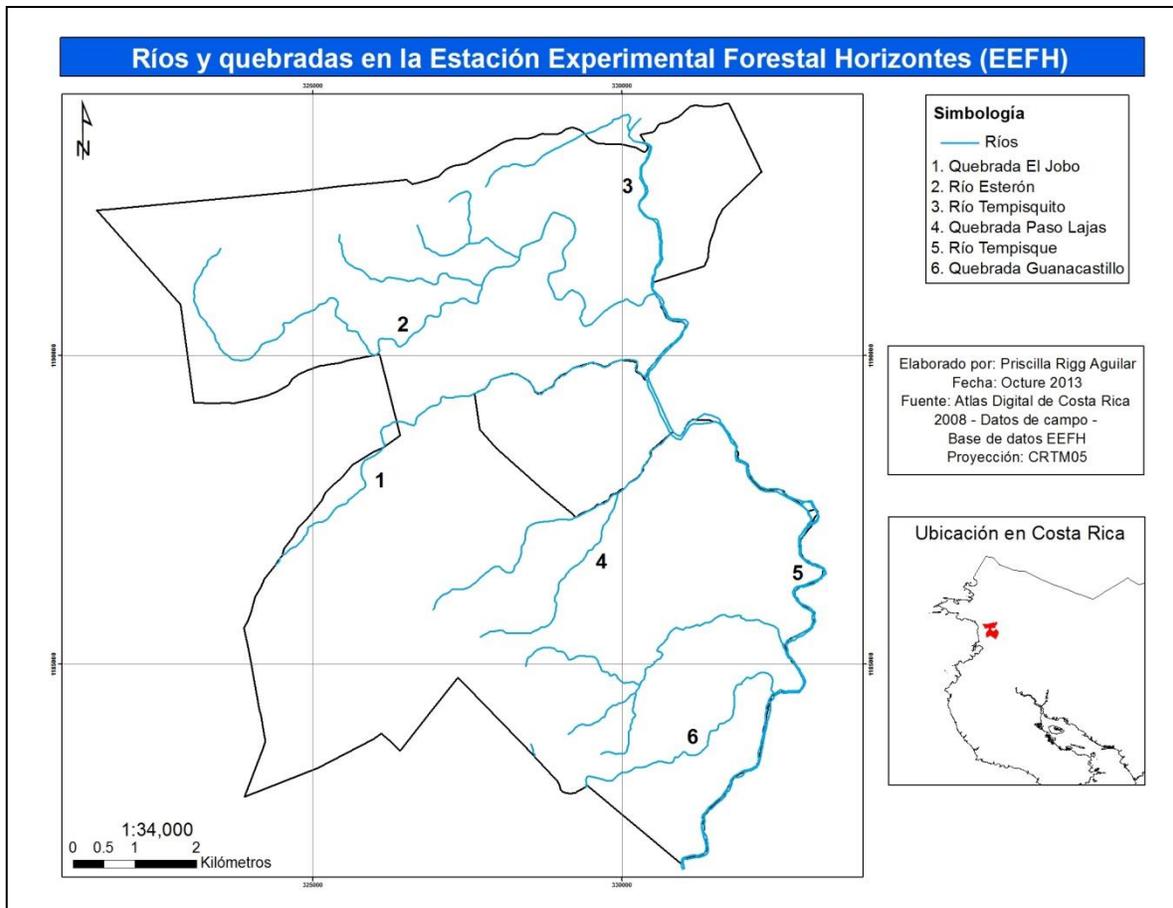


Figura 7. Mapa de ríos para la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Caracterización de los bosques de la EEFH

Según Reyes (2012), los bosques de la parte sur de la EEFH cuentan con los siguientes valores de área basal por hectárea (Cuadro 4), los cuales coinciden con los valores reportados para bosques secundarios de Costa Rica, Spittler (2001) reporta para la EEFH valores de $14,5 \pm 8,96 \text{ m}^2/\text{ha}$ en bosques secundarios intermedios (17-25 años), mientras que Córdoba (2002) encontró valores entre $20,36 \text{ m}^2/\text{ha}$ hasta $24,7 \text{ m}^2/\text{ha}$ para bosques secundarios de 23 años de edad en la zona norte de Costa Rica, para la variable de número de individuos por hectárea (N/ha), este mismo autor reporta entre 936 hasta 1152 individuos por hectárea, a partir de 5 cm de diámetro. Este estudio indica, asimismo, que en área basal no hay diferencias significativas entre las parcelas evaluadas.

Cuadro 4. Edad del sitio, número de individuos por hectárea promedio (N/ha) y área basal promedio (G/ha) para individuos \geq a 5 cm de diámetro a la altura de pecho para los diferentes sitios en la EEFH. Guanacaste, Costa Rica, 2012.

Sitio**	Edad	N/ha*	G (m ² /ha)
Pista de Aterrizaje	13	1 253 a	18,53 a
Detrás Bajo Sombra	18	942 a	23,31 a
Laguna	25	1 169 a	28,41 a
Bajo Sombra	29	1 017 a	22,03 a
Saravia	37	925 a	22,79 a

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales

Fuente: Reyes 2012

**Sitios donde se ubican las Parcelas Permanentes de Medición

Los datos de área basal con el dendrómetro o placa de área basal, en la primera medición, brindan valores entre 5 y 25 m² de área basal por hectárea (G/ha) en pocos sitios de bosque, entre ellos las parcelas (60 x 60 m) medidas por Reyes (2012). Comparando estos valores los datos son muy semejantes (Cuadro 5), sin embargo, estos valores son catalogados como elevados debido a que en varios de los sitios evaluados se midieron árboles remanentes de más de 60 cm de diámetro; estos datos deben considerarse con precaución para clasificar los bosques secundarios ya que al extrapolarlos a hectárea pueden sobreestimar los datos de área basal al no haber condiciones similares de remanentes en la mayor parte de la EEFH.

Cuadro 5. Análisis efectuado a los datos de área basal tomados con dendrómetro en las Parcelas Permanentes de Medición en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0,8076008
Coefficiente de determinación R ²	0,65221905
R ² ajustado	0,60874643
Error típico	1,8837951
Observaciones	10

La segunda medición, mucho más detallada de los sitios, muestran valores de G/ha entre 5 y 20 m², esto quiere decir que la existencia de sitios con áreas basales mayores a 20 m² es posible pero no en áreas extensas, sino en micrositos con condiciones de estructura específicas, como es el caso de sitios con presencia de árboles remanentes o sitios cercanos a los ríos.

La clasificación de Spittler (2001) de área basal para cada estadio se muestra en el cuadro 6, esta información ayuda como referente para definir los estadios en que se encuentran la mayoría de sitios en la EEFH, los cuales son estadio temprano e intermedio.

Cuadro 6. Área basal (m²/ha) y su desviación estándar para cada fase de desarrollo evaluada, separadas según individuos secundarios y remanentes del uso anterior. Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Fase de desarrollo	G/ha	
	Individuos secundarios	Individuos remanentes
Pastizal arbustivo	0,2 ± 0,4	0,3 ± 0,9
Arbustal	4,2 ± 2,7	9,8 ± 13,7
Bosque secundario temprano	10,5 ± 5,5	2,8 ± 9,3
Bosque secundario intermedio	14,5 ± 8,96	2,7 ± 7,9
Bosque secundario tardío	28,4 ± 12,6	2,2 ± 7,9

Fuente: Spittler 2001

La EEFH cuenta con diversos estudios de composición florística, los cuales indican las especies y en algunos casos los datos del número de individuos por especie, en el cuadro 7 se muestran los resultados de Reyes (2012) estimados para la EEFH.

Cuadro 7. Número de familias, géneros y especies presentes por bosque en la EEFH. Guanacaste, Costa Rica 2012.

Edad(años)	Familias	Géneros	Especies	No. Spp./3600 m ²
13	22	37	42	34 a
18	27	53	58	43 a
25	22	41	47	37 a
29	22	40	46	34 a
37	24	40	49	36 a

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales

Fuente: Reyes 2012

Estos valores no muestran una tendencia conforme aumenta la edad de los bosques, esto debido a que al ser fragmentos de bosque separados las condiciones ambientales y de uso anterior del suelo, y los episodios de incendios que la EEFH ha debido manejar, hacen que la estructura de los bosques varíen al alterarse el proceso de crecimiento e interrumpirlo (Vega 2002). Un factor importante para determinar la capacidad de brindar productos del bosque es la condición en que se encuentren los recursos forestales (Spittler 1995), debiendo determinar las áreas más susceptibles para manejar según las características de cada sector. La variación se muestra en las especies presentes mas no en la cantidad de especies por sitio, que no muestran diferencias significativas entre sitios (Reyes 2012).

En el cuadro 8 se muestra la composición de los bosques según los sitios evaluados por Reyes (2012) y su respectivo valor de importancia, el cual se basa en el porcentaje de importancia de dicha especie en un sitio específico (de un total del 300%), mostrando la condición actual de las especies posibles a encontrar.

Cuadro 8. Comparación de las 15 especies con mayor índice de valor de importancia (IVI) para bosques con distintas edades, estudiados en la EEFH. Guanacaste, Costa Rica, 2012.

Especie	13 años	18 años	25 años	29 años	37 años
<i>Albizia adinocephala</i>	13,31				
<i>Albizia niopoides</i>				8,7	6,42
<i>Allophyllus occidentalis</i>		7,46	11,48		21,38
<i>Annona reticulata</i>				6,41	
<i>Apeiba tibourbou</i>					13,82
<i>Bauhinia unguolata</i>				7,16	5,87
<i>Bursera simaruba</i>		6,39	21,83	8,33	10,17
<i>Calycophyllum candidissimum</i>		28,2			
<i>Casearia cf. aculeata</i>		4,6			
<i>Casearia sylvestris</i>	8,48	10,23		11,64	
<i>Cedrela odorata</i>				6,13	
<i>Chomelia spinosa</i>	40,52	8,02		16,84	8,09
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	16,56	10,92	44,48	10,03	50,25
<i>Cordia alliodora</i>	27,23		15,36	11,61	6,79
<i>Cordia panamensis</i>	11,36	14,44	17,97	20,81	
<i>Diphysa americana</i>	15,18				
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	14,87				
<i>Exostema sp</i>		7,63			
<i>Ficus sp.</i>				11,95	
<i>Genipa americana</i>	8,1				
<i>Guazuma ulmifolia</i>	26,98	25,42	15,97	21,8	13,01
<i>Hymenaea courbaril</i>		34,72		15,53	
<i>Lonchocarpus costaricensis</i>	7,91	5,59	21,49		12,86
<i>Lonchocarpus rugosus</i>	7,64				
<i>Luehea speciosa</i>	12,56	25,6	9,84	46,78	9,27
<i>Pseudosamanea guachapele</i>		7,79			
<i>Pterocarpus micheleanus</i>			10,12		
<i>Semialarium mexicanum</i>	6,95				
<i>Sideroxylon capiri</i>		4,79			
<i>Spondias mombin</i>			11,66		11,92
<i>Spondias purpurea</i>			19,06		12,13
<i>Sterculia apetala</i>			7,12		
<i>Tabebuia impetiginosa</i>			7,51		8,86
<i>Tabebuia ochracea</i>	6,93		8,09	10,86	17,22
<i>Trichilia americana</i>			6,78		
Total 15 especies	224,58	201,8	228,76	214,58	208,06
Total especies restantes	75,42	98,2	71,24	85,42	91,94
Total	300	300	300	300	300

Fuente: Reyes 2012

Las especies *Astronium graveolens*, *Cedrela odorata*, *Dalbergia retusa* y *Sideroxylon capiri* presentan condiciones de vulnerabilidad al estar amenazadas o en peligro (Quesada 2004), pero no existen decretos que prohíban su aprovechamiento, por lo que deben evaluarse de forma específica en el manejo para evitar se minimice en gran escala su población.

Tomando en cuenta la base de datos original del estudio de Reyes (2012), la lista del cuadro anterior y la descripción de las especies comerciales de la EEFH (Berrocal 1998), así como las especies vedadas o en amenaza, se elaboró la siguiente lista de especies posibles a aprovechar en la EEFH.

Cuadro 9. Especies posibles a aprovechar en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica.

<i>Albizia niopoides</i>
<i>Annona reticulata</i>
<i>Apeiba tibourbou</i>
<i>Bursera simaruba</i>
<i>Calycophyllum candidissimum</i>
<i>Casearia sylvestris</i>
<i>Cedrela odorata</i>
<i>Chomelia spinosa</i>
<i>Cochlospermum vitifolium</i>
<i>Cordia alliodora</i>
<i>Diphysa americana</i>
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Hymenaea courbaril</i>
<i>Luehea speciosa</i>
<i>Pseudosamanea guachapele</i>
<i>Spondias mombin</i>
<i>Spondias purpurea</i>
<i>Sterculia apetala</i>
<i>Tabebuia impetiginosa</i>
<i>Tabebuia ochracea</i>

Los bosques secundarios son importantes desde el punto de vista de manejo debido a que las especies encontradas son de rápido crecimiento o heliófitas, lo que da un potencial de producción al bosque (Finegan 1992) siendo estas comerciales, en el cuadro 10 se muestra que la mayor cantidad de especies en todos los sitios evaluados pertenecen al gremio ecológico de las heliófitas durables.

Cuadro 10. Distribución porcentual del N/ha de los diferentes sitios de EEFH según gremio ecológico. Guanacaste, Costa Rica, 2012.

Edad	Gremio ecológico			
	Desconocido (%)	E (%)	HD (%)	HE (%)
13	2,44	18,53	49,61	29,41
18	1,62	21,32	64,26	12,79
25	0,12	13,27	76,3	10,31
29	1,09	18,8	67,17	12,94
37	0,9	24,48	48,96	25,67

Fuente: Reyes 2012

Las alturas reportadas según Reyes (2012) son las que se muestran en el cuadro 11, siendo el dosel superior de estos bosques de 20 m de altura. Spittler (2001) reportó alturas de $15,7 \pm 5,2$ m en bosques tardíos, mientras que en bosques intermedios reportó $9,2 \pm 2,1$ m.

Cuadro 11. Altura máxima promedio (h máx. promedio en metros), desviaciones estándar, pisos de altura y comparaciones Tukey para los diferentes sitios de la EEFH. Guanacaste, Costa Rica, 2012.

Sitio	h máx. pro	2/3 h máx. pro	1/3 h máx. pro
13	14,62 a	9,74	4,87
18	20,08 b	13,39	6,69
25	16,14 ab	10,76	5,38
29	16,38 ab	10,92	5,46
37	15,66 ab	10,44	5,22

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales

Fuente: Reyes 2012

Según Spittler (2001) los volúmenes que se pueden encontrar en cada fase sucesional en la EEFH son los presentados en el cuadro 12. Morales y Kleinn (2002) citan valores de $101,63 \text{ m}^3/\text{ha}$ en bosques secundarios tardíos en Cañas, Guanacaste.

Cuadro 12. Volumen (m^3/ha) total y su desviación estándar para cada fase de desarrollo evaluada en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Fase desarrollo	Vol/ha	
	Individuos secundarios	Individuos remanentes
Pastizal arbustivo	$0,3 \pm 0,6$	$0,7 \pm 1,8$
Arbustal	$12,1 \pm 8,9$	$84,3 \pm 147,5$
Bosque temprano	$31,3 \pm 22,4$	$16,8 \pm 63,9$
Bosque intermedio	$49,1 \pm 36,8$	$17,5 \pm 61,3$

Fuente: Spittler 2001

En sitios como Detrás de Bajo Sombra se puede llegar a obtener volúmenes de $96,4 \text{ m}^3$ esto debido al uso anterior del lugar que fue de reposo para ganado, por lo que existe gran cantidad de árboles remanentes en el sitio. Esta condición de presencia de remanentes puede repetirse en otros sitios,

los cuales variarán en distribución espacial y, por ende, variarán valores de área basal y volumen por hectárea en toda la EEFH.

Cobertura circundante

La EEFH cuenta con 7383,78 ha, las cuales 5053,15 ha son de bosque en sus diferentes estadios. A nivel de paisaje externo (matriz en la que se encuentra inmersa la EEFH), se tiene una conexión con el Parque Nacional Santa Rosa en su extremo noroeste, hacia los demás puntos cardinales existen parches de bosque que en algunos sectores se conectan, no obstante, existe una gran parte del paisaje que son potreros o repastos para ganado.

Esta cobertura favorece el abastecimiento de material vegetativo entre los bloques de bosque, permitiendo la regeneración de especies propias de la región (FAO 2002). Esto permite la renovación continua de los bosques y de los productos que ofrecen a la sociedad, ya que muchos bosques se encuentran en terrenos privados, siendo fuentes de producción para los dueños de los terrenos (Sabogal 2008).

El manejo forestal se debe direccionar básicamente en el estado actual del bosque y de las diferentes coberturas aledañas, ya que el uso que la comunidad local aplique en los sitios cercanos con bosque, plantaciones, cultivos agrícolas o pastos, tendrán influencia directa en la movilidad de material vegetativo, y por consiguiente en el estado actual y futuro de los bosques presentes en la EEFH (Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales 2008).

Árboles semilleros

El concepto de árboles semilleros se aplica a individuos que presentan buenas características físicas o fenotípicas que son deseables de reproducir, pero que no se tiene certeza de que dichas características sean a nivel genético (Vallejos *et al.* 2010).

En sitios como Guanacaste, con estaciones secas muy marcadas, la fenología presenta una conducta estacional, limitada por factores como el agua, que define el tiempo de floración, fructificación y germinación de las semillas (Quesada *et al.* 2009). La presencia de individuos semilleros aislados o dentro del bosque asegura la existencia de material vegetativo con buenas características para establecer ensayos de especies nativas y proyectos de restauración, según Pedersen *et al.* (1993), una buena selección de individuos influirá positivamente en aspectos de adaptabilidad, resistencia y en crecimiento de los árboles progenie, ya que a pesar que son individuos a los que se les desconoce genéticamente (Corea 1994), a nivel físico deben presentar buenas características para su reproducción (Rojas 2006).

La EEFH cuenta con una base de datos de 775 árboles semilleros de 26 especies elaborada en 1998, de la cual se seleccionaron 239 individuos (10 especies) para elaborar un monitoreo aplicado entre enero y marzo del 2013, los árboles fueron seleccionados por el periodo de recolección de semillas y el valor comercial de las especies, esto para el conocimiento del comportamiento fenológico, ubicación con GPS, monitoreo y conservación (Meza 2013).

Se debe considerar que el período de evaluación fue muy corto, por lo que se debe tomar en cuenta monitoreos anteriores sobre el patrón de fenología de estas especies durante el resto del año. Cabe destacar que los resultados apuntan a que las especies del dosel superior y emergentes son los que presentan mayor floración a diferencia del dosel medio e inferior, esto se aplica también en fructificación (Meza 2013), indicando que en sitios jóvenes un manejo puede afectar altamente debido a que las especies no han llegado a su estado de madurez y no han podido producir material para su reproducción.

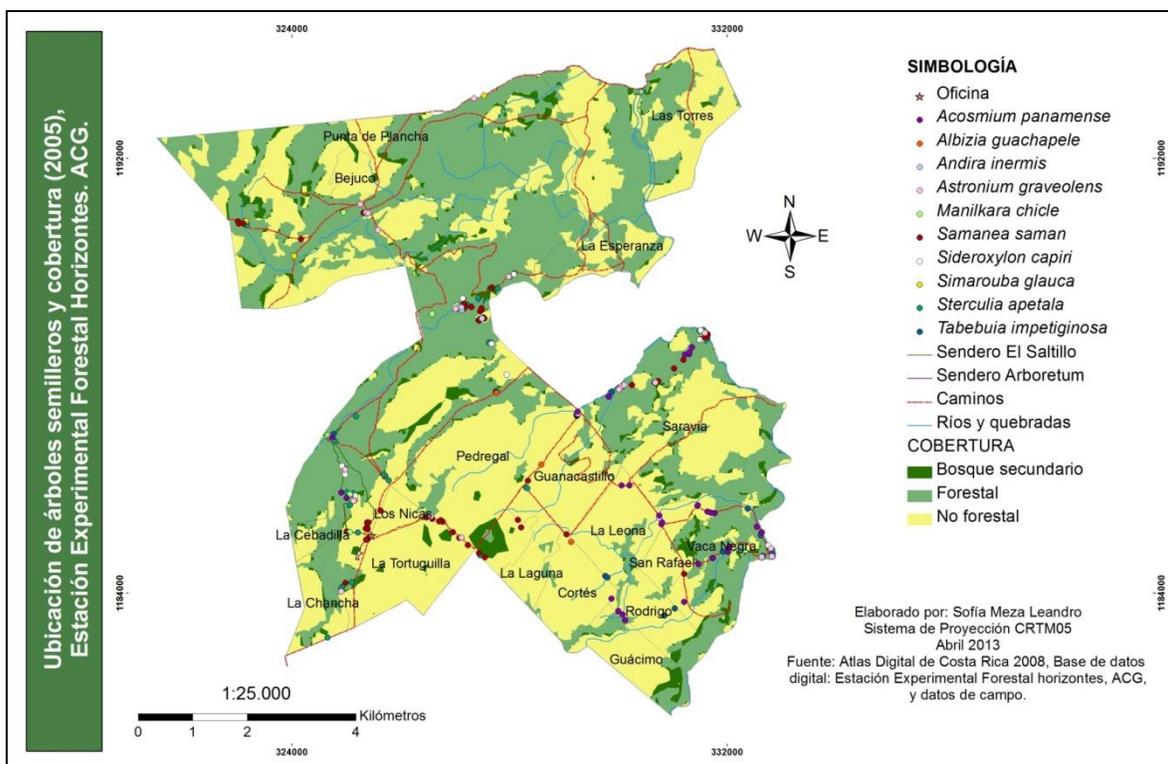


Figura 8. Ubicación de los árboles semilleros para el monitoreo fenológico dentro de la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG, Costa Rica, 2013. Fuente: Atlas Digital de Costa Rica 2008 y Base de datos digital: Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG. **Fuente: Meza (2013)**

La utilización de registros del comportamiento fenológico de las especies y su relación con el entorno permitirá elaborar planes de recolección para suministrar a la EEFH de germoplasma adecuado para distintos proyectos tanto de vivero como de plantaciones comerciales y de restauración.

En relación con el plan de manejo hay que considerar que los árboles seleccionados en su mayoría se encuentran en condiciones de asilamiento de parches de bosque, siendo afectados en aspectos de calidad de suelo, disponibilidad de agua, y de fauna dispersora y polinizadora, por consiguiente la composición florística será menos diversa entre menos cobertura boscosa haya alrededor (Viquez 1995), el banco de semillas será afectado también por estos aspectos y por la fenología de cada especie (Dupuy y Chazdon 1998), por lo que el manejo debe ir orientado a mantener una

conexión entre la cobertura existente y estos individuos para mantener un flujo de material que permita la continua regeneración, manteniendo la dinámica del ecosistema y permitiendo la preservación de los bosques para su constancia en el tiempo (Finegan 1992).

Plantaciones forestales

La EEFH cuenta con 95,67 ha de plantaciones establecidas, clasificadas en ensayos de especies mixtas y espaciamientos, restauración y huertos semilleros. En la figura 9 se ubican las plantaciones y se indica la numeración de cada área de plantación, en el cuadro 13 se especifica las características de cada área.

