

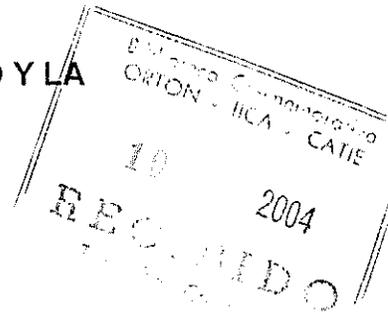
Desempeño ambiental de la Certificación Forestal y el Pago por
Servicios Ambientales, como mecanismos de promoción del
manejo sostenible de bosques naturales en Costa Rica

SARA RUTH YALLE PAREDES

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA
CONSERVACIÓN

ESCUELA DE POSGRADUADOS



**DESEMPEÑO AMBIENTAL DE LA CERTIFICACION FORESTAL
Y EL PAGO POR SERVICIOS AMBIENTALES, COMO
MECANISMOS DE PROMOCION DEL MANEJO SOSTENIBLE
DE BOSQUES NATURALES EN COSTA RICA**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgraduados, el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza y como requisito parcial para optar al grado de:

Magíster Scientiae

Por:

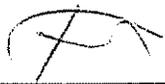
Sara Ruth Yalle Paredes

Turrialba, Costa Rica
2004

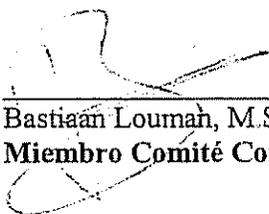
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



José Joaquín Campos, Ph.D.
Consejero Principal.



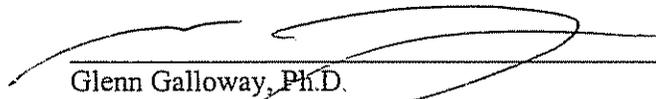
Bastiaán Louman, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



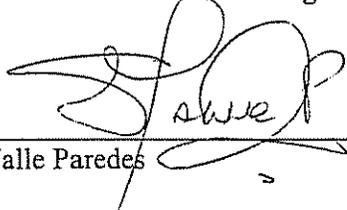
Róger Villalobos, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Marlen Camacho, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Glenn Galloway, Ph.D.
**Director Programa de Educación y
Decano de la Escuela de Posgrado**



Sara Ruth Yalle Paredes
Candidata

DEDICATORIA

A Dios, nuestro señor, por su infinita misericordia...

A mi hijo, que es el motivo diario de mi esfuerzo y mi razón de vivir...

A mi madre, porque sin su amor y su apoyo, no me hubiera sido posible alcanzar esta meta.

AGRADECIMIENTO

Al Dr José Joaquín Campos A., Consejero Principal, por su excelente asesoría en el desarrollo de esta investigación, por su enseñanza impartida y por su amistad.

Al M.Sc. Bastian Louman, por su excelente orientación en el desarrollo de esta investigación y por su tiempo compartido en el minucioso análisis de los resultados, por su valiosa enseñanza y por su amistad.

A los M.Sc. Marlen Camacho y Roger Villalobos, por los valiosos aportes para el desarrollo de la presente investigación, por su tiempo compartido y también por su amistad.

A la Cátedra Latinoamericana Manejo Diversificado de Bosques Tropicales del CATIE y GTZ, por el financiamiento otorgado para el desarrollo de la presente investigación.

A los técnicos profesionales del MINAE, oficinas de Sarapiquí, Guapiles, Pital, Upala y San Carlos, a los Directores de estas oficinas subregionales y muy especialmente a: José Luis, Nancy, Orlando, Alfredo y Alberto, por su valioso e incondicional apoyo en el trabajo de gabinete de la presente investigación.

A CODEFORSA y FUNDECOR, por su apoyo incondicional y la orientación brindada para el logro de los objetivos de la presente investigación, particularmente a los directores zonales y personal técnico

A todos y cada uno de los propietarios de las UMF evaluadas, por permitirme desarrollar este trabajo en sus bosques, por su hospitalidad y su amistad.

A José Masis, por su apoyo constante, por su dedicación en el desarrollo de la presente investigación, por su amistad y las experiencias de trabajo compartidas, y

Muy especialmente a Carlos Cañizares, por acompañarme en todo momento, por enseñarme el origen de la fortaleza y el camino para alcanzar mis objetivos, por ser más que un amigo, por los momentos que compartimos, por sus valiosos consejos.

A mis profesores y todos mis amigos y personal del CATIE,... MUCHAS GRACIAS.