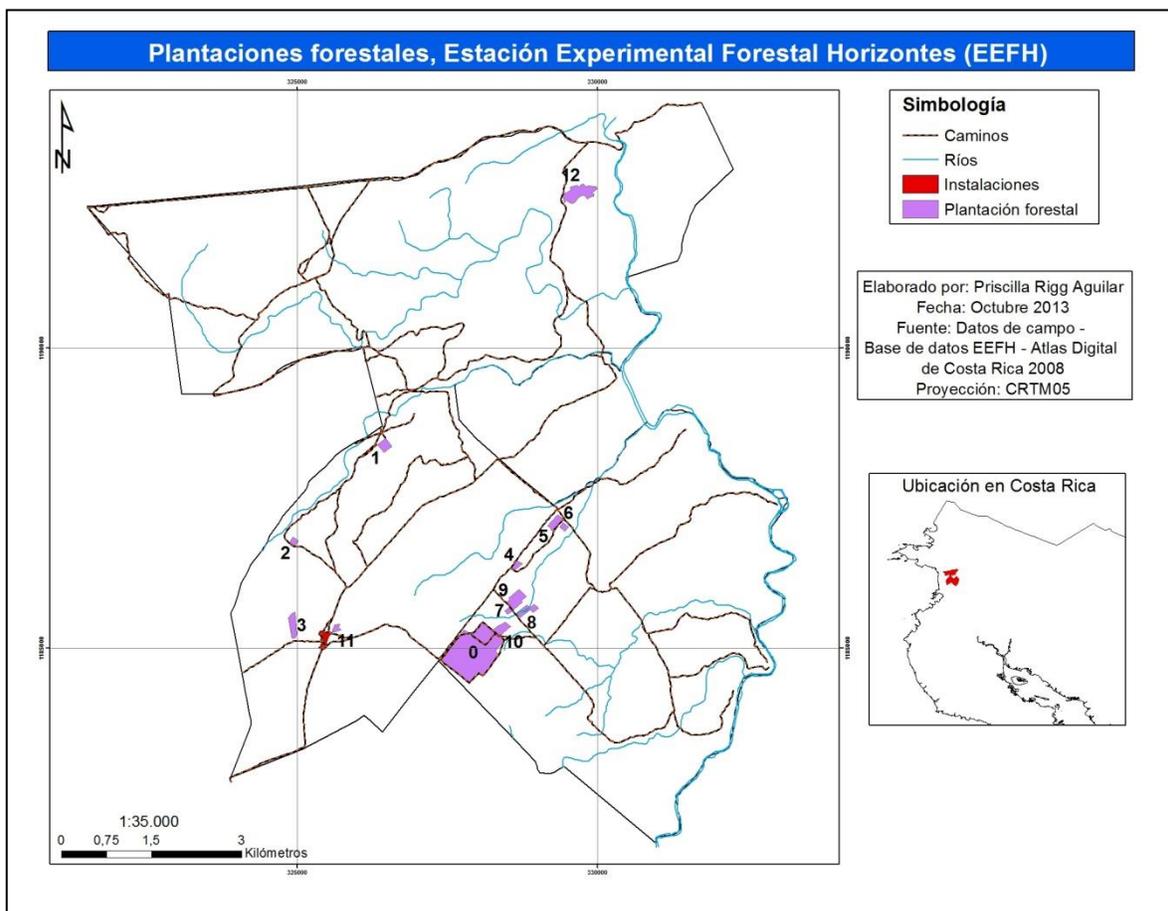


Figura 9. Ubicación de las plantaciones en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Varias de las plantaciones mixtas se encuentran en un estado de crecimiento máximo, al contar con edades de 23 años, lo que indica son plantaciones listas para un posible aprovechamiento.

La EEFH cuenta con mediciones de estas plantaciones mixtas, desde el año 1991 hasta el 2013; estas plantaciones están ubicadas por bloques, y en cada bloque existen lotes de 34x33 árboles, cada lote es de 1 ha de diferentes mezclas de especies nativas; en total se cuenta con 8 bloques de

plantación, y la cantidad de lotes por bloque es variable. En la figura 10 se ejemplifica los primeros cuatro bloques establecidos en el año 1991.

Cuadro 13. Descripción de áreas de plantación en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nº	Hectáreas	Característica
0	57,87	Plantaciones mixtas
1	2,95	Huerto semillero de <i>Bombacopsis quinata</i> (pochote)
2	1,21	Huerto semillero de <i>Astronium graveolens</i> (ron ron)
3	4,02	Plantación estacones de <i>Bombacopsis quinata</i> (pochote)
4	1,22	Huerto semillero de <i>Swietenia humilis</i> (caoba)
5	3,30	Antigua plantación de <i>Gmelina arborea</i> (melina)
6	1,06	Antigua plantación de <i>Gmelina arborea</i> (melina)
7	0,73	Parcela de conservación <i>Guaicum sanctum</i> (guayacán real)
8	2,74	Parcelas mixtas 93, ensayo espaciamentos <i>Lonchocarpus sp.</i>
9	5,71	Parcelas mixtas 93, ensayo espaciamentos <i>Lonchocarpus sp.</i>
10	3,39	Huerto semillero de <i>Dalbergia retusa</i> (cocobolo)
11	1,16	Parcelas homogéneas
12	10,30	Plantación de restauración La Esperanza
Total	95,7	

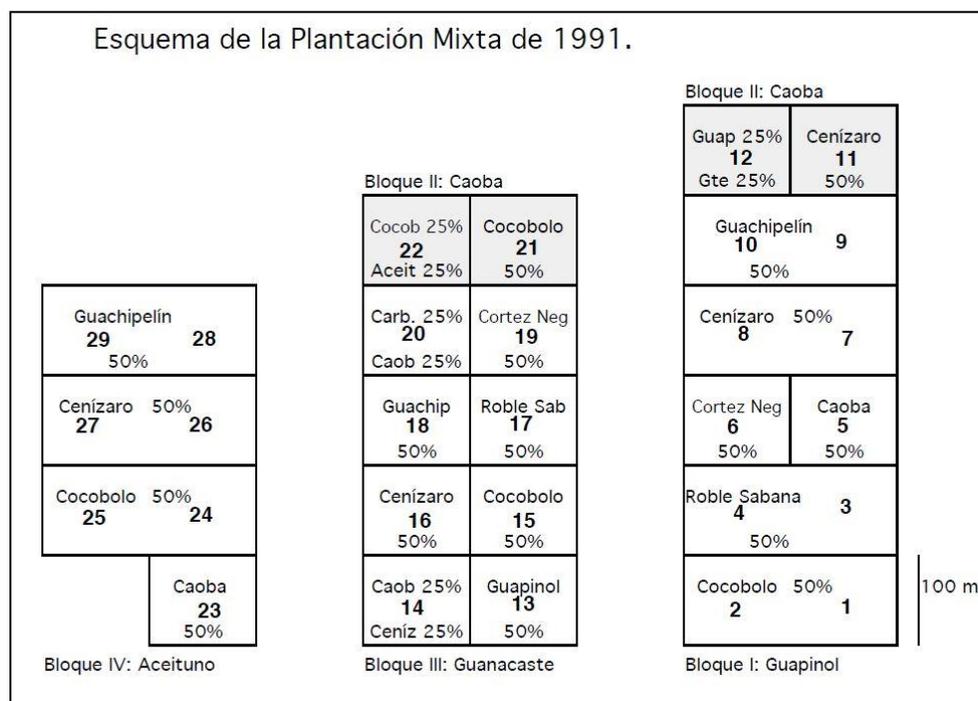


Figura 10. Distribución de los primeros 4 bloques de plantaciones mixtas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Se evaluaron estas plantaciones por ser las que provean ingresos en corto plazo a la EEFH. El cuadro 14 indica la cantidad de lotes de 1 ha por bloque y su respectiva mezcla; ya se han eliminado varios lotes de plantación, por lo que, en este cuadro, se incluye la información actual de las plantaciones. En total hay 35 ha efectivas de plantaciones mixtas actualmente.

Cuadro 14. Distribución de las mezclas en cada bloque de plantación en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Bloque	Lote	Mezcla
1	1-2	Guapinol - Cocobolo
	3-4	Guapinol - Roble sabana
	5	Guapinol - Caoba
	6	Guapinol-Cortez negro
	7-8	Guapinol - Cenízaro
	9-10	Guapinol - Guachipelín
2	1	Caoba – Cenízaro
	2	Caoba – Carboncillo – Guanacaste - Cocobolo
	3	Caoba – Guanacaste – Guapinol
	4	Caoba - Aceituno - Cocobolo
3	1	Guanacaste – Guapinol
	2	Guanacaste – Caoba – Cenízaro
	3	Guanacaste – Cocobolo
	8	Guanacaste - Caoba - Carboncillo
4	1	Aceituno – Caoba
	2-3	Aceituno – Cocobolo
	5	Aceituno – Cenízaro
	6	Aceituno – Guanacaste
	7	Aceituno – Roble sabana
5	1*	Guachipelín - Cenízaro
	3	Guachipelín – Cocobolo
	4	Guachipelín – Guapinol
	5	Guachipelín - Roble sabana
6	1	Guanacaste – Cenízaro
	2	Guanacaste – Cortez amarillo – Guachipelín
	3	Guanacaste – Guapinol
7	1	Cenízaro
	2	Cortez amarillo
	4	Cortez amarillo – Aceituno
8	1	Caoba – Cortez amarillo – Aceituno
	2	Caoba – Guachipelín – Guanacaste

*No se cuenta con datos de cenízaro de este lote

Áreas no boscosas

En la figura 11 se muestra la ubicación de los sitios con potreros arbolados, pastizales y arbustales. Los potreros arbolados y arbustales abarcan 2077,12 ha, mientras que los pastizales 124.4 ha.

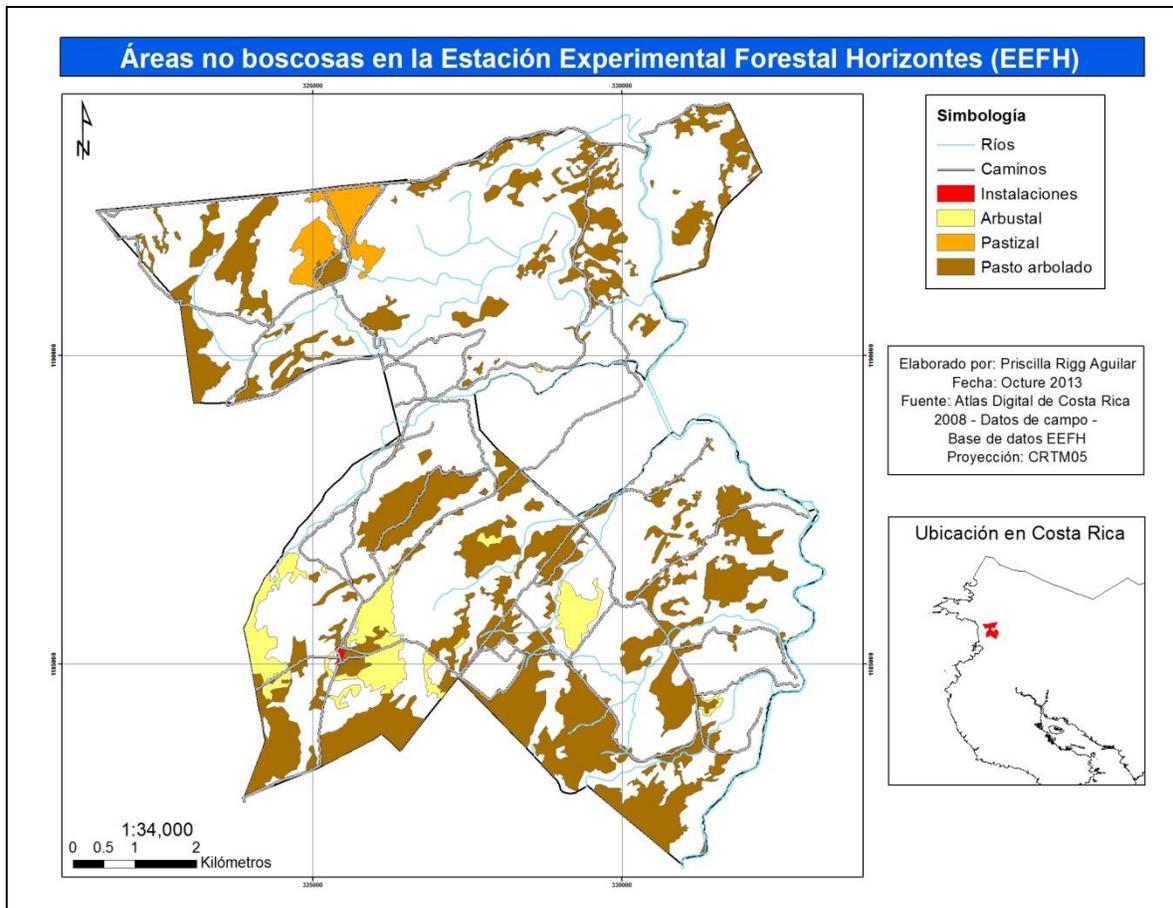


Figura 11. Ubicación de zonas no boscosas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Restauración

El Área de Conservación Guanacaste es un área dedicada a la restauración de bosque seco tropical. En 1989 se inició un proceso de restauración para aumentar la velocidad de recuperación del bosque seco en zonas altamente disturbadas. Este proceso comenzó en el Parque Nacional Guanacaste para continuar en el Parque Nacional Santa Rosa. Las especies utilizadas se seleccionaron según las características de los sitios, entre ellas están *Bombacopsis quinata*, *Cochlospermum vitifolium* y *Gliricidia sepium*; este proyecto concluyó en 1993 y en 1997 se efectuó una comprobación de campo (Molina 2002).

Esta comprobación se realizó en un 56,25% del área total reforestada, indicando el porcentaje de supervivencia de un 9% donde lo deseado es un 10%. Se debió tomar en consideración los árboles no encontrados y situaciones de incendios que en un sitio afectó parte de los individuos plantados, disminuyendo la población efectiva total verificada (Molina, 2002).

Se recomienda que exista un chequeo periódico para definir la efectividad de las plantaciones de restauración y para mejorar aspectos técnicos que permitan optimizar la regeneración de sitios degradados (Molina, 2002).

La principal amenaza para la restauración de los bosques secos son los incendios, por lo que el control y prevención de los mismos es fundamental. En la EEFH actualmente existe ganado que permite el control de los pastos y así disminuir el combustible para los incendios, y de forma inmediata, se disminuye la competencia con pastos, permitiendo que la regeneración se desarrolle (Gutiérrez 2013, comunicación personal).

El manejo de los bosques en la EEFH debe considerar estos grados de restauración del bosque, ya que, así como se muestra en la caracterización de cobertura, el sitio tiene mucho potencial de producción, pero se deben establecer bien los sitios a manejar de manera que se mantenga un movimiento de material genético constante y de calidad, y esto depende de la presencia de árboles o de vegetación que aporten este material y sean base de interacciones efectivas con la fauna del lugar (Molina 2002).

Fijación de carbono

Los bosques secundarios permiten la restauración de sitios degradados, aumentando la biodiversidad y produciendo servicios ambientales como conservación del suelo, agua y absorción de carbono, mitigando el efecto del cambio climático (Pedroni 1999). Este último aspecto y el aumento de los bosques secundarios hacen que este ecosistema se vuelva cada vez más importante como almacenador de carbono. El entendimiento del balance global de carbono en los ecosistemas ayuda a generar proyectos de manejo y reforestación para mitigar principalmente los efectos de la contaminación y deforestación (Breugel. van *et al.* 2011).

Los estudios sobre la estimación de carbono en bosques secundarios son muy escasos, teniendo limitantes de información sobre esto y los factores tanto ambientales como antropogénicos que influyen en las variaciones de los contenidos de carbono (Sarmiento *et al.* 2005, Keith *et al.* 2009; citado en Fonseca *et al.* 2011). Sin embargo, otros estudios indican que aspectos como la diversidad de especies, y la variabilidad de crecimiento que cada especie presenta, son aspectos influyentes en la fijación de carbono. En edades tempranas existe alta cantidad de carbono por hectárea debido a la alta densidad de árboles con diámetros pequeños y a su crecimiento acelerado (Hughes *et al.* 1999), en edades o estadios maduros las especies esciófitas o especies que alcanzan más de 90cm de diámetro aportan al menos la mitad del carbono por hectárea a los bosques (Kirby y Potvin 2007).

Otros factores para el aumento de carbono son el desarrollo del sitio o el crecimiento en edad (de pastos a bosque secundario), y la intensidad de uso anterior (Hughes *et al.* 1999). Los individuos mayores a 10cm de diámetro aportan aproximadamente un 90% del carbono total de un sitio (Kirby y Potvin 2007, Hughes *et al.* 1999), mientras que el 10% restante está en el suelo, sin embargo, este valor puede cambiar considerando los factores antes mencionados (Watson *et al.* 2002).

El carbono almacenado puede incrementarse si se aplica un buen plan de manejo, el cual debe ser sostenible, proveyendo de productos maderables y no maderables (biomasa) así como los servicios ambientales ya mencionados. La obtención de biomasa y el aclareo selectivo en los bosques permite la continuidad de crecimiento de los bosques y con esto, el aumento en la fijación de carbono (Pedroni 1999, CATIE 2002).

Biomasa

La biomasa se define como toda materia orgánica aérea o subterránea, viva o muerta, (según FAO (2005) citado en Cascante y González 2008), la cual se cuantifica en toneladas por hectárea de peso verde o seco (Schlegel 2000, citado en Cascante y González 2008).

Un estudio elaborado por Watson *et al.* (2002) muestra una estimación de biomasa para bosque seco, el cual indica ser de 131,1 ton/ha; este valor se desprende de parcelas establecidas en el Parque Nacional Santa Rosa. Ulate (2011) efectuó una investigación de la biomasa captada en los diferentes bosques del país y en cada zona de vida (Cuadro 15), las diferencias entre bosque intervenido y bosque secundario tardío se pueden deber a factores de edad, grado o intensidad de intervención o uso anterior (Ulate 2011). En la EEFH la diferencia en algunos sitios se puede deber a la presencia de árboles remanentes debido al uso anterior de sombra para ganado.

Cuadro 15. Biomasa arriba del suelo (toneladas/ha) en bosque seco en el piso altitudinal basal en Costa Rica.

Biomasa	Tipo de bosque			
	Intervenido	Secundario tardío (>20 años)	Secundario intermedio (5-20 años)	Secundario temprano (2-5 años)
Toneladas/ha	129,59	79,58	17,66	13,11

Fuente: Ulate 2011

El aprovechamiento de los bosques secundarios para obtención de biomasa es una actividad interesante, ya que durante los primeros 20 años el crecimiento es muy rápido (Fedlmeier 1996, Thren 1997 citado en Berti 2001), llegando a acumular entre 2 y 3,5 ton/ha/año, siendo excelentes almacenes de carbono (Lugo y Brown 1992 citado en Berti 2001).

Investigación

La EEFH cuenta con bases de datos físicas y digitales sobre los trabajos realizados tanto en la EEFH como en el ACG, los cuales muestran el potencial científico, académico y educativo con el que cuenta la EEFH, así como el potencial de recursos naturales a estudiar (anexo 1). Con estos estudios se completan los objetivos de ser productor y transmisor de conocimiento a nivel de bosque seco en el ACG.

Turismo

La EEFH cuenta con instalaciones para hospedar 52 personas en total, para lo cual existe un edificio para grupos grandes y público en general con capacidad para 34 personas y un edificio

para investigadores con capacidad para 18 personas. No obstante, la EEFH actualmente atiende grupos de hasta 120 personas en actividades diurnas, o completando las facilidades de hospedaje en cooperación con los grupos con el uso de colchonetas y tiendas de campaña, lo cual ha permitido atender hasta 150 personas (Gullock y Peña 2009).

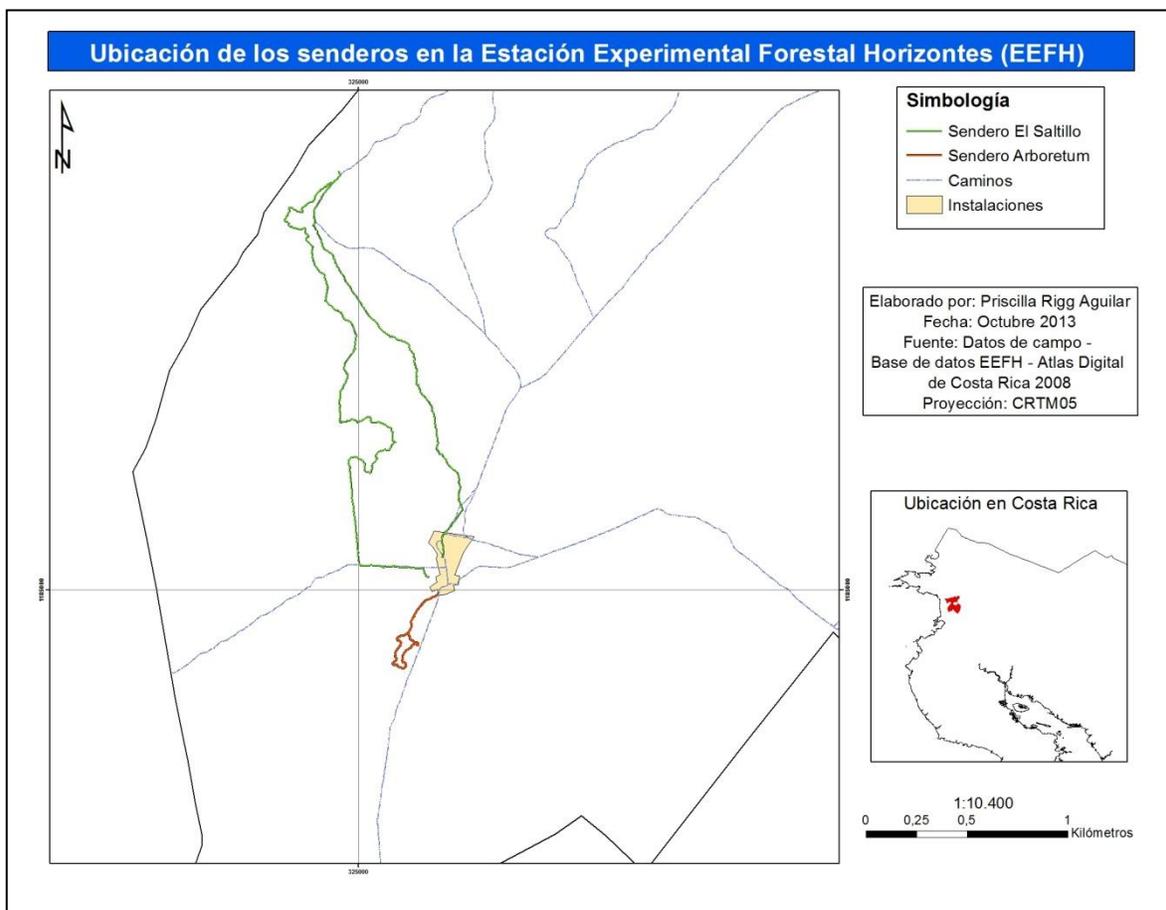


Figura 12. Ubicación de los turísticos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

En 1998 se creó el Arboretum del Pacífico Seco que pretende establecer 200 especies del bosque seco de Costa Rica, hasta la fecha se han establecido 40 especies, asimismo existen 2 senderos: El Saltillo y Arboretum (Figura 12). En este momento son uno de los atractivos prioritarios que ofrece la EEFH (Gullock y Peña 2009). En los últimos dos años se han creado dos senderos más para el avistamiento de aves de bosque descampado y aves acuáticas, uno de ellos se vislumbra para el recorrido de personas con discapacidad, sin embargo, aún se encuentra en proceso de construcción (Gutiérrez 2013, comunicación personal).

Las actividades que dentro de este apartado generan la mayor cantidad de recursos se encuentra la atención de grupos que incluye el hospedaje, uso de salón, charlas técnicas, recorridos guiados a los proyectos y el servicio de alimentación (Gullock y Peña 2009).

El estudio de Gullock y Peña (2009) muestra que la EEFH necesita mayor promoción de sus servicios para poder generar mayores ingresos, como recomendaciones indican el estudio de viabilidad para realizar actividades como deportes extremos, tales como carreras de mountain bike, kayak en el río Tempisque y canopy en sectores de bosque más desarrollado (Gutiérrez 2013, comunicación personal).

Se debe ofrecer paquetes especiales para estudiantes, realizando actividades de recreación o campañas en donde las personas puedan observar las distintas actividades o experimentos que se realizan en Horizontes. Además, se deben fortalecer las charlas a estudiantes tanto de escuelas como de colegios y universidades locales y regionales, con el objetivo de mostrar más el trabajo de la EEFH e integrarse con las comunidades aledañas (Gullock y Peña 2009).

Incendios

Los incendios en Guanacaste son una problemática generada por las prácticas agrícolas aplicadas, para control de pastizales, así como descuidos o venganzas de las personas, lo cual ha ido en aumento tanto en la cantidad de incendios como en el área que han afectado, y al no ser manejados muchos se extienden afectando los bosques, degradando tanto los suelos como los ecosistemas (Díaz comunicación personal 1998, Janzen 1986 citados en Vega 2002).

En Costa Rica la afectación es mayor debido a que en Guanacaste se encuentran varios parches de los únicos bosques secos del país, y en este tipo de bosque los incendios suelen ser estacionales. Según Vega (2002), al ser estacionales, muchas veces coinciden con las épocas de reproducción de muchas especies de fauna y flora (floración y fructificación), afectando a las dinámicas de las poblaciones.

Para restauración de bosques el cambio de uso de suelo es el primer paso, lo que eliminaría las fuentes primarias para el fuego, sin embargo, el crecimiento del bosque y su recuperación es muy lenta. Esto obliga a dar manejo a los sitios con bosque para su protección, ya que, a pesar de no ser una fuente primaria, siguen siendo combustible (Janzen 1986 citado en Vega 2002).

En el año 2004, Vega elaboró una propuesta de plan de control de incendios para la EEFH, el cual evalúa el potencial de riesgo en el sitio y propone un plan de manejo. Según este autor “El riesgo potencial de incendios forestales está dividido en básicamente dos segmentos, uno el de alto y muy alto riesgo (13,3%) ubicado estrictamente en la parte noroeste de la EEFH y el de bajo y muy bajo (71,6 %) distribuido en el resto de la misma”.