INDICE

	Pag.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice	iv
Lista de cuadros	vi
Lista de figuras	ix
Lista de anexos	xi
Resumen	xii
Summary	xiv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo General	3
1.1.2 Objetivos específicos	3
1.2 Hipótesis	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	5
2.1 Manejo Forestal Sostenible	5
2.2 Estándares para el manejo forestal sostenible	7
2.3 Impacto ambiental del manejo de bosques naturales	8
2.3.1 Impactos sobre el suelo	10
2.3.2 Impactos sobre la vegetación	12
2.3.3 Impactos sobre el régimen hídrico	12
2.4 Área de claros por la corta de árboles y construcción de caminos	14
2.5 Evaluación de la sostenibilidad del Manejo Forestal	15
2.6 Evaluación del desempeño del MFS y las condiciones para su implementación	15
2.7 Metodologías para la evaluación del aprovechamiento forestal	16
2.8 La Certificación Forestal y el MFS	17
2.8.1 Beneficios de la Certificación Forestal Voluntaria (CFV)	19
2.9 Pago por Servicios Ambientales	19
3. MATERIALES Y METODOS	21
3.1 Localización	21
3.2 Características bioclimáticas del área de estudio	23
3.2.1 Área de Conservación Huetar Norte	23
3.2.2 Área de Conservación Tortuguero	24
3.2.3 Área de Conservación Cordillera Volcánica Central	24
3.3 Selección y características de las unidades de manejo forestal	25
3.3.1 Proceso de selección	25
3.3.2 Características de las UMF	26
3.3.3 Variables identificadas y metodología de medición	26
3.4 Evaluación y selección de los criterios e indicadores	28
3.4.1 Evaluación de los indicadores	29
3.4.2 Planificación de la evaluación de los indicadores en UMF	29
3.4.3 Metodología para la evaluación de los indicadores	31
3.4.4 Calificación del desempeño	39
3.4.5 Análisis estadístico	39

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	43
4.1 Descripción general de las características de las UMF	43
4.1.1 Estado de los bosques en las UMF antes del aprovechamiento	45
4.1.2 Área basal y número de individuos antes del aprovechamiento	46
4.1.3 Intensidad del aprovechamiento	47
4.2 Planificación de las operaciones y cuidados en el ejecución del aprovechamiento	48
4.3 Evaluación de campo del desempeño ambiental de las UMF	51
4.4 Evaluación de los indicadores del Criterio 1	51
4.5 Evaluación de los indicadores del Criterio 2	53
4.5.1 Estructura horizontal y vertical del bosque	53
4.5.2 Medidas para evitar la erosión hídrica	57
4.5.3 Verificadores del indicador 2.3	59
4.5.3.1 Tamaño de claros e impacto de claros por corta de árboles	59
4.5.3.2 Características de los caminos, pistas de arrastre y patios de acopio	61
4.5.3.3 Área total de impacto por el aprovechamiento	66
4.6 Resultados del Análisis multivariado	68
4.6.1 Análisis de conglomerados	68
4.6.2 Análisis discriminante Canónico	72
4.7 Clasificación de los tratamientos de acuerdo con su desempeño ambiental	75
4.8 Discusiones generales	76
5. CONCLUSIONES	82
6. RECOMENDACIONES	84
7. BIBLIOGRAFÍA	85
8. ANEXOS	93

LISTAS DE CUADROS

Cuadro 1. Unidades de manejo forestal seleccionadas en cada una de las áreas de conservación y agrupadas de acuerdo al mecanismo de promoción (tratamientos).	23
Cuadro 2. Estándar final utilizado para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal en Costa Rica.	30
Cuadro 3. Clasificación de las huellas de tractor de acuerdo a su profundidad.	33
Cuadro 4. Clasificación del estado de los cursos de agua en las áreas de aprovechamiento forestal evaluadas.	35
Cuadro 5. Distribución de las UMF evaluadas según los tipos de bosques identificados y los tratamientos de mecanismos de promoción del manejo forestal sostenible.	43
Cuadro 6. Características de las UMF seleccionadas, agrupadas por criterio de selección y grupos de evaluación.	44
Cuadro 7. Número de UMF seleccionadas que iniciaron y terminaron las actividades de aprovechamiento forestal entre los periodos 1999 – 2002.	45
Cuadro 8. Porcentaje de UMF cuyos bosques fueron intervenidos antes de la aprobación del estándar nacional para el manejo forestal sostenible.	46
Cuadro 9. Área basal y número de individuos promedio por tratamiento antes del aprovechamiento.	46
Cuadro 10. Intensidad del aprovechamiento forestal. Valores promedios de árboles y volumen por hectárea aprovechada en las UMF en cada uno de los tratamientos.	47

Cuadro 11. UMF evaluadas donde se encontraron problemas en cuanto a la presentación adecuada de la información y reporte de las modificaciones.	49
Cuadro 12. UMF evaluadas donde se encontraron problemas en cuanto a las medidas de supervisión, protección y control	50
Cuadro 13. Proporción de UMF evaluadas donde se encontraron problemas en el cumplimiento de los indicadores del criterio 1 de desempeño ambiental del MF.	52
Cuadro 14. Valores promedios de la evaluación de la estructura horizontal y vertical de las UMF dentro de cada uno de los tratamientos.	54
Cuadro 15. Valores promedios del índice de cobertura del follaje en los cinco estratos y porcentaje de la variabilidad estructural para cada uno de los tratamientos.	56
Cuadro 16. Variables evaluadas y valores promedios calculados para el indicador 2.2.	58
Cuadro 17. Tamaño de claros y superficie de bosque productor impactado por el aprovechamiento forestal, planificados y evaluados, registrados en los informes de regencia revisados para el presente estudio.	59
Cuadro 18. Tamaño promedio del claro y superficie promedio de impacto por claros de corta de árboles registrados en las UMF evaluadas para cada tratamiento (indicador 2.3.1).	60
Cuadro 19. Características de los patios de acopio encontrados en las UMF evaluadas en cada uno de los tratamientos (indicador 2.3.2).	62
Cuadro 20. Características de los caminos primarios y secundarios y medidas aplicadas en estos para minimizar la erosión y daños post-aprovechamiento.	64
Cuadro 21. Características de las pistas de arrastre evaluadas en el estudio y valores promedio por tratamiento de la superficie de bosque productor impactada por las pistas de arrastre.	66

Cuadro 22. Superficie promedio de bosque productor impactado por la construcción de red vial y corta de árboles durante el aprovechamiento forestal. Valores registrados por tratamiento.	67
Cuadro 23. Valores propios de los siete primeros componentes principales y su respectiva proporción de variabilidad total	69
Cuadro 24. Conformación de los grupos con base en los resultados del Análisis de conglomerados	71
Cuadro 25. Comparación estadística entre las variables agrupadas en el análisis de conglomerados.	72
Cuadro 26. Resultados estadísticos de cada una de las funciones canónicas.	72
Cuadro 27. Coeficientes canónicos estandarizados para cada una de las variables evaluadas.	73
Cuadro 28. Variables de mayor relevancia, ordenadas por elementos y procesos, identificados en el presente estudio como factores importantes que permiten evaluar el nivel de desempeño ambiental del manejo forestal.	75

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Forma de medición de claro producido por corta de árbol.	35
Figura 2. Intensidad del aprovechamiento en UMF con y sin mecanismos de promoción (tratamientos), expresado en árboles y volumen extraídos por hectárea.	48
Figura 3. Comparación de área basal antes y después del aprovechamiento, sin análisis de covarianza.	55
Figura 4. Comparación del número de individuos antes y después del aprovechamiento, sin análisis de covarianza	55
Figura 5 Índice de cobertura del follaje promedio en cada uno de los estratos, por tratamiento.	57
Figura 6 Variabilidad estructural registrada después del aprovechamiento en cada uno de los tratamientos.	57
Figura 7. Porcentaje de UMF sin infraestructura para evitar la erosión o si existen no son funcionales y porcentaje de UMF donde no se retiraron residuos del aprovechamiento, ramas troncos o trozas.	58
Figura 8. Tamaño de claro promedio por tratamiento, registrado en las UMF evaluadas y porcentaje de bosque productor impactado.	61
Figura 9 Impacto por la construcción de caminos secundarios sobre la superficie del bosque productor en cada uno de los cuatro tratamientos.	64
Figura 10. Superficie total de bosque productor (BP), impactada por el aprovechamiento forestal. Los promedios con las letras iguales no son significativamente diferentes.	67
Figura 11. Dendograma de las UMF agrupadas con base en doce variables	

de desempeño de las operaciones de aprovechamiento y siete componentes principales determinados mediante el análisis de conglomerados.	69
Figura 12. Valores de Pseudo T para cada posible número de conglomerados.	70
Figura 13. Distribución de las UMF agrupadas según el análisis de conglomerados en relación con las funciones canónicas 1 y 2.	74

ANEXOS

ANEXO 1. Cuadro 1A. Selección de Criterios e Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal sostenible.