Se define una clasificación de incidencia de incendios por tipo de cobertura, lo cual tiene orden de mayor a menor incidencia: 1-pastizales, 2-charrales, 3-bosques y plantaciones (Vega 2004).

Se propone la creación de nuevos cortafuegos de manera que estos no afecten las áreas de bosque de forma directa, aunado al mantenimiento de los caminos y cortafuegos ya existentes, y eliminación de algunos cortafuegos para mejorar el manejo de los sitios (Vega 2004) como muestra en la figura 13.

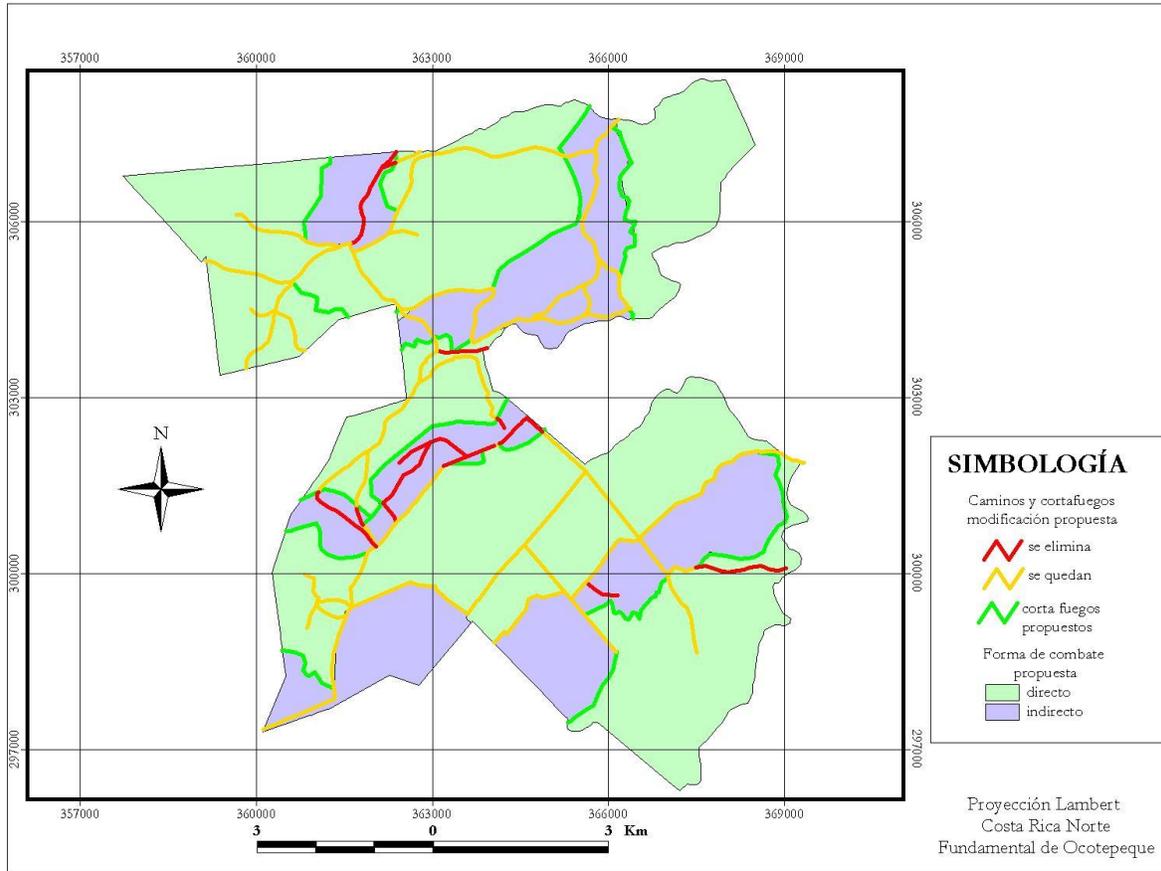


Figura 13. Propuesta de manejo del fuego y de modificación de caminos y cortafuegos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. **Fuente: Vega 2004**

En el Área de Conservación Guanacaste (ACG), se cuenta con el Programa de Protección e Incendios, el cual establece los aspectos a seguir en casos de incendios en el ACG, que contempla patrullaje, capacitación, educación, manejo de denuncias, control de actividades ilegales y atención de emergencias (ACG 2012). Asimismo, a nivel nacional se creó una estrategia que indica lineamientos de detección, comunicación entre áreas de conservación, formación de brigadas, equipamiento, capacitaciones y determinación de áreas más susceptibles a incendios en todo el país (MINAE 2000).

Mercado de productos forestales

Según Berti (2001), en la región Chorotega existe una alta cantidad de bosques secundarios, los cuales son aprovechados en intensidades altas debido a que existe una escasez de materia prima por ejemplo de bosques primarios, ya que estos fueron eliminados en su totalidad. Menciona que el 74% de la madera obtenida se utiliza en el sector construcción, un 44% en mueblería y un 22% en manufactura de artesanías, mostrándose así el potencial de los bosques secundarios en la zona.

Por estas mismas razones, las industrias utilizan materia prima de los bosques secundarios, siendo un 32% de la madera procesada proveniente de estos bosques (Berti 2001).

Una desventaja de estos bosques es que las maderas son de valor bajo a medio y son maderas suaves, por lo que no son utilizadas para elaborar productos con alto valor agregado (ej. mueblería) (Berti 2001). Otro aspecto importante es lograr colocar los productos obtenidos en el mercado, ya que los bosques secundarios proveen de mucha materia prima para biocombustibles (carbón, leña) la cual en ocasiones es difícil vender, no obstante, en Guanacaste se cuenta con industrias de ingenios, que usan altas cantidades de este material, por consiguiente, se debe analizar el escenario de este mercado para lograr una producción eficiente y rentable.

En la EEFH la opción que puede equilibrar estos factores es la combinación de productos provenientes de bosque y plantación, logrando enviar al mercado especies de alto valor comercial que puedan proveer de forma segura ingresos a la EEFH, sin dejar de lado el manejo del bosque.

Fondos financieros

La EEFH percibe ingresos por concepto de venta de árboles y semillas, alquiler de pastos para ganado, hospedaje y alimentación por visitación de grupos de diferentes instituciones tanto nacionales como extranjeras, entre otros como uso de lavandería, fotocopiadora, alquiler sitios para apiarios y recorridos guiados (Brenes 2011, Brenes 2012)

Los egresos son por concepto de compra de insumos para el comedor, hospedaje y alimentación de voluntarios y consumo eléctrico, además de atención a brigadas en casos de incendios (Brenes 2011, Brenes 2012).

Gastos en combustible no son contemplados debido que su compra no es por cuenta de la EEFH.

Analizando los datos de los últimos 2 años hay una carencia de capital fijo para poder realizar la totalidad de trabajos en la EEFH, ya que los ingresos netos son muy bajos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Ingresos de los años 2011-2012 de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Año	2011	2012
Ingresos	20 741 759	23 500 649,93
Egresos	11 149 598,86	18 577 917,95
<i>Balance</i>	<i>9 592 160,14</i>	<i>4 922 732,98</i>

Fuente: Brenes 2011-2012

Sin embargo, la EEFH ha contado con distintos aportes como donaciones por el establecimiento de proyectos en la EEFH y en todo el ACG, no es constante, pero varía entre \$7000 y \$185000 por proyecto. Con estos aportes la EEFH se ha equipado con 4 vehículos, 2 tractores, un cuadraciclo, una moto, motoguadañas, podadoras de extensión, chapeadoras, aditamentos agrícolas para los tractores, muebles, herramientas, entre otros. Para proyectos como lo son PSA y CYMI-SIEPAC, se

han aportado cerca de \$500 000. Estos fondos permiten avanzar con los diferentes proyectos establecidos en la EEFH. Entre las principales fuentes de financiamiento están: Fundación WEGE, Children's Rain Forest de Japón, Agencia SAREC (Agencia Sueca de Cooperación Científica con los Países en Desarrollo), CYMI-SIEPAC (Control y Montaje Industrial-Sistema de Interconexión Eléctrica de Países de América Central) y el Fondo de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) (Gutiérrez 2013, comunicación personal).

Conclusiones

* La EEFH cuenta con 7383,78 ha distribuidas entre coberturas de bosque en diferentes estadios, pastizales, arbustales y plantaciones forestales.

* La cobertura de bosques secundarios fuera de zonas de protección es de 4562,68 ha, las cuales presentan diferencias muy marcadas en las variables clásicas dasométricas, sin embargo, el área basal es la variable que mejor se ajusta a la edad aproximada del bosque.

* El área de plantaciones que existen en la EEFH es de 95,67 ha, sin embargo, las mismas ha sido establecidas con diferentes objetivos lo que provoca una gama amplia de plantaciones sin manejo forestal.

* Existen 331,47 ha de bosque ripario, 124,4 ha de pastizales, 250,98 ha de arbustales y 1826,14 ha de potrero arbolado.

* Los suelos de la EEFH son del orden Inceptisoles, con características vérticas y relativamente jóvenes, asimismo, en el sector sur de la EEFH hay presencia de suelos del orden Vertisoles o suelos negros, pesados y arcillosos, los cuales son expandibles en condiciones de alta humedad y se contraen en condición seca de la EEFH.

* La EEFH presenta una amplia red hídrica, por lo cual el manejo aplicado tanto a bosque como a plantaciones y caminos debe ir orientado a evitar la afectación a este recurso.

* La EEFH es de fácil acceso, ya que cuenta con diferentes entradas tanto por la carretera Interamericana como por la comunidad de El Triunfo; a nivel interno existe una red completa de caminos que conectan toda la EFH y permiten llegar a los proyectos establecidos.

* Se cuenta con 2200,85 ha potenciales para el establecimiento de nuevos ensayos de plantaciones forestales, siendo sitios de pastizales, arbustales y potreros arbolados.

* La EEFH se clasificó en dos clases de capacidad de uso: III y V, las cuales presentan limitaciones leves en el manejo forestal de bosque y medias en el manejo de plantaciones forestales.

* El entendimiento del balance global de carbono en los ecosistemas ayuda a generar proyectos de manejo y reforestación para mitigar principalmente los efectos de la contaminación y deforestación.

* Existe una red de monitoreo de árboles semilleros que proveen a la EEFH de material vegetativo para restauración de bosques y reforestación, asimismo, se cuenta con distintos parches de bosque en las afueras del área que influyen en los procesos dinámicos de restauración del bosque.

- * El área cuenta con planes de monitoreo de incendios y planes de mejoramiento para las actividades de turismo que les permiten llevar un control sobre las labores efectuadas dentro de la EEFH.

- * La EEFH cumple la función de base científica del bosque seco, al albergar gran cantidad de proyectos de investigación, transmitir la información a la comunidad científica y local y almacenar material genético para proyectos de reforestación y restauración.

- * Las colaboraciones y donaciones son la principal fuente de ingresos para la EEFH hasta el día de hoy, sin embargo, los recursos que genere por medio del manejo forestal son potencialmente la fuente que pueda dar verdadera sostenibilidad a futuro.

- * La sostenibilidad del manejo en la EEFH dependerá del equilibrio en la combinación de productos provenientes de bosque y plantación, logrando enviar al mercado especies de alto valor comercial que puedan proveer de forma segura ingresos a la EEFH, sin dejar de lado el manejo del bosque.

Recomendaciones

- * El bosque secundario es un ecosistema que predomina en la región de Guanacaste, y continúa incrementándose, por lo que es fundamental realizar estudios para su conocimiento y acciones para su manejo que puedan ser implementados en la región.

- * El manejo forestal debe ser dirigido principalmente según la estructura de cada bloque de bosque, su conexión con otras fuentes semilleras, la abundancia de individuos y el valor económico y ecológico de las especies presentes.

- * Establecer más parcelas permanentes de muestreo en sitios de bosque para evidenciar e integrar la dinámica de la cobertura boscosa en toda la EEFH.

- * Actualizar el estudio de mercado de los distintos productos a obtener del manejo de bosque y plantaciones forestales a nivel regional para detectar cambios en precios, necesidades y demandas del sector.

- * La EEFH necesita efectuar un trabajo exhaustivo en la mejora de la tenencia de la tierra, ya que se cuenta con las escrituras de las fincas que conforman el área, sin embargo, no se cuenta con los respectivos planos, por lo que para efectos de manejo es necesaria la unificación y rectificación de este aspecto.

Bibliografía

- * Alfaro, E. 1999. Efecto del bosque secundario de diferentes etapas sucesionales en las propiedades físicas y químicas del suelo; Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Heredia. CR. Universidad Nacional (UNA). Escuela de Ciencias Ambientales. 80p.
- * ACG (Área de Conservación Guanacaste, CR). 2012. Programa de Protección e Incendios. Consultado 10 oct. 2013. Disponible en <http://www.acguanacaste.ac.cr/proteccion/programa-de-proteccion-e-incendios>
- * Arze, B. 1980. Investigación para pequeños agricultores en zonas semi-áridas del Istmo Centroamericano. Turrialba. CR. CATIE. 17p.
- * Berrocal, A. 1998. Estudio etnobotánico y de mercado de productos no maderables de bosques secundarios en la Región Chorotega, Costa Rica. Informe Práctica Especialidad Bach. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela Ingeniería Forestal. 135p.
- * Berti, G. 2001. Estado actual de los bosques secundarios en Costa Rica: perspectivas para su manejo productivo. Revista Forestal Centroamericana nº 35:29-34.
- * Bolaños, R., Watson, V. 1993. Mapa ecológico de Costa Rica, según el sistema de clasificación de Zonas de Vida del Mundo de L.R Holdridge. San José. CR. Centro Científico Tropical (CCT). Esc 1:200 000.
- * Breugel, M. van, Ransijn, J., Craven, D., Bongers, F., Hall, J. 2011. Estimating carbon stock in secondary forests: Decisions and uncertainties associated with allometric biomass models. *Forest Ecology and Management* 262: 1648-1657.
- * Burley, J. 2002. Panorámica de la diversidad biológica. UNASYLVA 53(209): 3-9.
- * Cascante, S., González, E. 2008. Estimación de la biomasa vegetal aérea para el Área del Embalse del Proyecto Hidroeléctrico Diquís, Buenos Aires, Puntarenas. Informe de Práctica de Especialidad Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela de Ingeniería Forestal. 82p.
- * CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR.). 2002. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Ed. L. Orozco. Turrialba. CR. CATIE. 315p. (Serie técnica/Manual técnico nº 56).
- * Centro Nacional de Referencia para la Agricultura, Naturaleza y Calidad Alimentaria. 2003. Propuesta de Pucallpa sobre el desarrollo sostenible del bosque secundario en América tropical. Ed. F. Torre, de la y D. Lizárraga. Horapark. NL. S.e. 66p.

- * Chaves, H., Fallas, J. 1995. Base de datos digital: Estación Experimental Horizontes, Área de Conservación Guanacaste. Ed. Laboratorio TELESIG. Universidad Nacional Autónoma (UNA). Heredia. CR. 37p. (Documento impreso).
- * CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal, CR). 1999. Estándares y Procedimientos para el Manejo Sostenible y la Certificación Forestal en Costa Rica. 54p.
- * Córdoba, D. 2002. Evaluación de tratamientos silviculturales aplicados al manejo de tres bloques de bosques secundarios ubicados en Coope San Juan, Aguas Zarcas, San Carlos, Costa Rica. Informe práctica de especialidad Bach. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela de Ingeniería Forestal. 163p.
- * Corea, E. 1994. Selección de árboles plus. In Manual sobre mejoramiento genético forestal con referencia especial a América Latina. 1994. Eds. J. Cornelius, J. Mesén y E. Corea. Turrialba. CR. P. 91-103.
- * Dupuy, J., Chazdon, R. 1998. Long-term effects of forest regrowth and selective logging on the seed bank of tropical forests in NE Costa Rica. *Biotropica* 30(2):223-237.
- * Escuela de Ingeniería Forestal. 2008. Atlas Digital de Costa Rica. (CD.ROM). Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC).
- * Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos. 2008. Decreto Ejecutivo Nº 34559-MINAE. La Gaceta Nº 115. 106p.
- * FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1994. El desafío de la ordenación forestal sostenible. Perspectivas de la silvicultura mundial. (en línea). Roma. IT. S.e. 122p. consultado 14 nov. 2013. Disponible en http://books.google.co.cr/books?id=IXD93kkl-IMC&printsec=frontcover&dq=El+desaf%C3%ADo+de+la+ordenaci%C3%B3n+forestal+sostenible.+Perspectivas+de+la+silvicultura+mundial&hl=es&sa=X&ei=F1-IUte2Gs_PkQfl6oD4CQ&ved=0CD4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false
- * FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1995a. Sistemas de realización de la ordenación forestal sostenible. (en línea). Roma. IT. S.E. p. 297p. Consultado 15 nov. 2013. Disponible en <http://books.google.co.cr/books?id=tByHQYDcCNwC&pg=PA71&dq=ordenamiento+forestal+recursos+h%C3%ADdrico&hl=es&sa=X&ei=nyyFUo3VL5OssQTZtYHIBg&ved=0CDAQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false>
- * FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1995b. Plantaciones forestales mixtas y puras de zonas tropicales y subtropicales. (en línea). Roma. IT. S.e. 168p. Consultado 16 nov. 2013. Disponible en

http://books.google.co.cr/books?id=HxW_NZvakFkC&printsec=frontcover&dq=Plantaciones+forestales+mixtas+y+puras+de+zonas+tropicales+y+subtropicales&hl=es&sa=X&ei=11yIUoerM8mLkAf3zICoDw&ved=0CD8Q6wEwAA#v=onepage&q&f=false

* FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2002. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. (en línea). Roma. IT. S.e. 471p. Consultado 14 nov. 2013. Disponible en

<http://books.google.co.cr/books?id=SokGkhcGJwwC&pg=PA191&dq=bosque+circundante+en+manejo+forestal&hl=es&sa=X&ei=RDmFUpyEBMXNsQSxkYKgDg&ved=0CEEQ6AEwBA#v=onepage&q&f=false>

* FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2005. Términos y definiciones relacionados con las tablas nacionales de FRA 2005. (en línea). Roma, IT. S.e. 36p. Consultado 5 oct. 2013. Disponible en

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/ae156s/ae156s00.pdf>.

* Fedlmeier, C. 1996. Desarrollo de bosques secundarios en zonas de pastoreo abandonadas de la zona norte de Costa Rica. Tesis Ph.D. DE. Göttingen. Georg-August Universität. 177p.

* Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Programa de producción y desarrollo agropecuario sostenido. Trad. R. Luján. Cartago. CR. S.e. 28p. (Serie técnica/ Informe técnico nº. 188).

* FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, CR), MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, CR). 2012. Costa Rica: bosques tropicales un motor de crecimiento verde. Río+20 El futuro que queremos. (en línea). San José. CR. S.e. 38p. Consultado 12 nov. 2013. Disponible en http://www.fonafifo.go.cr/paginas_espanol/BT/CR_BosquesTropicales.pdf

* Fonseca, W., Rey, J.M., Alice, F. 2011. Carbon accumulation in the biomass and soil of different aged secondary forests in the humid tropics of Costa Rica. Forest Ecology and Management. 262:1400-1408.

* González, R. 1980. Plantaciones forestales a nivel experimental en Costa Rica. Agronomía Costarricense 4(1): 99-109.

* González, J.M., Piqué, M., Vericat, P. 2006. Manual de ordenación por rodales. Gestión multifuncional de los espacios forestales. Cataluña. ES. Editorial Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. 205p.

* Guariguata, M., Ostertag, R. Sucesión secundaria. In Ecología y conservación de bosques neotropicales. 2002. Ed. M. Guariguata, G. Kattan. Cartago, CR. Editorial Tecnológica de Costa Rica. p 591-623.

* Guillén, L., Lobo, S., Zamora, N. 1998. Principio 11 para el manejo de bosque secundario. Comité Técnico de Bosque Secundario. San José. Costa Rica. 20p.

- * Gullock, K., Peña, M. 2009. Ejecución de las estrategias de promoción contempladas en el Plan Estratégico de Mercadeo Turístico de la Estación Experimental Forestal Horizontes Área de Conservación Guanacaste. Práctica profesional supervisada Bach. Liberia. CR. Universidad Nacional. 100p.
- * Gutiérrez, M. 2013. Liberia. CR.. Área de Conservación Guanacaste (Comunicación personal).
- * Hughes, R., Kauffman, J., Jaramillo, V. 1999. Biomass, carbon, and nutrient dynamics of secondary forests in a humid tropical region of México. *Ecology* 80(6):1892-1907.
- * Jara, L. 1995. Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales Cartago. CR.CATIE. s.p. (Serie técnica. Manual técnico nº. 14).
- * Janzen, D. 1986. Guanacaste National Park: Tropical ecological and cultural restoration. San José. CR. EUNED. 103p.
- * Keith, H., Mackey, B.G., Lindenmayer, D.B. 2009. Re-evaluation of forest biomass carbon stocks and lessons from the world's most carbon-dense forests (en línea). *PNAS* 106(28): 11635–11640. Consultado 30 set. 2013. Disponible en <http://www.pnas.org/content/106/28/11635.short>
- * Keller, G., Sherar, J. 2004. Ingeniería de caminos rurales. Guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales. Trad. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Transportes. MX. S.e. 158p.
- * Kirby, K., Potvin, C. 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. *Forest ecology and management* 246:208-221.
- * Ley Forestal Nº 7575. 1996. La Gaceta Nº 72. San José. CR.
- * Lugo, A., Brown, S. 1992. Tropical forests as sinks of atmospheric carbon. *Forest Ecology Management* 54:239-255.
- * MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR), MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, CR). 1991. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José. CR. 50p.
- * Maginnis, S., Méndez, J., Davies, J. 1998. Manual para el manejo de bloques pequeños de bosque húmedo tropical (con especial referencia a la Zona Norte de Costa Rica). Trad. L. Rojas y H. Jiménez. Ed. X. Robles. San Carlos. CR. CODEFORSA. 208p.
- * Mata, R. 1982. Variaciones pedogenéticas en tres secuencias del Pacífico Seco de Costa Rica. Tesis M.Sc. Turrialba. CR. UCR/CATIE. s.p.
- * McGinley, K., Finegan, B. 2002. Evaluación de la sostenibilidad para el manejo forestal. Determinación de un estándar integrado y adaptativo para la evaluación de las sostenibilidad

ecológica del manejo forestal en Costa Rica. Turrialba. CR. CATIE. 75p. (Serie técnica/Informe técnico nº 330).

* Meza, S. 2013. Monitoreo fenológico de árboles semilleros de diez especies forestales nativas del bosque seco tropical, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela de Ingeniería Forestal. 59p.

* MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR), SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). Comisión Nacional sobre Incendios. 2000. Estrategia Nacional. Manejo del Fuego en Costa Rica 2000-2005. (en línea). San José, CR. 52p. Consultado 19 oct. 2013. Disponible en <http://www.fire.uni-freiburg.de/GlobalNetworks/MesoAmerica/Costa-Rica/ENMF-CR-2000-2005-final.pdf>

* MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía, CR), SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación, CR). 2004. Guía para la formulación y ejecución de planes de manejo de áreas silvestres protegidas. Ed. G. Artavia. S.L. CR. 37p.

* MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, CR). 2011. Declarar de interés público las acciones realizadas en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Decreto N° 36785, La Gaceta N° 214. 8 nov. 2011.

* Molina, M^a. A. (2002). Inducción del proceso de restauración del Bosque Seco Tropical en el Área de Conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica. In Ecosistemas forestales de bosque seco tropical. Investigación y resultados en Mesoamérica. 2002. S.e. Heredia. CR. p 54-61.

* MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, CR), GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 1998. Conservación de caminos. Un modelo participativo. San José. CR. S.e. 484p. (Convenio Costarricense-Alemán de Cooperación Técnica. Proyecto MOPT/GTZ).

* Morales, M. 1998. Lineamientos para el manejo de un bosque secundario a partir de una evaluación silvicultural, Florencia, San Carlos, Costa Rica. Práctica de especialidad. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela de Ingeniería Forestal. 144p.