Cuadro 2A. Protocolo para la evaluación de indicadores de desempeño ambiental del manejo forestal.

ANEXO 2. Formularios para la evaluación de los indicadores del desempeño ambiental del manejo forestal.

Formulario A1. Árboles cortados visitados

Formulario A2. Árboles en pie

Formulario B1. Caminos primarios

Formulario B2. Caminos secundarios

Formulario B3. Pistas de arrastre

Formulario B4. Patios de acopio

Formulario C. Consideraciones generales de la evaluación de campo

Formulario D1. Estructura horizontal

Formulario D2. Estructura vertical

Formulario E. Información General de la Unidad de Manejo Forestal UMF

ANEXO 3. Cuadro 1A. Variables medidas en la evaluación de los indicadores del desempeño del manejo ambiental y resultados obtenidos al aplicar el análisis estadístico correspondiente.

Cuadro 2A. Otras variables de característica de las UMF, planificación y cierre de las actividades del aprovechamiento, consideradas en la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal.

RESUMEN

El estudio evaluó el efecto de la certificación forestal y el pago por servicios ambientales en el desempeño ambiental del manejo de bosques naturales con fines de producción de madera en Costa Rica. La investigación se realizó en la Zona Norte y Atlántica del país, en las áreas de conservación: Huetar Norte, Tortuguero, y Cordillera Volcánica Central. Se seleccionaron 30 unidades de manejo forestal (UMF), las cuales combinaron certificación forestal (CFV) y pago por servicios ambientales (PSA) y sin mecanismos de promoción del manejo forestal las cuales se agruparon en cuatro tratamientos: PSA, CFV, PSA-CFV y Testigo.

La evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal, se realizó a través de una metodología basada en criterios e indicadores, seleccionados con base en el principio 6 de los estándares nacionales para la evaluación del manejo forestal sostenible y el monitoreo biológico. El estándar, quedó conformado por dos criterios y nueve indicadores.

La caracterización de las UMF y el aprovechamiento forestal mostraron alta variabilidad en cuanto a la superficie de manejo (11-160 ha) y rangos altitudinales (30 – 600 msnm). Se identificaron nueve tipos de bosques, con predominancia de las especies *Pentaclethra macroleoba*, *Carapa guianensis*, *Dialium guianensis* y *Vochysia ferruginea*. El 70% de los bosques fueron intervenidos con anterioridad; el área basal promedio y el número de individuos (>30cm dap), antes del aprovechamiento estuvo entre 11.5 – 23.5 m²ha⁻¹ y 50 – 121 árboles ha⁻¹ respectivamente, y la intensidad de aprovechamiento entre 1.6 – 2.8 árboles ha⁻¹, con volúmenes extraídos de 6.4 y 13.7 m³ha⁻¹. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (Pr>0.05). Las UMF con tratamiento PSA-CFV mostraron menor intensidad de aprovechamiento (1.6 árboles ha⁻¹) que el tratamiento testigo (2.8 árboles ha⁻¹); sin embargo, aunque existe diferencia significativa entre los tratamientos para estas dos variables, los volúmenes aprovechados en ambos tratamientos no difieren estadísticamente.

Los resultados de la evaluación del criterio 1 muestran que el tratamiento PSA-CFV fue el de mejor desempeño ambiental, seguido de CFV y PSA. En el primero no se registró evidencia de corta de árboles en zonas de protección, quema, socola, establecimiento de cultivos agrícolas o pastoreo, ni corta de árboles en condiciones meteorológicas desfavorables. La evaluación del criterio 2 permitió conocer el estado del bosque después del aprovechamiento. No se encontró diferencia significativa en la estructura horizontal (área basal y número de individuos). En la estructura vertical, el estrato uno (0 – 2 m) presentó diferencias significativas; la mayor cobertura del follaje y menor variabilidad estructural se registra en los bosques con PSA-CFV.

El mejor desempeño en el cumplimiento de las medidas de control de la erosión hídrica, impacto de claros por corta de árboles y construcción de caminos, se registró en las UMF con CFV y PSA-CFV; sin embargo, los valores de impacto total sobre el bosque productor para todos los tratamientos, se encuentra muy por debajo de los límites establecidos en el estándar nacional (25%). El impacto total por aprovechamiento fue menor en los tratamientos CFV y PSA-CFV (5.24 y 5.87%, respectivamente); el análisis estadístico mostró diferencias significativas entre estos tratamientos con mecanismos de promoción del manejo forestal y el Testigo (10%) (Pr>F=0.022). El análisis multivariado reforzó los resultados del análisis univariado y encontró que las variables más relevantes agrupan a las UMF en tres grandes grupos, donde el grupo 1 (CFV, PSA—CFV) presenta el mejor desempeño, frente al grupo 2 (mezcla de tratamientos con dominancia del PSA) y el grupo 3 (compuesto por las UMF Testigo); sin embargo, el grupo 2 no difiere significativamente del grupo 3. Las variables más relevantes que influyen en los resultados están relacionados con elementos de protección y

control contra los procesos de erosión hídrica, cuidados durante el aprovechamiento, así como cumplimiento de las actividades de cierre del aprovechamiento. Otros elementos importantes que influyen en los resultados son el tipo de regencia y las acciones de control y protección de la finca después del cierre de operaciones. Las regencias con ONGs resultaron con mejor desempeño debido a una mayor eficiencia en las actividades de planificación y ejecución del aprovechamiento forestal, así como mejor control y protección de la UMF después del aprovechamiento,

Estos resultados demuestran claramente el efecto positivo que tienen la certificación forestal y el pago por servicios ambientales en mejorar el desempeño ambiental de las operaciones de aprovechamiento forestal, aún en condiciones como en Costa Rica, donde la legislación vigente ya de por sí conlleva a un aprovechamiento forestal de bajo impacto ambiental.

Con base en lo anterior, se propone promover la CFV y el PSA en todos los bosques manejados para producción de madera, con el fin de conciliar un incremento de los beneficios económicos con el mantenimiento de la integridad ecológica de estos ecosistemas.

SUMMARY

This study evaluated the effects of forest certification and payment for environmental services on the environmental performance on natural forests management for timber production. This study was carried out in the North and Atlantic zones in Costa Rica in the conservation areas: Huetar Norte, Tortuguero, and the Central Volcanic Corridor. Thirty forest management units (FMU), which combined forest certification (CFV) payments environmental service (PES), and units this didn't have promotional mechanisms for forest management were grouped into four treatments: PES, CFV, PES-CFV, and control.

The evaluation of the environmental performance for forest management was carried out by using a methodology based on criteria and indicators selected based on the sixth principle of the national standards in order to evaluate sustainable forest management and biological monitoring. The standard consisted of two criteria and nine indicators.

The characterization of the FMU and forest use showed high variability in the management area (11-160 ha) and altitudinal ranges (30-600 m). Nine forest types were identified by species dominance such as *Pentaclethra maculoba*, *Carapa guianensis*, *Dialium guianensis* and *Vochysia ferruginea*. Seventy percent of the forests were previously harvested; the average basal area and the number of individuals (>30cm dbh) before the forests were harvested were between 11.5-23.5 m²ha⁻¹ and 50-121 trees ha⁻¹, respectively. The harvesting intensity was between 1.6-2.8 trees ha⁻¹ with a volume of 6.4 and 13.4 m³ha⁻¹. Significant differences were found between treatments (Pr > 0.05). The FMUs with the PES-CFV treatment showed lower harvesting intensity (1.6 trees ha⁻¹) than the control (2.8 trees ha⁻¹). However, even though there were significant differences between treatments for these two variables, the harvest volume for both treatments did not differ statistically.

Criteria one evaluation results showed that the PES-CFV treatment had the best environmental performance followed by CVF and PES. In the first treatment, no evidence of tree cutting was observed in protected areas, burned, cleared, agricultural or pasture areas nor in areas with unfavorable meteorological conditions. The evaluation of criteria 2 indicated the forest state after harvesting. Significant differences were not found for the horizontal structure (basal area, number of individuals). In the vertical structure, strata one (0-2 m) showed significant differences. The highest foliage cover and the lowest structural variability were found in PES-CFV forests.