* Morales, D., Kleinn, C. 2002. Los árboles fuera del bosque. El caso de Costa Rica. CATIE. In Los árboles fuera del bosque. Hacia una mejor consideración. (en línea). 2002. Roma. IT. p 145-151 (Guía FAO Conservación 35). Consultado 14 oct. 2013. Disponible en

<http://books.google.co.cr/books?id=2ZU61r - En8C&pg=PA150&dq=.+Los+%C3%A1rboles+fuera+del+bosque.+El+caso+de+Costa+Rica.+CATIE.+In+Los+%C3%A1rboles+fuera+del+bosque.+Hacia+una+mejor+consideraci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ei=Fq9kUrGFMonS8wT7wICYDg&ved=0CCwQ6AEwAA#v=onepage&q=.%20Los%20%C3%A1rboles%20fuera%20del%20bosque.%20El%20caso%20de%20Costa%20Rica.%20CATIE.%20In%20Los%20%C3%A1rboles%20fuera%20del%20bosque.%20Hacia%20una%20mejor%20consideraci%C3%B3n&f=false>

- * Murillo, O. 2010. Avalúos forestales. (digital). Cartago. CR.
- * OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. S.e. S. L. 87p. (Serie de políticas forestales nº 13).
- * Orozco, L. 2002. Planificación del manejo diversificado de bosques latifoliados húmedos tropicales. Cartago. CR. CATIE. 329p. (Serie técnica. Informe técnico no. 56).
- * Pedersen, A., Olesen, K., Graudal, L. 1993. Mejoramiento forestal a nivel de especies y procedencias (Nota de clase nº D3). In Mejoramiento forestal y conservación de recursos genéticos forestales. 1993. Ed. L. Jara. Turrialba. CR. S.e. (Serie técnica/Manual técnico nº 14). p 57-75.
- * Pedroni, L. 1999. Manejo forestal tropical. Implementación conjunta y desarrollo limpio: antecedentes a nivel mundial. Ed. E. Mora. Turrialba. CR. CATIE. s.p.
- * Piotto, D., Montagnini, F., Kanninen, M., Ugalde, L., Viquez, E. 2002. Comportamiento de las especies y preferencias de los productores. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana (38): 59-66.
- * Quesada, R. 2004. Especie forestales vedadas y bajo otras categorías de protección en Costa Rica. (en línea). Revista Forestal Kurú 1(2). Consultado 12 de nov. 2012. Disponible en http://www.tec.cr/sitios/Docencia/forestal/Revista_Kuru/anteriores/anterior2/pdf/Nota%203.pdf
- * Quesada, M., Sánchez, A., Álvarez, M., Stoner, K., Ávila, L., Calvo, J., Castillo, A., Espírito, M., Fagundes, M., Fernandes, G., Gamon, J., Lopezaraiza, M., Lawrence, D., Cerdeira, L., Powers, J., Neves, F., Rosas, V., Sayago, R., Sánchez, G. 2009. Succession and management of tropical dry forests in Americas: Review and new perspectives. Forest Ecology and Management 258:1014-1024.
- * Reyes, D. 2012. Análisis de los procesos de restauración pasiva para un bosque seco tropical e en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela de Ingeniería Forestal. 84p.
- * Rojas, F. 2006. Viveros forestales. Ed. C. Zamora. 2 ed. San José. CR. EUNED. 248p.
- * Rojas, F. 2011. Plantaciones forestales. 2 ed. Cartago, CR. EUNED. 239p.
- * Sabogal, C. 2008. Manejo forestal comunitario en América Latina. Experiencias, lecciones aprendidas y retos para el futuro. Eds. C. Sabogal, W. de Jong, B. Pokorny, B. Louman. Bogor. ID. CIFOR (Centro para la Investigación Forestal). 274p.

- * Salazar, M., Vílchez, B., Chazdon, R., Ortega, M., Ortiz, E., Guevara, M. 2012. Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 9(23):19-28.
- * Sarmiento, G., Pinillos, M., Garay, I. 2005. Biomass variability in tropical American lowland rainforests. *ECOTROPICOS* 18 (1):1–20.
- * Schlegel, B., Gayoso, J., Guerra J. 2000. Medición de la capacidad de captura de carbono en bosques de Chile y promoción en el mercado mundial. Manual de procedimientos muestreos de biomasa forestal. CL. s.p.
- * Spittler, P. 1995. Guía técnica para el inventario rápido de bosques secundarios en la Zona Norte de Costa Rica. Alajuela. CR. COSEFORMA. 20p.
- * Spittler, P. 2001. Potencial de manejo de los bosques secundarios en la zona seca del noroeste de Costa Rica. Tesis Ph.D. Eschborn. DE. Institut für Waldbau. 104p.
- * Thren, M. 1997. Manejo de montes secundarios: valoración e identificación de inversiones internacionales. In Taller Internacional sobre el Estado Actual y Potencial de Manejo y Desarrollo del Bosque Secundario Tropical en América Latina. 1997. S.e. Pucallpa. PE. p 216-224.
- * Ulate, C. 2011. Análisis y comparación de la biomasa aérea de la cobertura forestal según zona de vida y tipo de bosque para Costa Rica. Tesis Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela Ingeniería Forestal. 60p.
- * Vallejos, J., Badilla, Y., Picado, F., Murillo, O. 2010. Metodología para la selección e incorporación de árboles plus en programas de mejoramiento genético forestal. En *Agronomía Costarricense* 34(1):105-119.
- * Vega, M. 2002. Los incendios forestales en el Bosque Seco, un problema regional de soluciones locales. In *Ecosistemas forestales de bosque seco tropical*. S.e. Heredia. CR. p 46-47.
- * Vega, M. 2004. Modelo de riesgo potencial para la prevención y control de incendios forestales, para la Estación Experimental Forestal Horizontes, Guanacaste, Costa Rica. Tesis. Heredia. CR. Universidad Nacional (UNA). Escuela Ciencias Ambientales. 99p.
- * Víquez, M. 1995. Criterios para la toma de decisiones para manejar un bosque seco secundario en Vergel de Cañas, Guanacaste. Tesis Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela Ingeniería Forestal. 108p.
- * Watson, V., Kauffman, B., Hughes, R., Tosi, J., Jobse, J., Hughes, A., Kauffman, D. 2002. Contenido de carbono en el bosque seco tropical. In *Ecosistemas forestales de bosque seco tropical*. Investigación y resultados en Mesoamérica. S.e. Heredia. CR. p 111-118.

Plan de manejo de bosque secundario

La Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH) cuenta con 4562,68 hectáreas (ha) efectivas de bosque a manejar, excluyendo zonas de protección y bosques riparios. Estos bosques son sucesión secundaria que se estableció luego del abandono de actividades agrícolas y ganaderas. Los sitios presentan constantes cambios a través del área provocados por factores externos (incendios), intensidad del uso anterior, características edáficas e hídricas.

Recursos maderables

En la figura 14 se muestra la cobertura actual de bosque en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH); un 68% del total del área se encuentra cubierto por bosque en diferentes estadios sucesionales, los cuales tienen grandes variaciones a nivel interno debido a diferentes aspectos como presencia de árboles remanentes, incendios, cercanía a ríos o quebradas, uso anterior del suelo y la influencia de proyectos de restauración establecidos en los últimos 23 años, por estas mismas razones clasificar los bosques por edad resultó complejo, por lo que se clasificaron por área basal (G/ha o m²/ha).

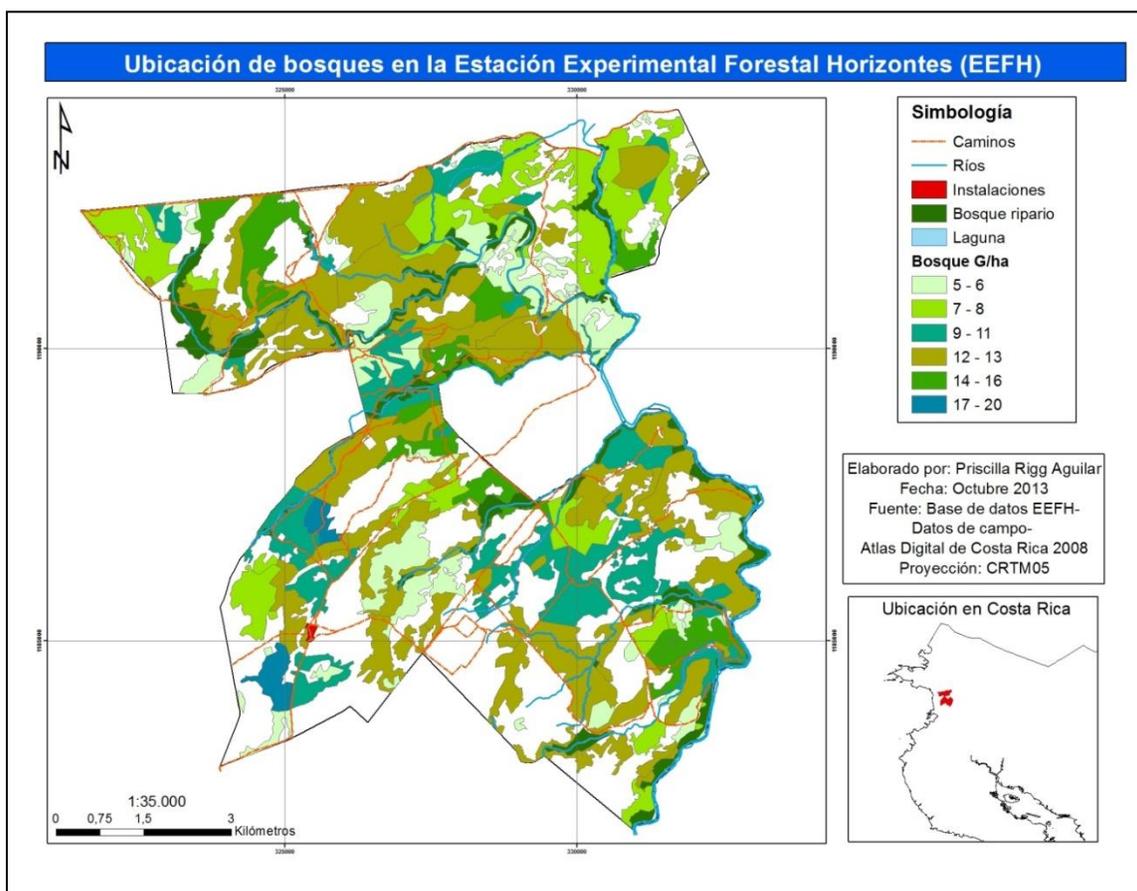


Figura 14. Zonificación de los bosques en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Los datos obtenidos en los diferentes estudios aplicados a los bosques en años anteriores, muestran la variación que existe entre los sitios analizados. Estas variaciones a través de los años

deben considerarse en el manejo del bosque, ya que indican la estructura del mismo y los factores que interactúan en la dinámica de crecimiento (Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales 2008).

Criterios de selección de sitios de aprovechamiento

Como primer criterio se tiene el área basal (G/ha), el cual permite tener un panorama del grado de desarrollo de los bosques (Quesada *et al.* 2009, Salazar *et al.* 2012), sin embargo, existe mucha variabilidad entre sitios con área basal similar a nivel de estructura, número de individuos y de especies, esto debido a factores de suelo, intensidad del uso anterior, cercanía a ríos e incendios.

El segundo criterio es el volumen; el valor de área basal ayuda a estimar el volumen a obtener en cada sitio, tomando como referencia los datos de Spittler (2001), los cuales indican que para bosques tempranos se obtiene $31,3 \pm 22,4$ m³/ha y en bosques intermedios $49,1 \pm 36,8$ m³/ha. Estos valores pueden variar según la densidad de individuos en cada sitio y la presencia de árboles remanentes, ya que evaluaciones hechas en el trabajo de Reyes (2012), se obtienen valores de 11 m³/ha solo en madera aserrable en el sector sureste, mientras que madera para leña se puede obtener valores de 122 m³/ha (Base de datos Reyes 2012).

Como tercer criterio se establece el área de cada bloque de bosque clasificado, ya que si son áreas extensas son posibles de manejar de manera sectorizada.

El cuadro 17 muestra que existen bloques de poco más de una hectárea (ha), hasta bloques de 166 ha. La ventaja de esta zonificación es que identifica los bloques que pueden manejarse de forma sectorizada, permitiendo una rotación de manejo sin que grandes extensiones sean afectadas de forma total.

Cuadro 17. Rangos de áreas de bloques de bosque y su extensión total por clase de área basal (m²/ha) en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste. Costa Rica.

Clasificación G/ha	Rango de área (ha)	Área total por clase de G/ha
5	0,55-40,5	438,7
6	1,74-30,75	189,71
7	20,55	178,29
8	1,44-98,30	576,58
10	0,68-166,75	609,33
11	0,82-77,96	157,56
12	0,83-135,10	747,19
13	1,78-162,57	1177,49
14	9,13-85,05	253,38
15	1,99-36,47	75,67
16	33,66-47,89	81,55
20	29-48,24	77,24

Como cuarto criterio se tiene la capacidad de uso de suelo, la cual indica que existen dos clases: Capacidad de uso III y V.

El quinto criterio de selección de áreas de aprovechamiento es la accesibilidad a los sitios. Los caminos se pueden categorizar en 3 clases:

- 1: Accesible todo el año.
- 2: Accesible con vehículos todo terreno o vehículos con adaptaciones.
- 3: Accesible en época seca solamente.

En este caso el sector que presenta mejores condiciones de caminos es el sector medio, el cual no presenta problemas graves de anegamiento, lo que permite el paso de vehículos sin problema, sin embargo, si existen partes del camino que necesitan intervención baja.

En el sector sureste, los caminos presentan problemas graves de anegamiento (clase 3), lo que impide sean transitables en época lluviosa, mientras que el sector norte (clase 2), presenta puntos críticos que necesitan intervención alta. En este mismo sector, hay un camino que conecta con la carretera Interamericana, pero no es posible utilizarse ya que en medio transcurre el río Tempisquito, el cual no cuenta con una estructura que permita la salida de vehículos pesados, por lo que las únicas salidas a la carretera son por la entrada principal de la EEFH y por la comunidad de El Triunfo, esta última salida se debe recorrer mayor distancia que si se toma en camino interno hasta la entrada principal de la EEFH (aproximadamente 12 km más).

Los puntos críticos son sitios puntuales donde se debe efectuar una intervención alta, debido a que son sitios importantes de acceso, y si esos sitios no son mejorados el manejo puede ser limitado en algunos sectores de la EEFH.

Si los caminos no son intervenidos el manejo debe iniciar en el sector sureste en época seca, ya que las condiciones de suelo son críticas en época lluviosa, luego por orden de prioridad el sector norte de la EEFH, ya que es el sitio más alejado de la entrada principal, por último, el sector medio, el cual puede soportar mejor la época lluviosa.

Sitios a aprovechar

Los bosques a aprovechar son los mayores a 11 m³, ya que por ley no se permite afectar sitios con valores menores a este (Figura 15).

Según los criterios antes mencionados, el sector de la EEFH a aprovechar inicialmente es el sector sureste (sitio 1), ya que, por condiciones de cercanía a caminos principales, área basal alta, volumen estimado conocido, y área efectiva, son aptos para manejo (Cuadro 18), no obstante, sin la mejoría en los caminos sería imposible entrar en época lluviosa, por lo que se aprovecharía como primer sector en época seca.

Cuadro 18. Descripción sitio 1 (sureste) de aprovechamiento, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nº polígono	G/ha	Hectáreas
17	13	20,14
28	13	42,4
52	12	41,69
67	16	33,66
68	14	9,13
117	13	4,25
173	12	135,1
Total		286,37

El sector norte (sitio 2) cuenta con dificultades en los caminos los cuales sin intervención serían complicados de transitar en época lluviosa, por lo que se propone que el manejo sea aplicado en época seca, asimismo, cuenta con grandes extensiones de bosque con áreas basales entre los 12 y los 14m²/ha (Cuadro 19).

Cuadro 19. Descripción sitio 2 (norte) de aprovechamiento, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nº polígono	G/ha	Hectáreas
34	13	137,94
95	12	42,11
99	12	52,86
101	12	100,89
103	12	130,25
136	14	85,05
Total		549,1

El sector medio (sitio 3) de la EEFH, cuenta con sitios de alta área basal, y como se comentó anteriormente los caminos son clase 2 por lo que el aprovechamiento puede realizarse en época lluviosa (Cuadro 20).

Cuadro 20. Descripción sitio 3 (medio) de aprovechamiento, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nº polígono	G/ha	Hectáreas
78	13	141,97
89	15	36,47
91	15	14,94
Total		193,38

Todos estos sitios se encuentran en la clasificación III y V de Capacidad de Uso de Suelo, la cual restringe el establecimiento de plantaciones, y solo se permite el manejo de bosque natural (MAG, MIRENEM 1991).

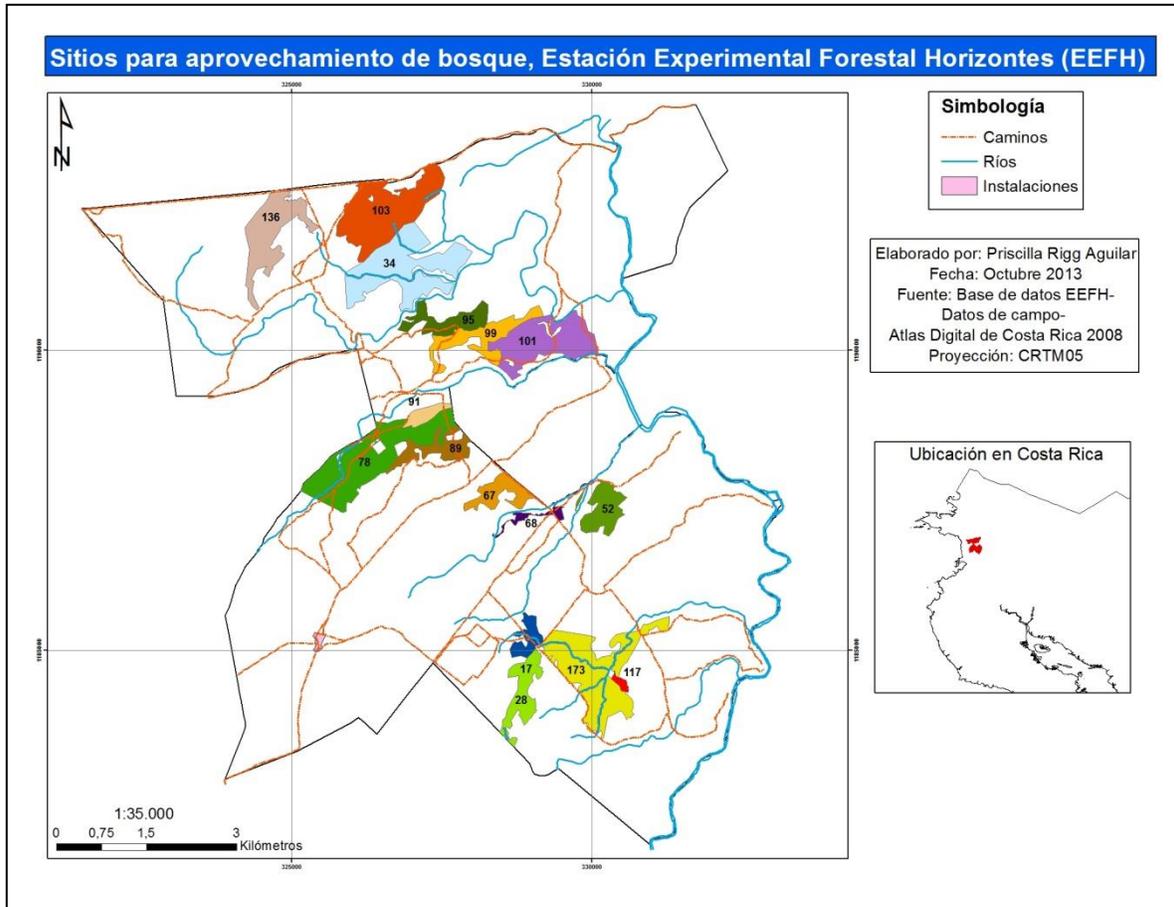


Figura 15. Sitios de bosques para aprovechamiento forestal, Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Opciones de manejo

Para manejo productivo del bosque, los Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales (2008), indica se deben efectuar inventarios (error de muestreo menor al 20%) en los sitios a aprovechar ($G > 11 \text{ m}^2/\text{ha}$), para determinar de forma precisa las especies de cada sector, así como su distribución diamétrica, la existencia de árboles semilleros y especies raras, poco frecuentes o en estado de amenaza, esto para marcarlos debidamente en campo, así como caracterizar cada zona a nivel topográfico, condiciones hídricas y edáficas en particular para efectos de selección del manejo.

El inventario: debe realizarse para conocer las variables silvícolas área basal (G), especies, número de árboles (N) presentes en el bosque, así como la proporción de los individuos por especie y por gremio ecológico. El inventario debe aplicarse por medio de parcelas permanentes de muestreo

(PPM). Las parcelas pueden ser de tamaño variable según sea el tamaño del bloque. La EEFH cuenta con una red de parcelas permanentes en el sector sur, las cuales son de 60x60 m (0,36 ha). Esta red debe ampliarse al sector norte de la EEFH, sector con bosques potenciales a manejo y que no contienen parcelas de muestreo para su análisis.

Según la información que se recopile se procederá a determinar las características de cada bloque, si el bosque presenta una estructura discetánea, con una variedad de especies distribuidas en todas las clases diamétricas, se aplicará un manejo policíclico (opción 1), no obstante, si las características muestran un bosque pobre en especies, con baja variabilidad o sectores de rodales puros, se aplicará cortas de regeneración (opción 2). En sitios con poco desarrollo se puede aplicar tratamiento de mejora de la cobertura forestal, como lo es el enriquecimiento con especies nativas.

Manejo policíclico: este manejo es aplicado al bosque en varios ciclos de corta, aplicando de forma sostenida a través de turnos de corta. Se basa en la corta selectiva de individuos comerciales, seleccionados mediante un censo preliminar. En este manejo se deben dejar en pie árboles remanentes (futura cosecha), árboles raros, en veda o peligro de extinción, asimismo regeneración o individuos jóvenes que funcionen como árboles semilleros de las especies aprovechadas (SINAC, CNSF, MINAET 2008).

Cortas de regeneración: este tipo de aprovechamiento se realiza en sitios con pocos individuos grandes en una misma área, por lo general se encuentran dispersos, la estructura del dosel es homogénea en cada bloque y existen pocas especies por hectárea (Barrantes 2004), asimismo, se aplica en sitios con condiciones de rodal o de dominancia de una sola especie (Viquez 1995). Se debe identificar y marcar mínimo 5 árboles semilleros por hectárea (árboles del grupo de especies comerciales maderables en el área aprovechada), especies raras, poco frecuentes, en veda o en peligro de extinción, para permitir la regeneración posterior al manejo.

Si el sitio cuenta con suelos afectados por usos anteriores con intensidades medias a altas, este sistema puede traer consecuencias graves al suelo, ya que es una actividad intensiva en un período corto de tiempo (Viquez 1995), también puede verse afectado el banco de semillas establecido en el sitio; las intervenciones de baja intensidad en este caso son recomendables si se pretende efectuar un manejo sostenible.

Para el caso de intervenciones de baja intensidad, CATIE (2001) indica un modelo de aprovechamiento en fajas, el cual se basa en la planificación del uso de la tierra considerando la capacidad del suelo para sostener el manejo forestal. El plan consiste en rotación de áreas para aprovechamiento, manteniendo las áreas protegidas, de tal forma que no sea afectada un área muy extensa y sea difícil que se establezcan especies de rápido crecimiento después del aprovechamiento. El sistema tendrá éxito siempre y cuando haya mercado para todo el material extraído del bosque, por ejemplo, la leña.

Este modelo de aprovechamiento se puede aplicar de diferentes maneras, aprovechando por niveles de aclareo del bosque, lo cual permite que la regeneración crezca de manera gradual. Este

modelo presenta beneficios como posibilidades de variación en forma, dirección de las fajas, tipo de intervención, adaptabilidad a las características de los sitios, facilidad para ordenar espacial y temporalmente. Una desventaja de este manejo es el tiempo de crecimiento de la regeneración (Beek. aus der y Sáenz 1992), ya que en bosque seco los crecimientos son bajos, desde valores reportados para bosques intermedios de 2,20 mm/año (Carvajal y Calvo 2013) hasta 3,1 mm/año (Meza y Mora 2002), esto por la extendida época seca, lo que puede provocar que los ciclos sean más largos o que el volumen a extraer sea muy bajo.

En los sitios con menos de 11 m²/ha, se destinarán las áreas necesarias para turismo, restauración o enriquecimiento y proyectos de investigación.

Enriquecimiento: consiste en introducción de individuos de especies comerciales en el bosque para aumentar la diversidad y los rendimientos a futuro (CATIE 2001, Leguízamo 2004), así como incrementar las especies de rápido crecimiento que permitan disminuir los claros del bosque y el nuevo establecimiento de forma natural de otras especies. Se puede aplicar en áreas a manejar con sistemas policíclicos y monocíclicos (en este caso en cortas de regeneración) (CATIE 2001). Al aplicar este tratamiento se debe dar un seguimiento a los árboles plantados, ya que si no fuese así habría alta mortalidad (CATIE 2001).

Opciones de aprovechamiento

El cuadro 21 muestra las actividades para cada tipo de aprovechamiento, sea manejo policíclico o cortas de regeneración. La decisión sobre el manejo a aplicar se toma con base en los resultados del inventario preliminar para cada bloque de bosque propuesto en la figura 15.

Cuadro 21. Actividades según modelo de aprovechamiento. Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Actividades	Manejo policíclico	Cortas de regeneración
Censo	<p>Los datos del inventario muestran la cantidad de individuos por especie comercial, según su distribución diamétrica y su abundancia (mayor a 0,3 árb/ha)</p> <p>Debe establecerse diámetros mínimos de corta (DMC) para cada especie, con base en este DMC se procede a realizar el censo, el cual es ubicar todos los individuos mayores a DMC indicado.</p> <p>De igual forma, es necesario marcar los árboles raros, en veda o peligro de extinción, los cuales se deben dejar en pie para mantener el valor de conservación de las especies y del bosque.</p>	<p>Se debe identificar los árboles semilleros, raros, en veda o peligro de extinción, para marcarlos e identificarlos en campo. Estos árboles son los únicos que deben estar identificados para evitar su corta, ya que los demás individuos serán aprovechados de forma completa.</p>

Aprovechamiento	<p>Debe ser selectivo, es decir, identifica los árboles comerciales y según su distribución tanto diamétrica como espacial, se eligen los mejores árboles a cosechar, evitando crear un impacto fuerte dentro del bosque a la masa remanente, a los recursos hídricos y edáficos, así como a la fauna existente en el lugar.</p> <p>Los árboles deben estar homogéneamente distribuidos de tal manera que el área de claros no sobrepase el 12% del área efectiva.</p>	<p>Se aprovechan todos los individuos mayores a 5cm de diámetro, evitando cortar y dañar los árboles marcados como semilleros, raros o vedados.</p> <p>Debido a que la mayor parte de la EEFH cuenta con suelos con características vérticas, aplicar un manejo intensivo agravaría el estado del suelo (Viquez 1995), por lo que se recomienda la corta de regeneración en fajas, lo cual consiste en aprovechar por sectores o rodales, distribuyendo el aprovechamiento de manera equitativa sin afectar gravemente el entorno.</p>
-----------------	--	--

Actividades	Manejo policíclico	Cortas de regeneración
Continuación aprovechamiento		<p>Las dimensiones de las fajas se definen por la altura promedio del dosel (CATIE 2001), donde en este caso es de 15 m en todos los bosques según Reyes (2012), mientras que el largo es variable según las condiciones del sitio como topografía, cercanía a ríos o tamaño del fragmento del bloque de bosque.</p> <p>Las fajas se deben direccionar en sentido este-oeste, para permitir la entrada de mayor cantidad de luz en el sitio (CATIE 2001).</p> <p>Se deberá mantener sitios de bosque conectados para el paso de fauna y la dispersión de material vegetativo, ya que el impacto es tanto a nivel ecológico como económico, esto con el objetivo de permitir la recuperación funcional del bosque en cada aprovechamiento, manteniendo un equilibrio entre las especies, incluyendo las de alto valor para el ser humano (Burley 2002).</p>

<p>Trazo de los caminos secundarios y pistas de arrastre</p>	<p>Se deben demarcar antes del aprovechamiento con base en el mapeo de los árboles a cosechar y las zonas de protección.</p> <p>Los caminos deben estar debidamente demarcados, para evitar el impacto fuerte en el suelo, el cual en algunos sitios específicos presenta limitaciones fuertes debido a la degradación sufrida en épocas anteriores de cultivos y ganadería, así como evitar el impacto a las fuentes de agua.</p>	<p>Se deben demarcar antes del aprovechamiento, ya que a pesar de que la mayor parte de la cobertura será aprovechada, las máquinas deben tener el camino demarcado para evitar circulen de forma desordenada y provoquen un impacto mayor al suelo y a fuentes de agua cercanas.</p>
<p>Definición zonas de protección: Red hídrica</p>	<p>La EEFH cuenta con la red hídrica identificada, y los sectores propuestos de manejo han sido diferenciados de las zonas de protección, es decir, las áreas antes indicadas son las áreas efectivas de cada bloque de bosque, no obstante, si durante la realización del inventario o el censo es identificada una naciente u ojo de agua, es deber marcar el sitio y establecer la nueva zona de protección, la cual debe ser de un radio de 100 m. La construcción de pistas de arrastre y de estructuras en ríos y quebradas debe ser adecuada para evitar el deterioro y sedimentación de las fuentes de agua.</p>	
<p>Actividades</p>	<p>Manejo policíclico</p>	<p>Cortas de regeneración</p>
<p>Definición de valores de referencia</p>	<p>El área basal máxima a reducir es del 20% en el aprovechamiento forestal, si se determina la posibilidad de aplicación de tratamientos silviculturales para mejorar las condiciones del bosque, el área basal disminuida no excederá el 10%, ambos para individuos mayores a 10 cm de diámetro.</p> <p>Se debe establecer el valor de especies heliófitas (mayor a 15%), y de área basal mínima (11 m²/ha). Los caminos primarios no deben afectar más del 1% del área efectiva de bosque, los caminos secundarios 5%, pistas de arrastre 3% y el patio de acopio no debe sobrepasar el 1% de área de bosque.</p>	<p>Se debe establecer el valor de área basal mínima (11 m²/ha)</p> <p>Los caminos primarios no deben afectar más del 1% del área efectiva de bosque, los caminos secundarios 5%, pistas de arrastre 3% y el patio de acopio no debe sobrepasar el 1% de área de bosque.</p>
<p>Plan operativo</p>	<p>La información antes mencionada debe incluirse en un plan operativo, el cual debe ser un plan por cuartel de corta. Cada sector propuesto debe evaluarse por separado dadas las condiciones variables de estructura. Se localizarán las zonas de protección, bosques riparios y caminos, para elaborar un mapa por sector donde se especifiquen dichos aspectos.</p>	

Ciclo de corta

El ciclo de corta debe ser mayor a la edad reproductiva de las especies comerciales de interés, la legislación indica el mínimo de 15 años. Sin embargo, para sitios que no cuentan con registros de intervenciones anteriores debe aplicarse el método de tiempo de paso, el cual se realiza con datos del censo de cada sector. También este debe ajustarse al crecimiento del bosque seco (estadio intermedio) del cual se reporta un crecimiento de 2,20 mm/año (Carvajal y Calvo 2013), el cual es más lento que los bosques húmedos de 5 mm en promedio por año (Finegan *et al.* 1999)

Justificación ciclo de corta

Se propone el ciclo de 15 años para los bosques de la EEFH, ya que el mínimo por ley es 15 años en sitios sin registros de aprovechamientos anteriores. Sin embargo, se debe considerar el crecimiento y la recuperación del bosque dentro de 15 años, evaluándose por medio de las PPM, para determinar si el aprovechamiento es aplicable o no, considerando los factores de crecimiento anual del bosque seco, influencia de árboles semilleros y recuperación del bosque.

Para los sitios que tienen menos de 11 m²/ha tienen la opción de ser sitios para restauración del bosque seco, permitiendo su desarrollo y posible manejo en un futuro.

Opción de restauración de bosques: Enriquecimiento

En bosques donde el área basal no alcanza los 11 m², es decir los bosques menos desarrollados, se pueden establecer proyectos de restauración o enriquecimiento, lo cual es introducir especies de valor comercial en sitios pobres y con poca variedad de especies con el objetivo de manejarlos para obtener nueva regeneración e individuos aprovechables en un futuro (CATIE 2001, Leguízamo 2004), se ha aplicado para restauración de bosques intervenidos y para aumentar el valor comercial de los bosques secundarios (OIMT 2002).

Esta actividad incrementa las especies de rápido crecimiento, lo que permite disminuir los claros del bosque y por ende el nuevo establecimiento de forma natural de otras especies. Se puede aplicar en áreas a manejar con sistemas policíclicos y monocíclicos (en este caso en cortas de regeneración) (CATIE 2001).

Para el manejo con objetivos de producción, se deben aplicar tratamientos que permitan la restauración de especies comerciales, las cuales no tienen un crecimiento continuo y el potencial de los bosques se basa en la cantidad de estas especies (Finegan 1992).

Los sitios a utilizar para enriquecimiento deben ser sitios cerca de zonas de protección, sitios degradados, con alta pendiente y sitios que ofrezcan opciones viables para manejo productivo del bosque (OIMT 2002), este último para permitir la obtención de ingresos para la EEFH.

Las labores de enriquecimiento pueden hacerse de diferentes formas (Leguízamo 2004):

Plantación bajo dosel: se realiza con la remoción mínima de sotobosque, utiliza especies tolerantes a la sombra.

Enriquecimiento en claros naturales o artificiales: se utiliza para aprovechar los sitios de claros dentro de los bosques.

Plantación en fajas: se realiza una apertura de callejones de 3-5 m de ancho en dirección este-oeste donde se plantan los individuos con condiciones de manejo y distanciamiento acorde con las especies utilizadas.

La EEFH puede aplicar la opción bajo dosel y en fajas cuando el objetivo es la producción comercial del bosque, esto debido a que, si se realiza el aprovechamiento por medio de cortas de regeneración en fajas, se efectuaría un seguimiento de la plantación realizada, unificando el manejo de los bosques.

Antes de efectuar la apertura de los sitios se debe realizar una evaluación de la regeneración existente, esto con la finalidad de conocer el estado del bosque, las especies presentes, y con esto determinar la necesidad de otras especies el tipo de manejo a aplicar (COTESU, Proyecto de Capacitación, Extensión, y Divulgación Forestal S.F.).

Especies

Se recomienda continuar con los proyectos de restauración que ha establecido la EEFH y las respectivas especies utilizadas, ya que se tiene conocimiento del comportamiento y de los factores que influyen en el crecimiento de dichas especies, las cuales algunas se indican en el cuadro 22.

Cuadro 22. Especies posibles a utilizar para enriquecimiento de bosques con fines ecológicos en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nombre común	Nombre científico
Alcornoco	<i>Licania arborea</i>
Almendo de río	<i>Andira inermis</i>
Ateleia	<i>Ateleia herbert-smithii</i>
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>
Cocobolo	<i>Dalbergia retusa</i>
Guanacaste blanco	<i>Albizia niopoides</i>
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>
Guayacán real	<i>Guaiacum sanctum</i>
Laurel negro	<i>Cordia gerascanthus</i>
Níspero	<i>Pouteria sp.</i>
Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>
Panamá	<i>Sterculia apetala</i>
Pochote	<i>Bombacopsis quinata</i>
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i>
Ron ron	<i>Astronium graveolens</i>
Tempisque	<i>Sideroxylon capiri</i>

Para enriquecimiento con objetivos comerciales las especies posibles a usar se indican en el cuadro 23, estas especies presentan características comerciales como peso específico básico medio-alto, y son especies del gremio de las heliófitas durables, por lo que son especies de rápido crecimiento.

Cuadro 23. Especies posibles a utilizar para enriquecimiento de bosques con fines comerciales en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Áreas de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nombre común	Nombre científico
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Guanacaste blanco	<i>Albizia niopoides</i>
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>

Otro aspecto que ha sido de suma importancia en la EEFH es el uso de ganado para control de pastos, esto va inmerso en el manejo de combustible para minimizar el riesgo de incendios, pero, debido a la disminución de pastos se ha podido disminuir la competencia de este tipo de vegetación para el aumento de regeneración de especies leñosas (Gutiérrez 2013, comunicación personal). Lo recomendable es establecer un orden de rotación o manejo del ganado, esto para evitar que la regeneración establecida sea comida o dañada.

Opción de manejo: Turismo

El sector suroeste, cerca de las instalaciones existen senderos para visitantes; este sector queda fuera del plan de manejo de aprovechamiento para mantener los bosques y evitar provocar un impacto visual a las personas que visitan la EEFH. Esta opción de manejo se puede extender e integrar con la opción de enriquecimiento y restauración para impartir talleres o charlas sobre educación ambiental, ya que los sectores utilizados para enriquecimiento pueden servir de modelo a las comunidades o a los visitantes sobre el manejo que se puede aplicar en los bosques secos del país.

Asimismo, la EEFH puede funcionar como base para prácticas de turismo, o para impartir clases de forma integrada con las universidades del país.

Investigación

Los sitios para investigación pueden ser relativos, ya que su elección dependerá de los objetivos de cada trabajo, lo recomendable es establecer más parcelas de muestreo en los sectores con carencia de ello, ya que es de suma importancia extender el conocimiento de la dinámica de los bosques a lo largo y ancho de la EEFH.

Zonas de protección

Los sitios con bosques riparios no se manejan por efecto de Zona de Protección, así como para conservar individuos de gran porte representativos del bosque seco de Guanacaste, que son remanentes de los bosques antiguos del lugar.

Plan de monitoreo

Aprovechamiento: Este plan debe incluir registros de las actividades silviculturales ejecutadas, volumen de producción por área y número de trozas verificables con las respectivas guías de transporte, si se aprovechan recursos no maderables se deben registrar las cosechas debidamente.

Los árboles dejados en pie sean semilleros, especies raras, poco frecuentes o en estado de amenaza deben coincidir con los árboles marcados en el mapa.

En las parcelas permanentes de muestreo se deben medir las variables de incremento anual de dap (mm/año), incremento anual del área basal ($m^2/ha \text{ año}^{-1}$), mortalidad, regeneración, reclutamiento y composición florística.

Además, al tercer año de cosecha se debe realizar un muestreo de regeneración con un error de muestreo menor al 20%, para las categorías de tamaño de regeneración latizal y fustal.

Enriquecimiento: Las labores de enriquecimiento deben ser monitoreadas para determinar la efectividad del manejo aplicado y si se deben efectuar cambios.

Cronogramas de actividades

Las actividades deben adecuarse a la época del año, según cada sitio (Cuadros 24 y 25).

Cuadro 24. Cronograma actividades sitios 1 y 2 (aprovechamiento en época seca).

Actividades	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
Selección de bloques	X				
Inventario	X	X			
Censo	X	X			
Demarcación de franjas		X	X		
Demarcación de caminos		X	X		
Aprovechamiento			X	X	X
Monitoreo					X

Cuadro 25. Cronograma actividades sitio 3 (aprovechamiento en época lluviosa).

Actividades	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Selección de bloques	X				
Inventario	X	X			
Censo	X	X			
Demarcación de caminos		X	X		
Aprovechamiento			X	X	X
Monitoreo					X

Conclusiones

- * Existen 1028,85 ha de bosque en estado avanzado de crecimiento, en las cuales puede implementarse un plan de manejo.
- * La degradación en los suelos por los usos anteriores, así como incendios e incidencia de árboles semilleros, provoca gran variación entre y dentro los bloques de bosque a nivel de área basal y volumen.
- * La estructura de los bosques, así como su estadio sucesional y la disponibilidad de material vegetativo, son parte de la base para la planificación del manejo forestal, de igual manera la distribución de la red hídrica, el estado de los suelos y la ubicación de zonas de protección.
- * La EEFH cuenta con bosques de áreas basales entre 5 y 20 m²/ha distribuidos en bloques de cuyas áreas oscilan entre 4 ha y 142 ha.
- * El volumen estimado que puede obtenerse de los bosques secundarios es de 49,1 ± 36,5 m³/ha, con un volumen de remanentes de 17,5 ± 61,3 m³/ha, el cual puede variar según la cantidad y distribución de remanentes, su inclusión en el manejo (árboles semilleros, vedados, raros), valor comercial y número de individuos.
- * La capacidad de uso en la cual se clasifican los sitios (III y V) a aprovechar muestran que son sitios aptos para el manejo forestal, dado que presentan limitaciones de profundidad efectiva, erosión moderada, textura de suelo muy fina (arcillosa), alta pedregosidad y drenaje muy lento, que evitan se haya utilizado para establecimiento de cultivos permanentes.
- * Se debe efectuar un inventario preliminar para cada bloque de bosque con potencial de producción, de manera que se determine las condiciones de estructura y composición florística para cada sitio y definir el manejo a aplicar: policíclico y cortas de regeneración.
- * El manejo por cortas de regeneración es más rentable que el manejo policíclico, sin embargo, puede provocar un alto impacto al bosque debido a las condiciones de suelo, si no se toman las consideraciones de manejo apropiadas.
- * Actualmente los caminos restringen el manejo constante a lo largo de todo el año, por tanto, iniciando en época seca, el orden de aprovechamiento por estado actual de los caminos es: sector sur, sector norte, sector medio.
- * La aplicación de proyectos de enriquecimiento en los bosques jóvenes permite la restauración de bosques a nivel ecológico y comercial, sin embargo, debe realizarse un monitoreo y mantenimiento constante de las actividades planificadas para evitar el fracaso de dichos proyectos.
- * En proyectos de investigación se puede profundizar en temas de fijación de carbono por bosques secundarios de zona seca, la viabilidad de obtención y comercialización de productos no

maderables, la actualización de información sobre el mercado de productos forestales a nivel regional, y la continuidad de la aplicación de planes de manejo sostenibles en bosques secos secundarios.

- * Debe elaborarse la ubicación con GPS de los árboles semilleros con los que cuenta la EEFH, esto para incluir en cada plan de manejo e integrarlo con la información obtenida en el censo de los bloques de bosque.

- * La sostenibilidad del manejo depende de las condiciones del mercado para productos maderables y no maderables.

- * El monitoreo periódico de la dinámica de los bosques permite tener un panorama claro de su desarrollo, determinando el impacto del manejo anterior y la toma de decisiones sobre el manejo futuro.

Bibliografía

- * Beek, R. aus der, Sáenz, G. 1992. Manejo forestal basado en la regeneración natural del bosque: Estudio de caso en los robledales de altura de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. (en línea). Turrialba. CR. S.e. 52p. (Serie técnica/Informe Técnico nº200). Consultado 12 oct. Disponible en <http://books.google.co.cr/books?id=0yEOAQAIAAJ&pg=PA22&dq=cortas+de+regeneraci%C3%B3n+costa+rica&hl=es&sa=X&ei=CvdZUq7SIYz88QTZ2YHYCQ&ved=0CC4Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false>
- * Burley, J. 2002. Panorámica de la diversidad biológica. UNASYLVA 53(209): 3-9.
- * Carvajal, D., Calvo, J. 2013. Tasas de crecimiento, mortalidad y reclutamiento de vegetación e tres estadios sucesionales del bosque seco tropical, Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. (en línea). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 10(25):1-12. Consultado 18 nov. 2013. Disponible en <http://www.tec-digital.itcr.ac.cr/servicios/ojs/index.php/kuru/article/view/1371>
- * CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR.). 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Latina. Eds. B. Louman, D. Quirós y M. Nilsson. Turrialba. CR. S.e. 265 p (Serie Técnica/ Informe Técnico Nº 46).
- * COTESU (Cooperación Técnica del Gobierno Suizo, CH), Proyecto de Capacitación, Extensión, y Divulgación Forestal. S.F. Manual de plantaciones forestales. Ucayali. PE. ESEGRAPA. 87p.
- * Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos. 2008. Decreto Ejecutivo Nº 34559-MINAE. La Gaceta Nº 115. 106p.
- * Finegan, B., Camacho, M., Delgado, D., Guillén, L., Orozco, L., Quirós, D., Zamora, N. 1999. Producción y conservación en bosques húmedos tropicales de la vertiente atlántica de Centroamérica: Resultados e implicaciones de una década de investigación en Costa Rica. Turrialba. CR. 12p.
- * Finegan, B. 1992. El potencial de manejo de los bosques húmedos secundarios neotropicales de las tierras bajas. Programa de producción y desarrollo agropecuario sostenido. Trad. R. Luján. CATIE. Turrialba. CR. 29p. (Serie técnica/Informe técnico nº 188).
- * Gutiérrez, M. 2013. Liberia. CR.. Área de Conservación Guanacaste (Comunicación personal).
- * Leguizamón, A. 2004. Guía para la conformación, enriquecimiento, manejo y aprovechamiento sostenible del bosque protector productor. Eds. L. E. Acero, H. Yesid y L. Rodríguez. S.e. Bogotá. CO. 97p. (Serie ciencia y tecnología nº 140).

- * MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR), MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, CR). 1991. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José. CR. 50p.
- * Meza, V., Mora, F. 2002. Crecimiento en diámetro y del área basal en tres parcelas permanentes en el bosque seco tropical, Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica. In Ecosistemas forestales de bosque seco tropical. Investigación y resultados en Mesoamérica. 2002. S.e. Heredia. CR. p. 199-209.
- * Quesada, M., Sánchez, A., Álvarez, M., Stoner, K., Ávila, L., Calvo, J., Castillo, A., Espírito, M., Fagundes, M., Fernandes, G., Gamon, J., Lopezaraiza, M., Lawrence, D., Cerdeira, L., Powers, J., Neves, F., Rosas, V., Sayago, R., Sánchez, G. 2009. Succession and management of tropical dry forests in Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258:1014-1024.
- * OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). 2002. Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. S.e. S. L. 87p. (Serie de políticas forestales nº 13).
- * Reyes, D. 2012. Análisis de los procesos de restauración pasiva para un bosque seco tropical e en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste, Costa Rica. Tesis Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela de Ingeniería Forestal. 84p.
- * Salazar, M., Vílchez, B., Chazdon, R., Ortega, M., Ortiz, E., Guevara, M. 2012. Diversidad y estructura horizontal en los bosques tropicales del Corredor Biológico Osa, Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú* 9(23):19-28.
- * Spittler, P. 2001. Potencial de manejo de los bosques secundarios en la zona seca del noroeste de Costa Rica. Tesis Ph. D. Eschborn. DE. Institut für Waldbau. 104p.
- * Víquez, M. 1995. Criterios para la toma de decisiones para manejar un bosque seco secundario en Vergel de Cañas, Guanacaste. Tesis Lic. Cartago. CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Escuela Ingeniería Forestal. 108p.

Plan de manejo de plantaciones forestales

Plantaciones mixtas

Con las mediciones realizadas por funcionarios de la EEFH de marzo del 2013, se calculó el diámetro promedio (Cuadro 26), altura promedio (Cuadro 27), volumen comercial por hectárea (Cuadro 28) y en total para toda el área de plantación (Cuadro 29). La edad de estas plantaciones es de 23 años.

Cuadro 26. Diámetro promedio estimado para las plantaciones mixtas de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Especie	Diámetro promedio (cm)							
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7	Bloque 8
Aceituno		24,88		25,10			24,90	26,80
Caoba	19,85	20,44	17,82	18,28				16,55
Carboncillo		14,33	16,81					
Cenízaro	38,95		43,71	30,22		21,43	29,42	
Cocobolo	18,52	15,27	12,22	14,11	17,60			
Cortez amarillo						7,33	8,85	8,52
Cortez negro	7,27							
Guachipelín	18,81				22,68			29,29
Guanacaste		31,08	38,63	16,05		24,47		39,07
Guapinol	14,45	19,70	13,96		10,00	15,31		
Roble sabana	21,02			12,18	14,46			

Cuadro 27. Altura promedio estimada para las plantaciones mixtas de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Especie	Altura promedio (m)							
	Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3	Bloque 4	Bloque 5	Bloque 6	Bloque 7	Bloque 8
Aceituno		21,92		21,96			21,78	23,19
Caoba	18,08	18,13	17,66	17,21				15,81
Carboncillo		16,00	17,01					
Cenízaro	24,69		26,15	20,67		19,54	22,07	
Cocobolo	16,96	13,62	12,26	12,83	16,37			
Cortez amarillo						7,05	8,57	8,18
Cortez negro	7,05							
Guachipelín	17,00				20,07			24,03
Guanacaste		14,06	16,27	11,97		13,33		16,48
Guapinol	14,01	20,26	14,20		10,07	14,94		
Roble sabana	19,59			13,56	15,47			

Cuadro 28. Volumen neto en trozas comerciales (m³ sin corteza) por hectárea (vol/ha) y por bloque (B) de las plantaciones mixtas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Especie	Volumen por hectárea (m ³ /ha)								Total/especie
	B 1	B 2	B3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	
Aceituno		21,08		43,09			34,24	39,08	137,49
Caoba	51,50	47,14	15,12	43,29				22,16	179,22
Carboncillo		3,86	13,49						17,35
Cenízaro	36,31		43,37	25,49		45,15	49,63		199,96
Cocobolo	39,57	14,86	2,73	13,12	21,27				91,54
Cortez amarillo						0,56	8,41	1,29	10,26
Cortez negro	0,00								0,00
Guachipelín	16,71				38,83			23,97	79,51
Guanacaste		21,68	44,08	2,47		32,58		30,51	131,31
Guapinol	26,73	4,91	12,44		5,05	29,26			78,39
Roble sabana	7,42			0,57	9,50				17,50
Total/bloque	178,24	119,57	131,23	128,04	74,65	107,55	92,28	117,00	942,53

Cuadro 29. Volumen neto en trozas comerciales (m³ sin corteza) total por bloque (B) de las plantaciones mixtas en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Especie	Volumen total (m ³)								Total/especie
	B 1	B2	B 3	B 4	B 5	B 6	B 7	B 8	
Aceituno		21,08		258,55			34,24	39,08	352,95
Caoba	51,50	188,57	30,25	43,29				44,31	357,93
Carboncillo		3,86	13,49						17,35
Cenízaro	72,63		43,37	25,49		45,15	49,63		236,27
Cocobolo	79,14	29,72	2,73	26,24	21,27				159,09
Cortez amarillo						0,56	16,82	1,29	18,67
Cortez negro	0,00								0,00
Guachipelín	33,42				155,31			23,97	212,70
Guanacaste		43,35	176,30	2,47		97,75		30,51	380,88
Guapinol	267,28	4,91	12,44		5,05	29,26			318,95
Roble sabana	22,27			0,57	9,50				32,35
Total/bloque	526,24	291,49	278,58	356,61	191,13	172,72	100,69	139,16	2056,62

Especies como guapinol llegan a producir 26,73 m³ por hectárea, y encontrándose en 10 parcelas (10 ha) en el bloque 1, se estima un volumen total de 267,28 m³, sin embargo, el cortez negro no aporta volumen comercial debido a que cuenta con pocos individuos, los cuales a su vez presentan diámetros no comerciales. En total para las plantaciones mixtas se estima obtener en total

2056,62 m³ de madera. En cuanto a la calidad de las trozas, al no contar con datos de este parámetro, se estimó que se obtendrían 3 trozas de calidades 1, 2, 4, esto da un promedio de calidad del árbol (en una escala a 100) del 67%, lo que demuestra calidades medias a nivel general para todas las plantaciones.