The best performance for achieving the control measures for water erosion, the impact of openings caused by harvesting, and the construction of roads was found in the FMUs with CFV and PES-CFV. However, the total impact values for the production forests for all of the treatments were much lower than the limits established in the national standards (25%). The total impact for harvesting was lower in the treatments CFV and PES-CFV (5.24 and 5.87%, respectively). The statistical analysis showed significant differences between these treatments with promotional mechanisms for forest management and the control (10%) (Pr>F=0.022). The multivariate analysis supported the univariate analysis results, and the most important variables grouped FMU into three large groups where group 1 (CFV, PES-CFV) showed better performance than group 2 (mixture of treatments with ESP dominance) and group 3 (FMU controls). However, group 2 did not differ significantly from group 3. The most important variables that influenced the results were elements related to protection and control against water erosion processes during harvesting as well as the closing activities at the end of the harvesting. Other important elements which influenced the results were the type of forest management (Regent) as well as the control and protection actions of the farm after finishing the operations. When the regent was an NGO had the best performance due to better efficiency in planning and carrying out forest harvesting activities as well as better control and protection of the FMUs after harvesting.

These results clearly showed the positive effects of forest certification and payments for environmental service in improving environmental performance in forest harvesting operations, even in Costa Rican conditions where the current legislation mandates low environmental impact.

CFV and PES should be encouraged in all of the forests managed for timber in order to increase economic benefits while maintaining the ecological integrity of these ecosystems.

1 INTRODUCCIÓN

La preocupación por avanzar hacia la sostenibilidad del manejo forestal y la reducción o mitigación de los impactos ambientales provocados por el aprovechamiento forestal, han generado iniciativas que buscan definir lineamientos para el manejo forestal sostenible (MFS) y el desarrollo de herramientas que promuevan, monitoreen y evalúen las prácticas del manejo forestal (Lammerts van Buerem y Blom, 1997). Estas herramientas se constituyen en planes de manejo forestal, planes operativos y estándares de manejo forestal, que principalmente conllevan al desarrollo de las operaciones del manejo forestal debidamente planificadas y supervisadas. Holmes citado por Dykstra (2001) analizó una serie de estudios y concluyó que las operaciones de aprovechamiento forestal planeadas y supervisadas de forma adecuada, no solamente satisfacen las condiciones de sostenibilidad, sino que también reducen los costos de la explotación de forma sustancial.

En este sentido, durante los últimos años se vienen incrementando, a nivel mundial, las superficies de bosques sujetas a planes oficiales de manejo forestal sostenible. Un informe de la OIMT (Poore *et al.* 1989) concluyó que América tropical era a fines de la década de 1980, la región que menos progresos mostraba hacia el manejo forestal sostenible; sin embargo, en la última década han surgido gran cantidad de esfuerzos de los gobiernos nacionales por implementar políticas de manejo forestal y estrategias que permitan alcanzar el desarrollo sostenible (Campos *et al.*, 2001).

En Costa Rica, en la actualidad, existe un consenso cada vez mayor acerca del papel que debe cumplir el MFS dentro de la estrategia de conservación a nivel nacional. La exigencia de planes de manejo para los bosques naturales, los incentivos fiscales y el apoyo nacional e internacional para el pago por servicios ambientales, entre otras disposiciones normativas, son algunos de los hechos que evidencian el enfoque que el Estado costarricense ha tenido con respecto a sus recursos naturales (CNCF, 1999).

Es así que para alcanzar la meta de conservar los bosques naturales a través de la protección absoluta y el buen manejo de aquellos que se encuentran en terrenos de propiedad privada, el Estado costarricense consideró necesario contar con mecanismos adecuados de ejecución, seguimiento y control del manejo forestal (Alfaro 1999); ya que, aunque el marco de la Ley Forestal 7575, define que las actividades de aprovechamiento forestal se deben realizar bajo el cumplimiento estricto de los planes de manejo forestal,

McKenzie (2000) y otros autores citados por Campos *et al* (2001), reportaron que para 1998, el 41% de la madera consumida en el país provino de planes de manejo de bosques, seguido por un 38% de árboles fuera de bosque y un 21% de plantaciones forestales; sin embargo, para el año 2000 se estimaba que ésta distribución se había modificado sustancialmente: la mayor contribución actual es de los árboles en potrero (53%), seguida por las plantaciones forestales (33%) y por último los planes de manejo de bosques con apenas un 14%.