Manejo o aprovechamiento

Estas plantaciones, se puede decir, están en un punto crítico de crecimiento y muchos lotes ya han sido talados para otros fines. Por lo que la mayor parte de las plantaciones pueden ser aprovechadas para dar ingresos a la EEFH. Considerando los valores de volumen por especie, se tiene mayor volumen para las especies caoba y cocobolo, especies consideradas como finas por su dureza, así como de Guanacaste, no obstante, se debe definir el mercado ya que la aceptación de madera de plantación ha disminuido en los últimos años (Barrantes y Ugalde 2013).

Selección de sitios

La EEFH cuenta con 1826,14 ha de potreros arbolados, 124 ha de pastizales y 250,98 ha sitios de arbustales (Figura 16). Los sitios del sector sur en su mayoría presentan suelos vertisoles, donde la especie dominante es el jícaro (*Crescentia alata*), esta especie es indicadora de sitios con deficiencias físicas e hídricas (Arze, 1980, Kass, 1996, Vásquez 1996). Estos sitios también presentan limitaciones moderadas (MAG, MIRENEM 1991), esto debido a factores como profundidad efectiva, drenaje y sectores con pedregosidad media.

Los sitios de potreros arbolados o los arbustales cerca de las plantaciones mixtas pueden ser manejados para establecer más plantaciones, ya que las establecidas se han desarrollado de buena forma.

Los sectores de pastizales en el sector norte son sitios disponibles para plantaciones forestales, ya que son extensiones grandes de terreno (75,50 ha y 48,23 ha), sin embargo, para todos los sitios donde se puedan establecer plantaciones forestales se debe aplicar prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos debido a que han sido sitios utilizados para agricultura y pastoreo.

El cuadro 30 indica el potencial de producción de los sitios (área basal y volumen), si los sitios no cumplen con la definición de bosque secundario (CNCF 1999), pueden ser convertidos a plantaciones forestales, por medio de aprovechamientos de árboles en potrero.

Cuadro 30. Área basal y volumen por hectárea para los sitios con cobertura no boscosa en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Fase de desarrollo	G/ha		Vol/ha	
	Individuos secundarios	Individuos remanentes	Individuos secundarios	Individuos remanentes
Pastizal arbustivo	0,2 ± 0,4	0,3 ± 0,9	0,3 ± 0,6	0,7 ± 1,8
Arbustal	4,2 ± 2,7	9,8 ± 13,7	12,1 ± 8,9	84,3 ± 147,5

Fuente: Spittler 2001

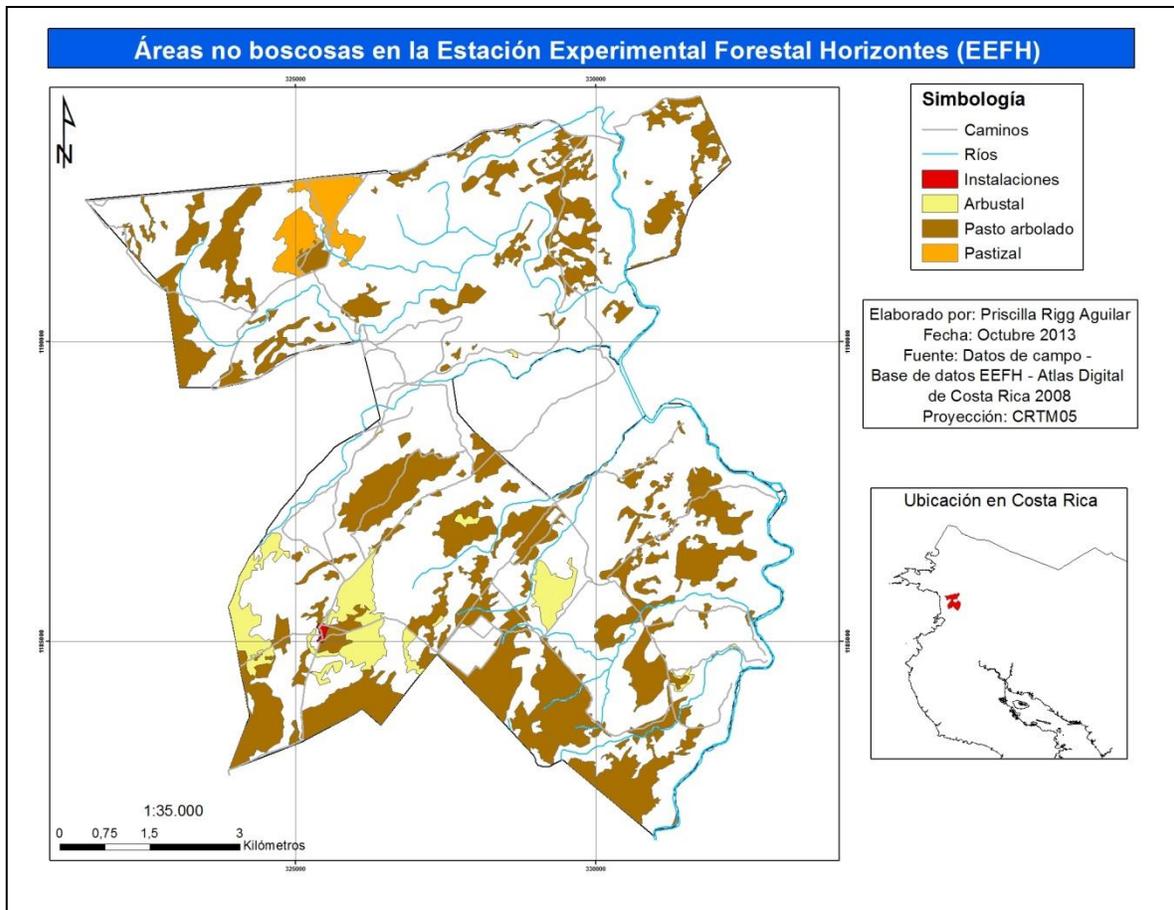


Figura 16. Mapa de sitios con cobertura no boscosa de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Mapa zonas posibles a reforestar

La selección de los sitios se dio con base en la accesibilidad de los caminos y el tamaño de las áreas, asimismo, consideraciones del suelo, ya que existen sitios con presencia de jícara (*Crescentia alata*), esta especie se adapta a suelos arcillosos y con deficiencias estructurales, de drenaje y de fertilidad para el crecimiento de otras especies (Arze, 1980, Kass, 1996, Vásquez 1996). En el cuadro 31 se presentan los sitios identificados y su respectiva área.

Cuadro 31. Características de posibles sitios para establecimiento de plantaciones, Estación Experimental forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Nº polígono	Hectáreas	Cobertura
1	75,50	Pastizal
2	48,23	Pastizal
3	19,25	Pasto arbolado
4	30,68	Pasto arbolado
5	68,56	Pasto arbolado
6	18,45	Pasto arbolado
7	3,16	Pasto arbolado
8	25,42	Pasto arbolado
9	49,89	Pasto arbolado
10	5,12	Arbustal
11	56,14	Pasto arbolado
12	3,88	Pasto arbolado
13	47,72	Arbustal
14	36,90	Pasto arbolado
15	4,33	Pasto arbolado
16	94,27	Pasto arbolado
17	147,62	Pasto arbolado
18	6,43	Pasto arbolado
19	95,60	Arbustal
20	25,14	Pasto arbolado
21	89,17	Pasto arbolado
Total	951,44	-

En la figura 17 se muestran los sitios posibles a plantar, en el sector sur los sitios se encuentran cerca de plantaciones ya establecidas, esto permite tener condiciones conocidas sobre el comportamiento de las plantaciones. En todos los sitios se deben evaluar condiciones de suelo específicas y del terreno, para definir un manejo más detallado de las plantaciones, de igual forma en los individuos presentes, esto para detectar especies comerciales y definir un aprovechamiento de árboles en potrero.

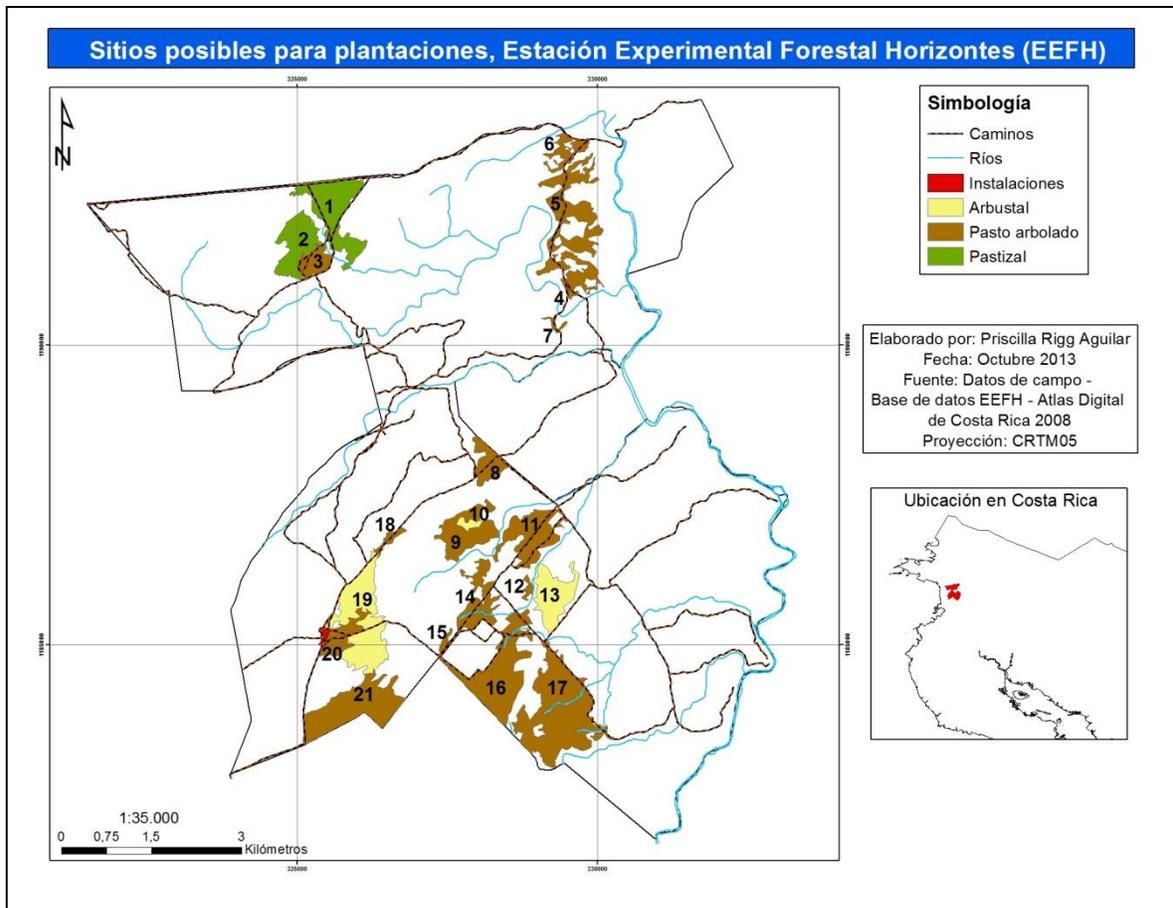


Figura 17. Mapa ubicación posibles sitios para plantaciones forestales, Estación Experimental forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Especies posibles a utilizar

La EEFH cuenta con plantaciones de especies nativas, y se cuenta con conocimiento de su desarrollo en dichos sitios, por lo que el seguimiento de su uso es recomendable. Para efectos de ingresos en un plazo corto se ha analizado la posibilidad de establecer plantaciones de melina (*Gmelina arborea*) y teca (*Tectona grandis*), en los pastizales del sector norte de la EEFH (Gutiérrez 2013, comunicación personal).

Actividades a realizar en plantaciones según especie, época, sitio

Evaluación previa: la evaluación permite conocer el estado físico y las condiciones ambientales de los sitios. Efectuar los análisis correspondientes permite reconocer las deficiencias de cada sitio, así como sus ventajas sobre otros sectores de forma precisa. Si estos estudios no se realizan posiblemente la toma de decisiones será errónea, incurriendo en gastos innecesarios para la plantación (Fonseca 2004).

Selección de sitios: con base en la figura 17, se determinan los sitios primordiales a evaluar, la evaluación debe contar con análisis de suelos para determinar las actividades de preparación a emplear.

Inventario: debe evaluar el crecimiento de los individuos, dap, altura total y comercial, calidad de trozas, bifurcación, estado fitosanitario y posición sociológica, esto permitirá tener un registro de las plantaciones y de su desarrollo anual (Murillo 2003). Analizar el crecimiento de las especies permite elaborar los planes de manejo futuros de forma más precisa, ya que se determinan los incrementos corrientes anuales (ICA), incrementos medios anuales (IMA); con esta información se definen los turnos de cosecha por sector plantado (Ortiz 1994).

Monitoreo: se debe valorar las prácticas utilizadas, así como el cumplimiento de los objetivos de manejo establecidos para evaluar el funcionamiento de las prácticas silviculturales y replantear el manejo si fuese necesario.

Las actividades deben realizarse de forma anual (Cuadro 32), especificando un área a plantar por año de 95 ha.

Cuadro 32. Propuesta de actividades de establecimiento de plantaciones forestales de la Estación Experimental forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Actividad	Mes											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Evaluación previa	X	X										
Selección de sitios		X										
Definición de manejo			X									
Establecimiento												
Mecanización			X									
Marcaje				X								
Estaquillar				X								
Fertilizar					X							
Plantar					X	X						
Resembrar									X	X		
Inventario												X
Monitoreo												X

Si se establecen plantaciones mixtas se debe tener una planificación del manejo a aplicar ordenado a largo plazo, esto debido a que las mezclas de especies hacen el manejo muy complejo (Piotto *et al.* 2002). Las actividades a aplicar para las plantaciones dependerán de las condiciones de plantación (ej. espaciamento), suelos (fertilidad), topografía, objetivo de plantación (huerto semillero, plantación comercial, ensayo) y especies a usar o su respectiva mezcla.

Según la literatura, existen referencias que indican un rango de edad para el manejo silvicultural de las especies, sin embargo, el manejo dependerá directamente del comportamiento de cada especie en el sitio plantado, ya que pueden cambiar por factores de procedencia, condiciones

ambientales propias del sitio o alteraciones en los patrones de lluvia; el cuadro 33 muestra la propuesta de manejo para algunas especies.

Cuadro 33. Cronograma general de actividades de manejo según especie, propuesta de aplicación en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Especie	Actividad							
	Malezas	Deshija	Replante	Poda 1	Raleo 1	Raleo 2	Poda 2	Raleo 3 o aprovechamiento
Aceituno	Hasta año 2 ³			Año 3 ³	Año 5 ³	Año 10 ³	Año 6	Año 20 - 30 ³
Caoba	Hasta año 4 / 2 veces al año ⁴		Mes 3 ⁴	Año 3 ⁴	Año 7 ⁴	Año 13 ⁴	Año 8 ³	Año 22 ⁴
Cenízaro	Hasta año 3 / 2 veces al año ³			Año 3 ³				Año 25 ³
Guanacaste	Hasta año 3 / 2 veces al año ³			Año 2 ³				Año 25 ³
Guapinol	Hasta año 3			Año 2 ³				
Roble sabana	Hasta año 3 ³							
Ron ron	Hasta año 4 / 2 veces al año ⁴		Mes 4 ⁴	Mes 8 ⁴	Año 8 ⁴	Año 15 ⁴	Año 9 ³	Año 22 ⁴
Pochote	4 veces al año ³	Mes 8 ¹		Año 4 ³	Año 6 ³		Año 7 ³	Año 25 - 30 ¹
Laurel	Hasta año 3				Año 10 ⁵			Año 20 - 25 ³
Teca	Hasta año 3	Mes 8 ¹		Año 5 - 6 ²	Año 4 - 5 ²	Año 8 - 9 ²		Año 18 - 20 ²
Melina	Hasta año 3	Mes 8 ¹		*	*	*	*	Año 15 - 20 ¹
Cedro	Hasta año 3 ³							Año 20 - 30 ³

*Según Arias & Arguedas (2004) se debe aplicar la 1ª poda cuando el individuo alcance 4 m de altura y 5 cm de diámetro, la 2ª poda se realiza cuando el árbol llega a 8 m de altura y el diámetro a 11 cm, la 3ª poda a 12 m o cosecha final a 6 m. El raleo se basa en el Índice de Densidad del Rodal (IDR).

¹ Briscoe (1995), ² Fonseca (2004), ³ MARENA, INAFOR (2002), ⁴ PROECEN (S.F), ⁵ Salas. de las (1980).

Investigación

Dentro de las líneas de investigación en los ensayos a establecer existen temas de gran interés como lo son sistemas agroforestales, fertilización, ensayos de recuperación o rehabilitación de suelos.

Los sistemas agroforestales se plantean como otro sistema de producción sostenible, ya que son sistemas que permiten la conservación del suelo al plantar distintas especies que permiten el ciclaje de nutrientes y aportan materia orgánica suelo, así como la obtención de ingresos a corto plazo por la diversificación de los productos (CATIE 2001).

Este tipo de manejo junto con la aplicación de sistemas de drenajes adecuados permite la conservación de suelos, mejorando las condiciones por medio de mecanización del suelo, evitando

la compactación y permitiendo mayor profundidad efectiva para el crecimiento de raíces (FAO 2000).

Conclusiones

- * Del total de 95,67 ha de plantaciones con diversos fines, se cuenta con 35 ha de plantaciones mixtas de especies nativas, las cuales se encuentran en condiciones de aprovechamiento al tener altos volúmenes comerciales de especies de alto valor.
- * La EEFH cuenta con 951,44 ha efectivas de terreno propicias para establecimiento de nuevas plantaciones forestales con diferentes objetivos de manejo integrados a actividades de conservación de suelos.
- * Los sitios se clasificaron con capacidad de uso III y V, lo que indica debe aplicarse técnicas de mejoramiento del suelo antes de la reforestación ya que son sitios con características vérticas con presencia de deficiencias moderadas en profundidad efectiva, fertilidad, drenaje y pedregosidad media.
- * La aplicación de material genético mejorado dará resultados mayores en el rendimiento de cada plantación según sea su objetivo de manejo.
- * El manejo se debe adaptar según las especies a utilizar, la mezcla de especies y las condiciones del terreno, ya que el manejo de especies nativas mezcladas da un grado de complejidad mayor.
- * El monitoreo y evaluación constante de las plantaciones permite obtener información valiosa sobre su desarrollo según las condiciones de manejo, permitiendo realizar cambios para mejorar el rendimiento futuro y las aplicaciones de manejo en otros sitios de la región.

Bibliografía

- * Arias, D., Arguedas, M. 2004. Manejo de plantaciones. Manual para productores de melina en Costa Rica. In Rojas, F., Arias, D., Moya, R., Meza, A., Murillo, O., Arguedas, M. 2004. Manual para productores de melina *Gmelina arborea* en Costa Rica. Cartago. CR. p. 50-90.
- * Arze, B. 1980. Investigación para pequeños agricultores en zonas semi-áridas del Istmo Centroamericano. Turrialba. CR. CATIE. 17p.
- * Barrantes, A., Ugalde, S. 2013. Usos y aportes de la madera en Costa Rica. Estadísticas 2012. San José. CR. S.e. 30p.
- * Briscoe, C. 1995. Silvicultura y manejo de teca, melina y pochote. Turrialba. CR. CATIE. 45p. (Serie Técnica/Informe Técnico nº 270).
- * CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 2001. Funciones y aplicaciones de sistemas agroforestales. Eds. F. Jiménez, R. Muschler, E. Köpsell. Turrialba. CR. 187p. (Serie materiales de enseñanza/CATIE nº 46).
- * FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma. IT. S.e. 221p.
- * Fonseca, W. 2004. Manual para productores de teca (*Tectona grandis* L.f) en Costa Rica. Heredia. CR. 115p
- * Gutiérrez, M. 2013. Liberia. CR.. Área de Conservación Guanacaste (Comunicación personal).
- * Kass, D. 1996. Fertilidad de suelos. Ed. J. Núñez. San José. CR. EUNED. 237p.
- * MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR), MIRENEM (Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas, CR). 1991. Metodología para la Determinación de la Capacidad de Uso de las Tierras de Costa Rica. San José. CR. 50p.
- * MARENA (Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales, NI), INAFOR (Instituto Nacional Forestal, NI). 2002. Guía de especies forestales de Nicaragua. Editora de Arte S.A. 304p.
- * Murillo, O., Badilla, Y., Gallegos, A. 2003. Calidad en el establecimiento de plantaciones forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago. CR. Editorial Tecnológica. 36 p.
- * Ortiz, E. 1994. Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques. Cartago CR. Escuela de Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). 70p. (Serie de apoyo académico).
- * Piotto, D., Montagnini, F., Kanninen, M., Ugalde, L., Viquez, E. 2002. Comportamiento de las especies y preferencias de los productores. Plantaciones forestales en Costa Rica y Nicaragua. Revista Forestal Centroamericana (38): 59-66.

- * PROECEN (Proyecto Estudio de Comportamiento de Especies Maderables Nativas con Importancia Comercial del Bosque Húmedo Tropical en Honduras). S.F. Guías silviculturales de 23 especies forestales del bosque húmedo de Honduras. S.L. HN. S.e. 263p.
- * Salas, G de las. 1980. El laurel (*Cordia alliodora*); una especie forestal prometedora para el trópico americano: Evidencias en Colombia y Costa Rica. Turrialba. CR. CATIE. 13p.
- * Vásquez, W. 1996. Clasificación y selección de sitios para reforestar en la Región Chorotega, Guanacaste, Costa Rica. Turrialba. CR. CATIE. 58p. (Serie Técnica/Informe Técnico nº 283).

Plan de manejo de caminos

Estado actual de los caminos

Topografía

La mayor parte de los caminos cuentan con pendientes menores a 2%, pero existen sitios o puntos específicos con presencia de pendientes mayores al 20%, en tramos cortos de camino.

La topografía es irregular, siendo que algunos sitios los caminos se encuentran ubicados más abajo del terreno adyacente (Figura 18) y no se cuentan cunetas que permitan la evacuación del agua.

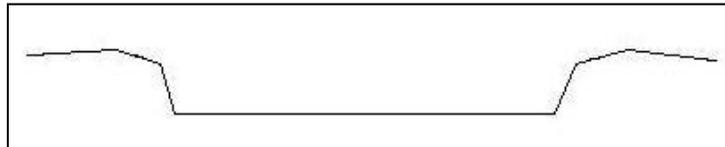


Figura 18. Condición topográfica de algunos caminos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Suelos

Los suelos en gran parte presentan características vérticas, los cuales se caracterizan por ser suelos plásticos (capacidad de expandirse en condiciones húmedas), produciendo condiciones malas de drenaje. Se debe considerar también la presencia de ganado en la EEFH, lo que provoca los suelos sean compactados y eviten de igual forma un drenaje adecuado.

Red hídrica

La EEFH cuenta con una red hídrica muy amplia, en varios puntos de los caminos existe circulación sobre las quebradas o ríos importantes.

Problemática de los caminos en la EEFH.

Los problemas comienzan con la época lluviosa, ya que los caminos de la EEFH son transitables en época seca; sin embargo, en esta época se produce una deformación de la capa de rodamiento, por el tránsito de los vehículos producto de la cantidad de polvo que se libera. Según las características descritas anteriormente, el mayor problema presente en la EEFH es el anegamiento de los caminos al inicio de la época lluviosa, debido a la saturación del suelo, esto se presenta en diferentes niveles, ya que existen puntos críticos con dificultades mayores de tránsito que en otros sitios.

Los puntos críticos afectan sectores que son vitales para la EEFH, ya que conducen a sitios con proyectos o caminos principales para monitoreo y patrullaje de control de caza e incendios. En los sitios planos, al no existir cunetas que redireccionen el movimiento del agua, esta se acumula en los caminos, y aunado al tipo de suelo, se crean “pegaderos” o sitios donde los vehículos quedan

atascados. En los sitios con pendiente alta, el agua escurre en medio del camino, erosionando el suelo y formando zanjas en la superficie de rodamiento, provocando también en algunos sitios el surgimiento de formaciones rocosas que provocan el deslizamiento de los vehículos.

Los caminos se clasificaron de forma general de la siguiente manera:

- 1- El camino no muestra anegamiento en época lluviosa.
- 2- Estos sitios tienen sectores aislados con mal drenaje, lo que provoca el anegamiento del camino en sectores puntuales.
- 3- Estos sitios presentan sitios frecuentes con condiciones fuertes de anegamiento y sitios con pedregosidad media-alta.

Cuadro 34. Longitud de caminos principales según clasificación de estado actual, Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Clasificación	Km	%
1	3,96	10,05
2	23,14	58,72
3	12,30	31,22
Total	39,41	100,00

Los caminos clase 1 son los que permite el paso con facilidad durante todo el año, pero deben brindarse mantenimiento rutinario, las clases 2 y 3 son transitables con dificultad en época lluviosa, siendo posible el paso para vehículos de doble tracción o que permitan adaptaciones. Sin embargo, la presencia de puntos críticos (Figura 20) no se da solamente en los caminos categorías 2 y 3, en los caminos en buen estado (clase 1) existen sitios puntuales que presentan condiciones específicas que afectan la calidad del camino y el tránsito de vehículos.

Caminos públicos

Los caminos que se encuentran en el límite norte y sector noroeste de la EEFH, que tienen una longitud de 8,77 km, presentan puntos críticos (Figura 19, puntos a y b), los cuales se debe aplicar un plan de mantenimiento, que consista en la construcción de cunetas, colocación de alcantarillas y conformación de la superficie de rodamiento con el fin de que brinden acceso durante todo el año.

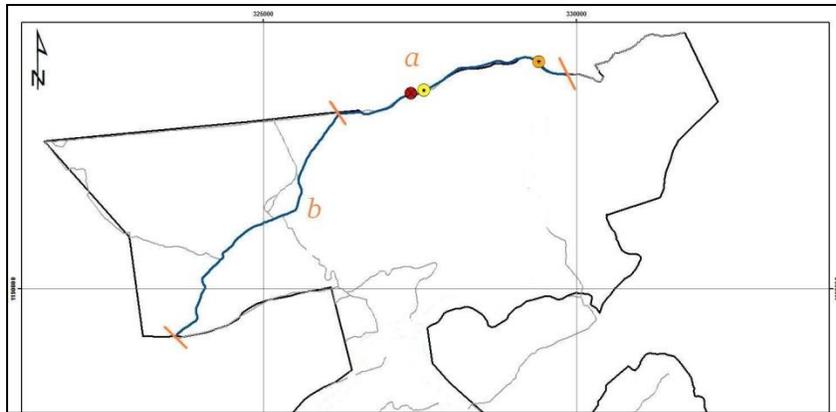


Figura 19. Identificación de caminos públicos en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

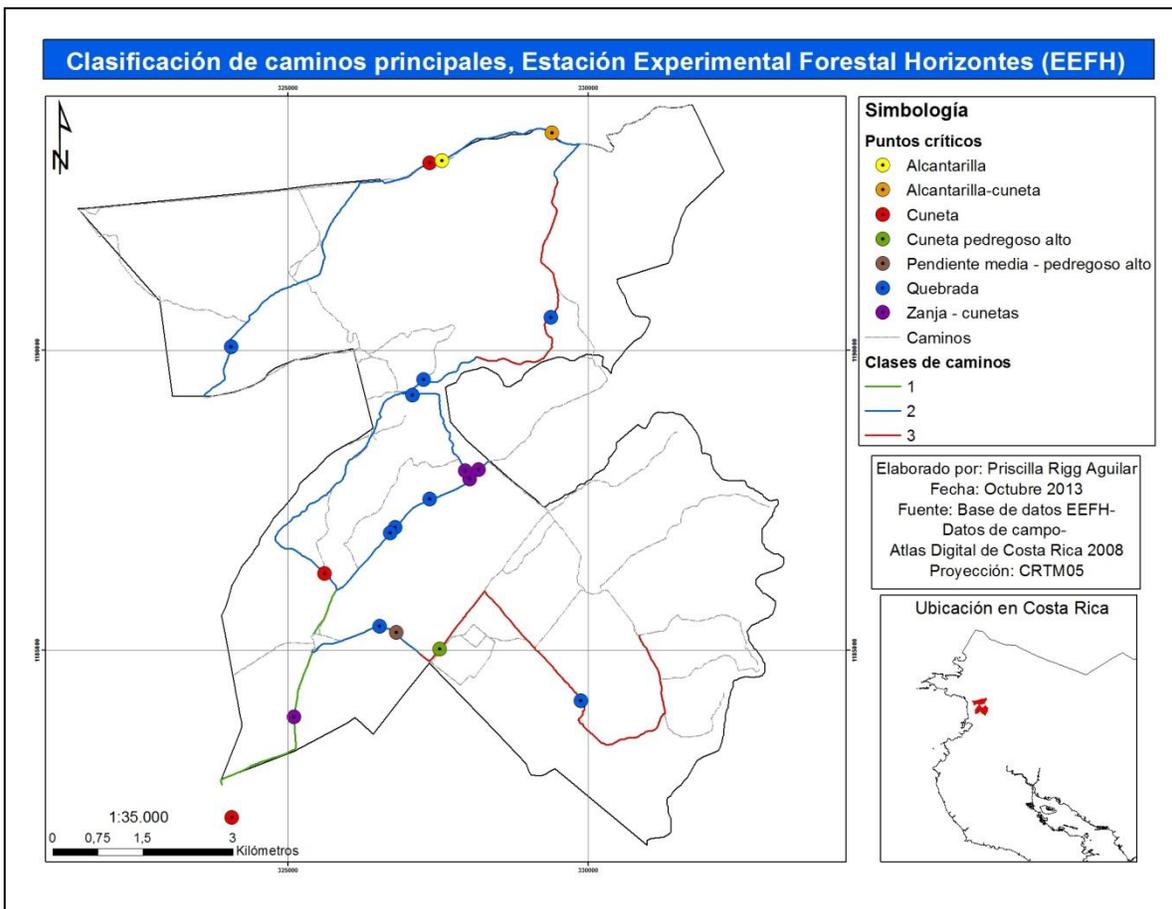


Figura 20. Mapa estado actual de los caminos de la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Mejoramiento de caminos

La principal actividad que debe realizarse es la intervención de los puntos críticos, los cuales se indican en la figura 20, esto para permitir el acceso a los sitios principales de la EEFH durante todo el año.

Sistema de drenajes

La elaboración de un buen sistema de drenaje (construcción de cunetas y colocación de alcantarillas), así como la conformación de la superficie de rodamiento, son la base del mejoramiento de caminos, ya que minimiza o elimina la energía generada por el movimiento del agua. Para que los drenajes sean funcionales se deben dirigir de forma uniforme, de manera que se drene el agua lejos de los caminos. (MOPT, GTZ 1998, Tejeiro 1993), evaluando y caracterizando en detalle las características del drenaje natural de cada sitio en época lluviosa (Keller y Sherar 2004).

Los suelos con condiciones malas de drenaje (vertisoles o suelos con alto porcentaje de arcilla conocida como zonso-cuitle), dificultan las labores y la persistencia del buen estado de los caminos, por lo que para este tipo de suelos se recomienda construir cunetas y colocar alcantarillas para prevenir los constantes cambios de volumen del suelo y disminuir su influencia en los caminos (MOPT, GTZ 1998).

Actividades

Cunetas: son zanjas laterales ubicadas paralelamente al camino, sirven de canal para recoger y evacuar el agua de lluvia proveniente del camino y zonas cercanas (MOPT, GTZ 1998, Tejeiro 1993). Antes de realizar la cuneta se debe determinar la pendiente y el punto donde se evacuará el agua, ya que en sitios planos el agua puede quedar estancada en la cuneta, provocando el aumento en volumen del suelo del camino.

En los sitios con pendiente o con presencia de zanjas, se debe detectar si la velocidad con la que el agua corre es media-alta, erosionando la cuneta, en este caso según la distancia del tramo de camino con alta pendiente, se deberá colocar frenos de torrente para disminuir la velocidad del agua.

Frenos de torrente: se construyen por lo general con troncos o piedras, en pendientes mayores a 12% se deben colocar cada 4 m.

Relleno: la cantidad de material a colocar depende del espesor promedio del camino y tipo de suelo (MOPT, GTZ 1998). Los sitios con zanjas son los prioritarios, en estos sitios se debe hacer una mezcla de lastre, de tal manera permita el movimiento del agua a las cunetas y evite el vehículo patine. En zonas secas, la excavación del material, relleno y compactación debe hacerse el mismo día, esto para facilitar la actividad de compactación con la humedad propia del material (Tejeiro 1993).

* **Abombamiento:** implica dar un perfil a la superficie de rodamiento del camino, que permita la fluidez del agua hacia las cunetas de los costados. Evita la erosión de la superficie del camino por la corriente del agua, y disminuye la infiltración (Tejeiro 1993). En el caso de la EEFH el bombeo puede aplicarse promoviendo un peralte hacia adentro (Figura 21), el cual implica inclinar hacia un costado el camino, costado donde se encuentre la cuneta para evacuar el exceso de agua (Keller y Sherar 2004).

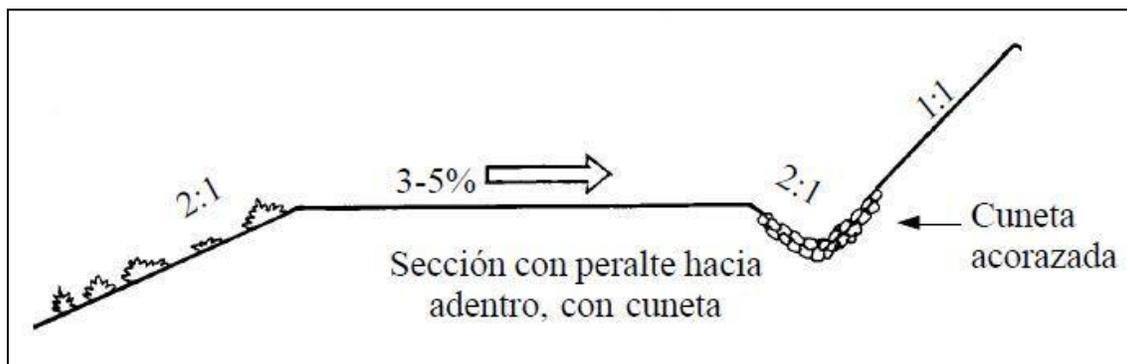


Figura 21. Opción de drenaje de los caminos con baja pendiente, camino con peralte hacia adentro. Fuente Keller y Sherar 2004

Alcantarillas: son ductos que permiten el paso de agua de un extremo del camino al otro. Se debe considerar las características propias de la red hídrica y del ciclo de precipitaciones en la EEFH, es decir, frecuencia de precipitaciones máximas, su intensidad y duración, con esto la ocurrencia de descargas máximas, tamaño de las quebradas, superficie de drenaje y topografía. En algunos sitios de los caminos de la EEFH, debe ubicarse alcantarillas que permitan el flujo del agua de un lado al otro del camino, y elevando la superficie de rodamiento en esos sectores, lo que ayudará a disminuir el anegamiento del camino, y permite que el agua fluya libremente.

Vados: son estructuras que permiten el paso del agua de una quebrada a través de una estructura segura (ejemplo alcantarillas) que contiene una superficie de rodamiento reforzada para el paso de vehículos, generalmente facilita el paso en época seca, ya que en época lluviosa el agua sobrepasa la estructura impidiendo el paso (Keller y Sherar 2004).

Puentes: se debe reforzar el puente en el sector sur de la EEFH, debido a que mejora el paso de vehículos, sin embargo, considerando un manejo forestal en ese sector, se deberá verificar la posibilidad de crear un vado en la quebrada aledaña para el paso de vehículos que transporten madera. En los otros sitios con pasos de quebradas debe evaluarse la construcción de alcantarillas o vados para permitir el paso de los vehículos sin provocar problemas de sedimentación.

Los caminos clase 2 y 3 en su totalidad necesitan de intervención para permitir el drenaje del agua y evitar los anegamientos a baja y media escala, esto debido a que los problemas de drenaje son muy frecuentes a lo largo del camino, no obstante, gran parte son de crear pequeños drenajes que permitan el escurrimiento del agua fuera del camino. En los sitios con pendientes se propone crear cunetas y colocar material de forma que las zanjas sean eliminadas y el camino quede nivelado.

Los suelos de los puntos críticos de pueden mejorar por medio de mezclas de material de aportación con el suelo natural, esto para evitar el deslave de las cunetas en sitios muy arcillosos (Tejeiro 1993).

Los caminos usados como cortafuegos no son prioridad de intervención ya que estos son utilizados en época seca, por lo que situaciones de anegamiento o uso de quebradas no provocan mayor problema.

Orden de elaboración del sistema de drenaje

La elaboración de las estructuras de drenaje debe llevar un orden funcional de las actividades (Tejeiro 1993), esto debido a que un orden lógico en las labores permite un uso eficiente de los recursos tanto de materiales como de personal.

Cuadro 35. Orden de elaboración de actividades de mantenimiento y mejora de caminos en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica.

Drenajes	Estructuras
Excavación de cunetas	Alcantarillas
Rellenos	Vados
Formación de abombamiento	Puentes
Frenos de torrente	

Mantenimiento

El mantenimiento de los caminos debe contemplar una serie de actividades establecidas de forma rutinaria o periódica, y la forma de aplicación puede ser manual o mecanizada. Se debe verificar problemas de erosión, sedimentación, alineamiento, infiltración o taponamiento (MOPT, GTZ 1998).

Se deben contemplar las siguientes actividades (MOPT, GTZ 1998):

Descuaje: eliminar las ramas que por su crecimiento obstruyen la visibilidad en el camino.

Desmonte: eliminar vegetación que ha crecido en el camino.

Chapea: mantenimiento de caminos mediante el control y corta de la vegetación.

Bacheo: colocar material en los sitios de camino donde existan hundimientos menores.

Limpieza de cunetas: consiste en el retiro de materiales que obstruyen el área de la cuneta, sea troncos, vegetación, piedras o sedimentos. Este material debe ser retirado cuando sobrepase un tercio de la profundidad efectiva de la cuneta.

Limpieza de alcantarillas: consiste en el retiro de materiales que impidan el paso del agua, como ramas, troncos, vegetación, piedras o tierra.

Limpieza de frenos de torrente: se debe eliminar la sedimentación, ramas o vegetación que obstruye el paso del agua con fluidez de los frenos, evitando el desbordamiento del agua por los costados del mismo (Tejeiro 1993).

Época y orden de realización de actividades prioritarias

Los puntos críticos deben intervenir en el siguiente orden de prioridad:

- * Puntos ubicados en las entradas principales de la EEFH (sector sur y norte).
- * Puntos ubicados en el camino interno central de la EEFH (dirección sur-norte).
- * Puntos ubicados en los caminos hacia las plantaciones forestales del sector sureste de la EEFH.

Las actividades de restauración deben realizarse a inicios de la época lluviosa (abril-mayo) en los sitios con puntos críticos prioritarios para la EEFH. El mantenimiento debe efectuarse a finales de la época seca (marzo-abril), por las condiciones de facilidad de ingreso a los sitios, y para que no haya un lapso grande entre el final de las labores y el inicio de la época lluviosa, evitando algún deterioro o daño hacia los trabajos hechos que afecten su funcionalidad.

Conclusiones

- * Un 46% de caminos internos de la EEFH (entre público y propio) se caracterizaron como caminos principales dada la conexión que permiten a sectores con proyectos importantes de restauración, reforestación control de incendios, monitoreo y patrullaje.
- * Del total de caminos, 10,05% se clasificó como clase 1, 58,72% clase 2 y 31,22% clase 3.
- * El tipo de suelo es el factor principal en las complicaciones de los caminos de la EEFH en época lluviosa, ya que presenta limitaciones severas en drenaje en muchos sectores.
- * La creación de un sistema de drenajes adecuado eliminará los problemas de anegamiento de los caminos.
- * La planificación a corto y mediano plazo de las actividades de mejoramiento y mantenimiento de los caminos permitirá el acceso a todos los sectores importantes de la EEFH durante ambas épocas del año, permitiendo la ejecución de los planes de manejo para bosque y plantaciones.
- * Se deben evaluar sectores de la EEFH que pueden tener potencial de funcionamiento como tajo para restaurar y mantener los sectores necesarios de la EEFH.

Bibliografía

- * Keller, G., Sherar, J. 2004. Ingeniería de caminos rurales. Guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales. Trad. Instituto Mexicano del Transporte. Secretaría de Transportes. MX. S.e. 158p.
- * MOPT (Ministerio de Obras Públicas y Transportes, CR), GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 1998. Conservación de caminos. Un modelo participativo. San José. CR. S.e. 484p. (Convenio Costarricense-Alemán de Cooperación Técnica. Proyecto MOPT/GTZ).
- * Tejeiro, R. 1993. Manual de construcción de caminos de tierra. Con utilización intensiva de mano de obra. Madrid. España. S.e. 103p.

Anexos

Anexo 1

La Estación Experimental Forestal Horizontes y el Corredor Biológico Rincón Cacao:

La investigación forestal en cifras.

Milena Gutiérrez

Priscilla Rigg

I. Proyectos de investigación establecidos a la fecha

Árboles Nucleares

Objetivo: Restaurar bosques en Parque Nacional Guanacaste (PNG) y Parque Nacional Santa Rosa (PNSR).

Breve descripción: Consistió en la siembra de árboles de especies nativas amenazadas o en peligro de extinción en círculos (islas) en medio de los pastizales de jaragua que componían la mayoría de las tierras de estos dos parques.

Fecha establecimiento: Se establece en los años 1989 a 1993

Beneficios: establecimiento de especies cuyos mecanismos de dispersión limitan su radio de regeneración y la generación de condiciones favorables en los sitios intervenidos para el desarrollo de nueva biodiversidad.

Publicaciones relacionadas:

- Molina, M. 2002. Inducción del proceso de restauración del Bosque seco Tropical en el Área de Conservación Guanacaste (ACG), Costa Rica. En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Funcionalidad de los árboles nucleares plantados en los procesos de restauración de bosque seco tropical del Parque Nacional Santa Rosa. 2010. Trabajo de investigación realizado en el curso Taller de Investigación. Ed. M. Gutiérrez, CU Liberia/UNED, CR.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Tesis de doctorado de la Universidad de Bangor de Gales, Inglaterra sobre la restauración activa en bosque seco tropical.

Tesis de maestría del Programa de Manejo y Conservación de Vida Silvestre de la Universidad Nacional, sobre el uso de animales dispersores naturales para reforzar las poblaciones del árbol Tempisque (*Sideroxylon capiri*).

Lo cual brindará información muy relevante para el manejo de nuestras ASPs con miras a la recuperación de los flujos de servicios ecosistémicos.

Parcelas homogéneas

Objetivo: Enriquecer los bosques secundarios con que ya contaba la EEFH y obtener la información necesaria para la restauración y/o enriquecimiento de los bosques secundarios secos del Área de Conservación.

Breve descripción: Proyecto de silvicultura de bosques en la EEFH. Consistió en la siembra de especies nativas tanto en condiciones de sombra como de alta luminosidad para obtener información aplicable a los bosques secos secundarios.

Fecha establecimiento: Establecido en los años 1990 a 1994.

Beneficios: se obtuvo información científica sobre los grupos ecológicos de las especies utilizadas, lo que permite hasta el día de hoy la selección de especies para siembra en las diferentes condiciones de cada sitio.

Publicaciones realizadas:

- Segnini, E. 1998. Enriquecimiento de una fase sucesional de Bosque Tropical Seco en el noroeste de Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Doctorado. Universidad Göttingen, Alemania.

Plantaciones Mixtas

Objetivo: Monitorear crecimiento anual e identificar el potencial de 14 especies para la producción forestal de la región.

Breve descripción: Proyecto de silvicultura. Consiste en la siembra en bloque de diferentes mezclas de especies de árboles de especies nativas de alto valor comercial.

Fecha establecimiento: Establecidos en los años 1991 a 1993.

Beneficios: desarrollo de información silvicultural de especies nativas de alto valor comercial, identificación, con base científica, de las especies nativas potenciales para la reforestación comercial, es un sitio laboratorio para investigación nacional y extranjera.

Publicaciones relacionadas:

- Bagantes, C., Serrato, A., Sojo, V. 2002. Estudio dasométrico de la especie *Swietenia humilis* (caoba) en plantaciones mixtas. Estación Experimental Forestal Horizontes. Escuela Ciencias Ambientales. Ingeniería Forestal. UNA.

- Bustamante, A., Brenes, R., Orozco, C. 2002. Estudio dasométrico de la especie cenízaro en plantaciones mixtas. Estación Experimental Forestal Horizontes. Liberia. Costa Rica. Escuela Ciencias Ambientales. Ingeniería Forestal. UNA.
- Cabezas, G., Chacón, F., Montero, J. 2002. Estudio dasométrico de *Enterolobium cyclocarpum* en plantaciones mixtas. Estación Experimental Forestal Horizontes. Liberia. Costa Rica. Escuela Ciencias Ambientales. Ingeniería Forestal. UNA.
- Carpio, I., Sanchún, A. S. F. Clave dendrológica y características anatómicas de la madera para especies restringidas en Centro América. (en línea). Laboratorio de Productos Forestales del Instituto de Investigaciones en Ingeniería (INII), Universidad de Costa Rica. Disponible en: <http://www.inii.ucr.ac.cr/lpf/>.
- Czarnowski, M. 2002. Suitability of native tree species for reforestation in the tropical dry forest of Costa Rica. Tesis para optar por el grado de maestría. Universidad de Göttingen, Alemania.
- Gei, M. Powers, J. 2013. Do legumes and non-legumes tree species affect soil properties in unmanaged forests and plantations in Costa Rican dry forests? *Soil Biology & Biochemistry*. 57:264-272.
- Mora, F., Gutiérrez, M., Orozco, C., Brenes, R. 2002. Reconstrucción del crecimiento de tres especies nativas en la EEFH a través de la técnica de análisis fustal, Liberia, Guanacaste. En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Muñoz, F., Valverde, B. 1999. Propiedades mecánicas de las maderas de Pochote, Guanacaste y genízaro provenientes del raleo de plantación en la estación Experimental Forestal Horizontes. En Guanacaste. Laboratorio de productos forestales. Instituto Investigaciones en Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica. UCR.
- Obando, M. 2010. Condición silvicultural y propiedades físicas y generales de la madera de *Enterolobium cyclocarpum* y *Samanea saman* en plantaciones mixtas de 19 años con especies nativas, en la Estación Experimental Forestal Horizontes, Liberia, Guanacaste. Tesis para optar por el grado de Licenciatura. Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR. Cartago, Costa Rica.
- Segura, M. 2012. Evaluación de la plantación mixta de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb y *Samanea saman* (Jacq.) Merr en la Estación Experimental Forestal Horizontes en Liberia, Costa Rica. Escuela de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. UNA. Heredia, Costa Rica.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Trabajo de investigación sobre fijación de carbono con especies nativas del Laboratorio de Productos Forestales, INII-UCR.

Proyecto de mejoramiento genético para cinco especies nativas con la Escuela de Ingeniería Forestal (EIFO) del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), se establecerán con esto cinco nuevos ensayos de progenie.

Estudio sobre la características físico-mecánicas y la industrialización de la madera de *Enterolobium cyclocarpum* y *Samanea saman* por parte del Centro de Investigación en Integración Bosque Industria CIIBI del ITCR.

Todos estos trabajos son de carácter extractivo por la naturaleza de la investigación silvicultural.

Parcelas de Muestreo Permanente en Bosque

Objetivo: Monitorear el bosque seco tropical.

Breve descripción: Consiste en el establecimiento de unidades de muestreo permanente en diferentes condiciones de bosque seco tropical (Parque Nacional Guanacaste 1991 y la Estación Experimental Forestal Horizontes 2012), para la obtención de información sobre dinámica poblacional y composición de los bosques secos del noroeste de Costa Rica.

Fecha establecimiento: Primeras parcelas establecidas en el año 1991, posteriormente en el 2012 se completa la red.