Si bien es cierto que el MFS requiere de establecer regulaciones y controles que limiten el libre aprovechamiento del recurso forestal y propicien una buena implementación y supervisión de las labores silviculturales; estas limitaciones y requisitos restringen su aplicación efectiva, por lo tanto, se requerirá también de incentivos o mecanismos adecuados para favorecer a los propietarios o manejadores de los recursos forestales. En este sentido el Estado costarricense, dentro de su papel promotor para la conservación de los recursos forestales, se ha visto comprometido con la búsqueda y el establecimiento de mecanismos efectivos de control forestal que garanticen prácticas adecuadas de manejo forestal. Se espera que estos aspectos se cumplan con la certificación forestal voluntaria (CFV) y el pago por servicios ambientales (PSA), siendo este último un incentivo para el desarrollo de actividades de conservación de los recursos naturales, que además permite internalizar los beneficios económicos para los responsables del manejo (Campos *et al*, 2001).

La CFV y el PSA son mecanismos que en los últimos años han tomado fuerza a nivel nacional y se han mostrado como temas relevantes para el análisis de oportunidades, así como en la estrategia de conservación y uso sostenible de la biodiversidad. Sin embargo, a pesar de mostrarse como instrumentos imprescindibles para avanzar con el manejo forestal sostenible, se desconocen en gran medida los verdaderos impactos de este sistema.

Tanto para la CFV como para el PSA es necesario determinar, a través de un proceso de evaluación, el desempeño de estos mecanismos de promoción del manejo forestal sostenible y de la aplicación de los criterios e indicadores del estándar oficial de sostenibilidad utilizado en el país. De esta manera se podrá sugerir medidas viables y efectivas orientadas a la toma de decisiones por parte de los actores involucrados en promover la sostenibilidad de los recursos forestales del país

El presente estudio se desarrolló en las zonas Norte y Atlántica de Costa Rica, desde la Cordillera Volcánica Central hasta la frontera con Nicaragua y evaluó el desempeño ambiental del manejo sostenible de bosques naturales del país, bajo diversas modalidades de fomento de la sostenibilidad que incluyen la certificación forestal voluntaria y el pago por servicios ambientales. Esta evaluación tuvo como base el Principio 6 "Impacto del Manejo Forestal" del estándar para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica (CNCF, 1999), Principio 6 "Impacto del Manejo" del estándar integrado y adaptativo para la evaluación de la sostenibilidad ecológica del manejo forestal en Costa Rica (Mc Gingley y Finegan, 2002) y la Dimensión 1 "Estructura y Composición de Rodales" del monitoreo biológico de bosques de alto valor para la conservación (Finegan *et al*, 2004).

La información generada a partir de la presente investigación es una contribución a la evaluación del desempeño del manejo forestal sostenible con mecanismos de pago por servicios ambientales (PSA) y certificación forestal voluntaria (CFV) en Costa Rica, ya que responde a preguntas como ¿Cuál es el efecto de la certificación forestal y del pago por servicios ambientales en el desempeño ambiental del manejo sostenible de bosques naturales? y ¿Cuál es el estado del bosque en los diferentes escenarios del manejo forestal sostenible?

Las respuestas a estas interrogantes pueden constituirse como la base para el análisis de los efectos de los mecanismos de promoción del manejo forestal para lograr un mejor desempeño en el manejo forestal tendiente a la sostenibilidad de los bosques.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

Conocer el efecto de la certificación forestal y del pago por servicios ambientales, en el desempeño ambiental del manejo sostenible de bosques naturales en Costa Rica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Integrar una metodología basada en el uso de criterios e indicadores para evaluar el desempeño ambiental del manejo forestal bajo diversas modalidades de fomento de la sostenibilidad que incluyen la CFV y el PSA.

- Conocer el desempeño ambiental del manejo forestal en unidades de manejo forestal donde se aplican los mecanismos de CFV y PSA comparado con otras unidades de manejo donde no se aplican estos mecanismos.

1.2 Hipótesis

La certificación forestal voluntaria (CFV) y el pago por servicios ambientales (PSA), contribuyen a mejorar el desempeño ambiental de las operaciones forestales en bosques naturales tropicales.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 Manejo forestal sostenible

La definición más reciente de MFS, es presentada por la Organización Internacional de las maderas tropicales (OIMT), que incluye la dimensión social y económica, y define el manejo sostenible del bosque, como: *"el proceso de manejar terrenos forestales permanentemente para lograr alcanzar uno o más objetivos de manejo, especificados claramente con respecto a un flujo continuo de productos y servicios deseados del bosque, sin una reducción excesiva de sus valores inherentes y productividad futura y sin efectos indeseables sobre el ambiente físico y social"* (OIMT, 1998).