Beneficios: obtener información sobre el crecimiento y desarrollo del bosque seco tropical para mejorar la toma de decisiones sobre el manejo de los bosques secos de la región Chorotega, monitorear cambios en el comportamiento de las poblaciones relacionado a agentes de cambio externos como el cambio climático.

Publicaciones relacionadas:

- Día de campo para profesionales forestales. Dinámica y potencial económico de los bosques secundarios secos en la región Chorotega. Costa Rica. 1999. Ed. Alfaro, E., Berrocal, A., Bartie, G., Spittler, P.
- Fonseca, W., Chaves, E., Mora, F., Meza, V. 2002. Dinámica y composición del bosque seco tropical. En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Hernández, G., J. Jiménez, M., Sánchez, V., Meza, A., Morera., M. Gutiérrez. 2009. Dinámica y composición del bosque seco tropical de Guanacaste a partir de parcelas permanentes de muestreo/PPM (en línea). Universidad Nacional: Heredia, Costa Rica. Disponible en: http://www.una.ac.cr/observatorio_ambiental/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=21&catid=44&Itemid=37
- Meza, V., Mora, F. 2002. Crecimiento del diámetro y del área basal en tres parcelas permanentes en el bosque seco tropical, Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica. En: Ecosistemas

forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

- Reyes, D. 2012. Análisis de los procesos de restauración pasiva para un bosque tropical seco en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste, Costa Rica.
- Spittler, P. 2001. Potencial de manejo de los bosques secundarios en la zona seca del noroeste de Costa Rica. Tesis para optar por el grado de Doctorado. Universidad de Göttingen, Alemania.
- Spittler, P. 2002. Alternativas de manejo de los bosques secundarios secos de la Región Chorotega y su análisis financiero. En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Spittler, P. 2002. Dinámica de los bosques secundarios secos en la Región Chorotega, Costa Rica. En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Como parte de la Red de Monitoreo de Ecosistemas Forestales de nuestro país, la información de las parcelas de muestreo permanente en bosque son investigación continua. Por lo que se mantiene una relación estrecha, tanto con el Instituto de Investigación y Servicios Forestales (INISEFOR) de la Universidad Nacional, como con la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Estudios de dinámica del bosque

La estación cuenta con los siguientes estudios sobre la composición de flora y fauna del bosque seco del país.

- Estudiantes de la VII Promoción del Programa Regional de Maestría en Manejo de Vida Silvestre de la UNA. (1995). Levantamiento del mapa de cobertura, hábitats y vida silvestre de la Estación Experimental Forestal Horizontes. Laboratorio Manejo de Vida Silvestre. UNA.
- Gerhardt, K. 1994. Seedling development of four tree species in secondary tropic dry forest in Guanacaste, Costa Rica. Sweden. Uppsala University.
- Identificación y descripción de especies forestales en bosques secundarios de diferentes estadios sucesionales de la Estación Experimental Forestal Horizontes. (Documento proyecto nº 53).
- Vander, R. 1999. Factors that determine the presence of *Enterolobium cyclocarpum*. Department of Forestry. Section of Silviculture and Forest Ecology. The Netherlands Wageningen Agricultural University.

Estudios de suelos y formaciones rocosas

- Winters, A.E. 1997. Soils on the Pleistocene Ignimbritic Bagaces formation. Guanacaste. Costa Rica. Agricultural University Wageningen. The Netherlands Department of soil Science and Geology.

Ensayo de espaciamentos

Objetivo: identificar las especies y requerimientos de siembra y manejo que se deben utilizar en los diferentes proyectos de reforestación comercial con especies nativas, aplicable a fincas privadas de la región

Breve descripción: Proyecto de silvicultura de especies nativas en la EEFH que consiste en siembras a diferentes distanciamientos con especies nativas.

Fecha establecimiento: Establecido en 1994.

Publicaciones relacionadas:

- Gutiérrez, M. 2002. "Densidad inicial de siembra para Cocobolo (*Dalbergia retusa* Hemsl)" En: Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica. INISEFOR, Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Islas de regeneración en bosque húmedo

Objetivo: Restaurar los bosques húmedos en el Corredor Biológico Rincón-Cacao.

Breve descripción: Primer proyecto de restauración de bosques húmedos en pastizales. En el Corredor Biológico Rincón Cacao, que nace para unir el Parque Nacional Rincón de la Vieja con el Parque Nacional Guanacaste consolidando así el corredor altitudinal que representa el ACG a través de sus áreas silvestres protegidas.

Consiste en el establecimiento de islas de regeneración con diferentes especies y una fuerte intervención de los suelos y la cobertura de pastizal, metodología obtenida en un taller con la participación de varios científicos y académicos conocedores de este tipo de bosques.

Fecha establecimiento: Establecidas entre 1995 y 1998.

Beneficios: es el primer proyecto de restauración de bosques húmedos, sentó las bases para los nuevos proyectos que se han realizado en este tipo de bosques, permitió ir mejorando las técnicas de siembra potencializando la colaboración de los ecosistemas adyacentes, con el fin de hacer más corto el proceso de regeneración y de esta forma ir cambiando el paisaje de pastizales a bosques en las zonas protegidas en el menor tiempo posible. Debido a la categoría de manejo y la tenencia, el proyecto permite la experimentación en técnicas de restauración con bosques húmedos, ecosistema no representado en tierras de la EEFH. Este proyecto fue financiado por la organización Children's Rain Forest de Japón.

Publicaciones relacionadas:

- Kang, K., Van Klompenburg, G., Taylor, E., Shih, J., Schwendener, C., Allen, J. 1997. Comparación de la composición de especies entre islas de regeneración plantadas en 1995 y 1996 en el Corredor Biológico Rincón-Cacao. Curso de Ecología. Universidad de Columbia, Estados Unidos.
- Morales, D, & Brenes, G. 1994. Restauración bosque húmedo tropical en áreas de pastizales dentro del Corredor Biológico Rincón-Cacao.). Parque Nacional Santa Rosa. Costa Rica.
- Morales, D. & Carmona, F. 1997. Proyecto Restauración de Bosque Corredor Biológico Rincón-Cacao. (Informe técnico final de la ejecución del proyecto). Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). ACG.
- Morales, D. 1995. Proyecto restauración de bosque en pastizales dentro del Corredor Biológico Rincón-Cacao.
- Tyler, M., Tittmann, P., Carbone, J., Yamamuro, A. 1998. Variaciones locales en la reforestación en un área de corredor ubicada entre los Parques Nacionales Volcán Rincón de la Vieja y Volcán Cacao. Programa de Educación en el Extranjero. Universidad de California. Estados Unidos.

Huerto semillero clonal de pochote (*Bombacopsis quinata*)

Objetivo: Establecer huertos semilleros de alta calidad de pochote (*Bombacopsis quinata*)

Breve descripción: Consiste en una colección de 40 clones representados por un total de 10 ramets por cada clon. Se efectuó en la EEFH mediante la colaboración estrecha con el antiguo Banco de Semillas de la desaparecida Dirección General Forestal (DGF).

Fecha establecimiento: Establecido en 1996.

Beneficios: Es desde los primeros años y hasta la fecha uno de los sitios de producción y extracción de semilla de Pochote de alto valor genético, así reconocido por el Banco de Semillas Forestales del CATIE, provee semillas tanto a la Estación como a otros proyectos de reforestación en la región mesoamericana.

Publicaciones relacionadas:

- Espinoza, C. (1998). Polinización manual y natural de Pochote *Bombacopsis quinata* (Jacq) Dugand (Malvales: Bombacaceae) en un huerto semillero clonal en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste. Costa Rica. Programa Regional de Manejo de Vida Silvestre. Proyecto de aprovechamiento de polinizadores naturales. Universidad Nacional (UNA).
- Looft, K. 1999. Comparación de eficacia de polinización manual y polinización por polinizadores naturales del árbol *Bombacopsis quinata* Jacq Dugand Malvales: Bombacaceae en un huerto semillero clonal y en una plantación en la Estación Experimental Forestal Horizontes. Guanacaste. Costa Rica. Universidad Nacional (UNA). Escuela Ciencias Biológicas.

- Muñoz, F. & Valverde, B. (1999). Propiedades mecánicas de las maderas de Pochote, Guanacaste y genízaro provenientes del raleo de plantación en la estación Experimental Forestal Horizontes en Guanacaste. (Informe final). Laboratorio de productos forestales. Instituto Investigaciones en Ingeniería. Facultad de Ingeniería. Universidad de Costa Rica (UCR).

Árboles semilleros del Bosque Seco

Objetivo: Abastecer e material genético para reforestación.

Breve descripción: Consiste en una selección de árboles de características fenotípicas superiores para la producción de semilla en terrenos de la EEFH, con una colección de 26 especies nativas que incluye la totalidad de las especies amenazadas y en peligro de extinción de la región y una base de 775 árboles, de las mejores características fenotípicas por especie.

Fecha establecimiento: Establecido entre 1997 y 1998.

Beneficios: es la única fuente autorizada de semillas tipo C, según los criterios de la Oficina Nacional de Semillas y representan una de las fuentes más saludables de semilla de estas especies. Mediante este proyecto y el Huerto de Pochote, la EEFH es, hoy en día, una de las principales fuentes de extracción de semillas de especies nativas, para lo cual se trabaja en alianza con El Banco de Semillas Forestales del CATIE y la empresa Semillas y Bosques S.A.

Publicaciones relacionadas:

- Gutiérrez, M., 2000. Catálogo de los Árboles Semilleros del Pacífico Seco, seleccionados por el Programa de Restauración y Silvicultura. Estación Experimental Forestal Horizontes. Área de Conservación Guanacaste. Costa Rica.
- Molina, M., Brenes, G., Morales, D. 1996. Descripción y viverización de 14 especies forestales nativas del bosque seco tropical. Editorial Esfera. Grecia, Costa Rica.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Se encuentra en ejecución una tesis de Licenciatura del Instituto Tecnológico de Costa Rica sobre monitoreo fenológico de árboles semilleros, para documentar efectos del cambio climático en los patrones reproductivos de las especies y, con ello, mejorar la toma de decisiones en cuanto a actividades de manejo de estas especies en las áreas silvestres protegidas. Este proyecto viene a solventar un vacío de información identificado en el seno de la Red de Monitoreo de Ecosistemas Forestales para el ecosistema BsT.

Parcelas de uso múltiple

Objetivo: Establecer y evaluar plantaciones de uso múltiple.

Breve descripción: se estableció en el Corredor Biológico Rincón Cacao. Consiste en una combinación de especies que permite aprovechar al máximo los residuos de las actividades del

manejo forestal, ya que la especie acompañante se caracteriza por tener diferentes usos como leña, postería, forraje y fijación de carbono; y de esta forma concentrar los cuidados silviculturales y los costos de mantenimiento, en los árboles que serán objeto de una cosecha final con fines de madera para aserrío optimizando los costos del proyecto.

Fecha establecimiento: Establecidas en 1998.

Beneficios: Nace de la experiencia generada en el proyecto de plantaciones mixtas, con un enfoque más social dirigido a pequeños productores o parceleros, que no cuentan con grandes cantidades de terreno, ni de recursos.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Es una investigación que se encuentra en curso, pues se requiere el establecimiento de las repeticiones en bosque seco (EEFH) y la posterior extracción, troceo y cubicaje para la realización de los estudios de productividad y costos.

Restauración con melina (*Gmelina arborea*) para el control de pastizales

Objetivo: Evaluar el método de control de pastizales con la especie *Gmelina arborea*.

Breve descripción: Corresponde al segundo proyecto de restauración en bosques húmedos. Financiado a través de la Fundación WEGE. Consiste en la utilización de plantaciones de melina sin manejo silvicultural, como mecanismo de control de pastizales a través de la ocupación del dosel.

Fecha establecimiento: Establecido entre los años 1999 y 2000.

Beneficios: Inicialmente, un proyecto muy controversial debido a la utilización de una especie exótica en un proceso de restauración de bosques, pero una opción muy viable en su momento, pues de acuerdo al primer proyecto realizado para bosque húmedo (islas de regeneración), donde se descubrió que el elemento clave para la restauración de este tipo de ecosistema era la sombra, la melina ofreció, por su crecimiento tan agresivo, la oportunidad de generar sombra en un lapso muy corto y con esto re-establecer el flujo de servicios ambientales del bosque húmedo en ese sector del Caribe en un tiempo récord. Siendo que melina no está participando en la dinámica de esos bosques.

Publicaciones relacionadas:

- Barquero, F., Azofeifa, M. 2012. Evaluación del comportamiento de la regeneración natural en sitios plantados, con *Gmelina arborea* como una técnica de restauración en sitios dominados por pastos dentro del Corredor Biológico Rincón-Cacao, Guanacaste, Costa Rica. Tesina de graduación para optar por el título de Bachiller en Ingeniería Forestal. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.
- Carmona, F., Gutiérrez, M. 2002. Informe de avance: Monitoreo de la regeneración del Bosque Húmedo utilizando melina (*Gmelina arborea*), como herramienta para la eliminación de pastos en

el Corredor Biológico Rincón-Cacao. Área de Conservación Guanacaste. SINAC-MINAE. Liberia, Guanacaste.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Este es un proyecto que aún se encuentra en proceso de evaluación, pues a pesar de haberse demostrado que melina no está participando en los procesos de regeneración y repoblación de los sitios intervenidos, se deberán tomar las acciones de manejo en los momentos en que la investigación así lo indique, para la eliminación total de la melina establecida como herramienta en el proceso de regeneración.

Ensayos de progenie de Cocobolo (*Dalbergia retusa*) y Ron ron (*Astronium graveolens*)

Objetivo: Obtener material genético de calidad para establecer plantaciones comerciales.

Breve descripción: Proyectos de silvicultura enfocados en el mejoramiento genético de las semillas de estas especies para la productividad forestal. Establecidos en coordinación con el Programa de Semillas Forestales (PROSEFOR) del CATIE.

Fecha establecimiento: Establecidos en el año 2000.

Beneficios: estos proyectos representan una fuente de material genético para el establecimiento de proyectos de reforestación comercial, pues de las poblaciones de árboles de estas especies que se ubican en áreas protegidas, no cuentan con autorización legal para la extracción comercial de semilla.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Estos proyectos se encuentran en la primera etapa del proceso de selección de familias e individuos, a través de la eliminación y extracción de los individuos no deseados, mediante un raleo que se efectuará como parte de la práctica que deben realizar los estudiantes del curso de Mejoramiento Genético, año 2013, de la carrera de Ingeniería Forestal del ITCR, donde además se obtendrán datos acerca de crecimiento, productividad y calidad de madera de estas dos especies en condiciones de plantación forestal. A partir de esto, se podrá ofrecer semilla certificada tipo B y de continuar esta línea, cumpliendo con la comprobación de la semilla que se logre obtener, la calificación del huerto podrá alcanzar el nivel A, que es el nivel máximo a que se puede aspirar en el proceso de mejoramiento genético de semillas.

Ensayo de crecimiento y conservación ex situ de Guayacán real (*Guaiacum sanctum*)

Objetivo: Evaluar la especie Guayacán real para su manejo y conservación.

Breve descripción: Proyecto de silvicultura y conservación. Única parcela de esta índole establecida para la especie en nuestro país con información de carácter público. De la cual se cuenta con información sobre tratamientos de germinación, así como de su crecimiento en condiciones de plantación normal y con enmiendas de nutrientes.

Fecha establecimiento: Establecido en el año 2000.

Publicaciones relacionadas:

- Gutiérrez, M. 2000. Resultado de algunas pruebas de germinación para Guayacán real, en la Estación Experimental Forestal Horizontes, ACG. PRS-ACG. SINAC-MINAE. 7p

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Hoy día el mayor valor de esta parcela reside en la posibilidad de convertirse en uno de los proyectos clave de conservación para la especie, y pronto será evaluado mediante marcadores genéticos para determinar el valor del mismo desde esta disciplina a través de un proyecto que dirige la Escuela de Ingeniería Forestal del ITCR.

Patrimonio Vivo ACG

Objetivo: Restaurar los bosques para restablecimiento de servicios ecosistémicos

Breve descripción: Se realiza en bosque húmedo tropical. Consiste en un ensayo de siembra con especies nativas, entre ellas *Vochysia guatemalensis* (especie nativa de alto potencial para la extracción comercial) y otras nativas de bosques húmedos, que permita el control de los pastizales y el desarrollo de la cobertura nativa semejante a bosque, pero que permita la extracción de madera en algunos ciclos de la plantación.

Fecha establecimiento: Establecido en el año 2010.

Beneficios: Es un sistema de siembra completamente innovador, pues permitirá el establecimiento de una cobertura equivalente a bosque en un sitio que actualmente es pastizal, con la posibilidad de extraer madera para uso comercial.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Por ser uno de los proyectos más recientes y apenas en etapa inicial de desarrollo, aún no cuenta con publicaciones asociadas. Sin embargo, ya es parte de los temas de tesis por desarrollar que se presentan a las universidades.

Plantación en mezcla de nativas de rápido crecimiento para el control de pastizales

Objetivo: Establecer un proyecto modelo de restauración de bosques para su aplicación en restauración de pastizales en los sectores húmedos de PN Rincón de la Vieja y PN Guanacaste.

Breve descripción: Aún se encuentra en etapa de siembra, se realiza en el Corredor Biológico Rincón Cacao, que es el sitio que ha permitido la experimentación en tema de bosques húmedos. Financiado como parte de una propuesta presentada ante el Proyecto SIEPAC, en el marco de su Plan de Gestión Ambiental. Consiste en la siembra de diferentes especies nativas de bosque húmedo de rápido crecimiento y cierre de copas, que permita el control de los pastizales, tal como

se hizo en el proyecto de Melina, pero esta vez, utilizando especies nativas que se han ido identificando con estas características de crecimiento.

Fecha establecimiento: Se inicia la siembra en el año 2011, se espera finalizar en este año 2013.

Beneficios: Por ser un proyecto muy reciente, aún falta mucha investigación y seguimiento por realizar, para lograr identificar todos los beneficios o potencial aplicación de esta nueva metodología de restauración de bosques, pero se puede identificar desde el arranque, que uno de los principales beneficios será la disminución del tiempo que se requiere para su seguimiento. Pues, una vez comprobado el cierre de copas y el incremento en los índices de biodiversidad, no se requerirán actividades de manejo para eliminar las especies plantadas, pues al ser nativas, la misma dinámica sucesional del bosque se encargará de su sustitución, eliminación o propagación.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Por ser uno de los proyectos más recientes y apenas en etapa inicial de desarrollo, aún no cuenta con publicaciones asociadas. Sin embargo, ya es un proyecto de interés para desarrollar algunos temas de tesis con estudiantes de la Universidad de Minnesota.

La Esperanza, recuperación de suelos degradados por cultivo de algodón

Objetivo: Evaluar métodos de restauración de bosque en sitio con suelos marginales.

Breve descripción: Ensayo de restauración en bosque seco con suelos altamente degradados por compactación y residuos de agroquímicos debido al uso agrícola anterior. Se realiza en terrenos de la EEFH y consiste en la preparación de terrenos mediante una red de subsolado a 50 cm de profundidad para romper las capas endurecidas del suelo, sembrando solamente especies leguminosas con altas tasas de recambio de biomasa que permitan una rápida recuperación de la estructura del suelo y con ello las posibilidades de regeneración de otras especies intolerantes a las condiciones que presentaba el sitio sin intervención.

Fecha establecimiento: Se establece entre los años 2011 y 2012.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Por ser uno de los proyectos más recientes y apenas en etapa inicial de desarrollo, aún no cuenta con publicaciones asociadas. Sin embargo, ya es un proyecto de interés a desarrollar en coordinación con la Universidad de Minnesota y la organización iACG (asociación de investigadores internacionales del ACG).

Túnel verde

Objetivo: Enriquecer la franja de 12 km de bosques que colindan con la Carretera Interamericana a la altura de Parque Nacional Santa Rosa y Parque Nacional Guanacaste.

Breve descripción: Este sector, debido a la protección que han venido realizando los diferentes programas del ACG, contaba hasta el 2011 con alguna cobertura vegetal, desde pastizales hasta bosques secundarios de estadios jóvenes, donde predominan las especies arbóreas de tipo decíduo, lo que provoca, además de la acumulación de gran cantidad de material combustible, el ingreso de una buena cantidad de luz al suelo que favorece la permanencia de gramíneas y con ello la presencia de aún más combustible, siendo este sitio presa fácil de los incendios forestales durante la época seca. Adicionalmente, este sitio representa la conexión entre los parques nacionales antes mencionados y al no existir una cobertura boscosa que favorezca, al menos, a especies arborícolas aunado a la alta velocidad con que se transita en este sector de la carretera, se convierte en uno de los sitios con mayores niveles de mortalidad de especies silvestres, razón por la cual se creó el Túnel Verde. Conociendo esta realidad, el Programa de Restauración y Silvicultura de la EEFH, aprovechando la posibilidad de financiamiento con el proyecto SIEPAC, se propone realizar la siembra de enriquecimiento del sitio, con especies siempreverdes gigantes del bosque seco que permitan a un menor plazo proveer un dosel sobre la carretera que facilite el tránsito de animales arborícolas y a la vez que permita crear un paisaje diferenciado que favorezca la concienciación de los conductores que transitan por el sector, para que reduzcan la velocidad en ese tramo de la carretera.

Fecha establecimiento: Se establece entre los años 2011 y 2012.

Beneficios: el sector cuenta hoy en día con árboles siempreverdes, que de forma natural hubiesen ido colonizando el sitio en un muy largo plazo. Además, se están generando condiciones especiales que permitirán mayor sobrevivencia de especies silvestres y mayor posicionamiento en la sociedad de la importancia de un Sitio de Patrimonio de la Humanidad, convirtiéndose además este proyecto en un modelo a seguir para el trabajo en áreas de alto impacto en otras ASPs que enfrenten la situación similar de colindar o se cruzadas por una carretera.

Ensayo de crecimiento de *Paulownia elongata*

Objetivo: Evaluar el comportamiento de la especie *Paulownia elongata* para su uso comercial.

Breve descripción: Proyecto de silvicultura comercial. *Paulownia elongata* es una especie que se está introduciendo al país como especie exótica con potencial para reforestación comercial. Se encuentra en su etapa inicial de experimentación, para conocer su adaptación, ritmo de crecimiento y posibilidades de uso, experimento en el cual la EEFH, como parte de la red del Bosque Modelo Chorotega, está aportando la generación de conocimiento sobre la especie en una de las regiones más secas del país y tratamientos silviculturales no tradicionales a través del cultivo libre de agroquímicos, lo cual será un componente importante de la investigación que se realiza a nivel de la región.

Fecha establecimiento: Establecido en el año 2012.

Beneficios: generación de conocimiento y protocolos de siembra y mantenimiento silvicultural de una especie con potencial para la reforestación comercial, que podrá ser utilizado de forma completamente democrática por los productores a nivel nacional.

Trabajos de investigación relacionados desarrollándose en la actualidad:

Como todo proyecto de silvicultura que realiza la EEFH, cuenta con su base de datos que se actualiza de forma anual. Se espera, iniciar con la generación de información de crecimiento desde este año y completar el ciclo investigativo con su aprovechamiento dentro de diez años, tiempo estimado de crecimiento para el uso comercial de la especie.

Actividades de gestión ambiental

Objetivo: Establecer y desarrollar actividades que promuevan el mejor uso de los desechos para cuidar el ambiente.

Breve descripción: se cuenta con un proyecto de lombricompost elaborado para utilizar los desechos de la estación y así producir abono orgánico, el cual es utilizado dentro de la estación para los proyectos de reforestación.

Publicaciones relacionadas:

- Matarrita, E. 2011. Determinación del potencial para la producción de compost y lombricompost en la Estación Experimental Forestal Horizontes (EEFH). Área de Conservación Guanacaste (ACG). Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar. Escuela Ciencias Ambientales. UNA.

II. Planes a corto plazo

A partir de este año, además de haberse iniciado el proceso de elaboración del plan de manejo de la Estación, se espera la formalización de relaciones con proyectos como el Eólico Orosí, Eólico La Perla y Eólico Miramar, que, a través de sus planes de Gestión Ambiental, estarán financiando nuevos proyectos de investigación en restauración y silvicultura de bosques.

Adicionalmente, se está trabajando en una carta de entendimiento con el iACG, que permita el apoyo en investigación de diferentes universidades extranjeras, entre ellas la Universidad de Minnesota, que ya inició su trabajo con la estación.

En la misma línea, se espera para este año iniciar el proceso de formalización de las relaciones con la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el Laboratorio de Productos Forestales de la Universidad de Costa Rica y/o la Escuela de Ciencias Ambientales y el Instituto de Investigación y Servicios Forestales de la Universidad Nacional, lo cual pretende, al igual que el plan de manejo, documentar las relaciones existentes y acciones en común para que no se vean entorpecidas en caso de cambios en las jefaturas de cualquiera de las instituciones.