El concepto de manejo forestal, fue introducido en Costa Rica en la década de los ochenta y ratificado por la Ley Forestal 7032 de 1986. Desde entonces el Estado costarricense ha promovido una política de establecimiento de mecanismos para el manejo y fomento de los bosques, con la finalidad de conservar, desarrollar y mejorar la cobertura forestal del país (ONF, 2001).

A partir de los años 90, surgen en Costa Rica cambios en la administración forestal y los procedimientos para el manejo forestal, se confecciona una nueva guía para la elaboración de planes de manejo, que incluye dos etapas: Fase I (aprovechamiento forestal de bajo impacto) y Fase II (manejo silvicultural post-cosecha); se crea la figura de los regentes forestales encargados de supervisar la ejecución adecuada de los planes de manejo; y, con la promulgación de la nueva Ley Forestal 7575, se prohíbe el cambio de uso de las tierras boscosas y se establece el mecanismo de Pago por Servicios Ambientales. Se implementa también el sistema de auditorías externas de los planes de manejo que funcionan como herramienta de Control (ONF, 2001).

Siguiendo la misma política de sostenibilidad del manejo forestal, la Ley Forestal 7575 aprobada en 1996, dispone en su artículo 20, que: "los bosques podrán aprovecharse sólo si cuentan con un plan de manejo que contenga el impacto que puede ocasionar las operaciones forestales sobre el ambiente" y encarga a la Administración Forestal del Estado su aprobación según los criterios de sostenibilidad, certificados previamente conforme a los principios de fiscalización y los procedimientos que establece su reglamento (CNCF, 1999)

En concordancia con la Ley Forestal, el Reglamento de la Ley Forestal, aprobado mediante Decreto Ejecutivo N° 25721, amplía esta disposición en el sentido que: *"el plan de manejo deberá ajustarse expresamente a los principios y criterios de sostenibilidad recomendados por la Comisión Nacional de Certificación Forestal (CNCF), o en su defecto los que la AFE establezca en forma temporal mediante resolución administrativa"* y crea además en su artículo 26 la Comisión Nacional de Certificación Forestal (CNCF), como órgano asesor de la AFE (La Gaceta N° 72, 1999).

En 1998 se crea la Comisión Nacional de Certificación Forestal, responsable de revisar y aprobar los estándares del MFS y de implementar el Sistema Nacional de Certificación Forestal, con lo cual el Estado se proyectaba a establecer un mecanismo efectivo y creíble de control de las operaciones forestales. La certificación forestal, surge entonces como una alternativa para promover el desarrollo forestal sostenible y a su vez facilitar el acceso de los productores forestales a los mercados nacionales e internacionales (CNCF, 1999).

Costa Rica es uno de los países en que la certificación forestal bajo el sistema del Consejo de Manejo Forestal (FSC -por sus siglas en inglés) ha tenido mayor impacto. FUNDECOR (Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central), es una organización no gubernamental sin fines de lucro, creada en 1990 y certificada en 1996 por la Société Generale de Surveillance (SGS), bajo la modalidad de certificación de pequeños y medianos productores (sombrija verde). Para esta organización el sello verde es importante en función de demostrar a la sociedad que está actuando bien en materia forestal, e internamente constituye un apoyo al control de calidad en las operaciones que realiza. Es importante destacar este aspecto, ya que en el país el 100% de las unidades de manejo forestal certificadas, se encuentran sujetas al esquema del FSC bajo la modalidad de "certificación sombrilla verde" a cargo de FUNDECOR (Alfaro, 2003).

La certificación bajo el esquema "sombrija" funciona de la siguiente manera: el FSC establece los parámetros que deben seguirse para considerar sostenible el manejo de un bosque natural o una plantación. Estos parámetros se encuentran establecidos en el documento de Principios y Criterios del FSC. FUNDECOR en su calidad de regente general autorizado por el FSC, supervisa a través de sus ingenieros y técnicos que estos criterios y principios de sostenibilidad se cumplan rigurosamente en las propiedades forestales de todos sus clientes (FUNDECOR, 2004). Por su parte, la certificadora internacional -SGS,

anualmente audita a FUNDECOR para verificar que todas las propiedades bajo la regencia de FUNDECOR cumplan efectivamente con las regulaciones del FSC.

2.2 Estándares para el manejo forestal sostenible

Un estándar se define como un juego de principios, criterios e indicadores y, en algunos casos, verificadores (PCI&V) que buscan determinar los elementos y parámetros del MFS o algunas combinaciones mínimas de niveles jerárquicos, que sirven como herramientas para promover el MFS, así como una base para el monitoreo y reporte o como una referencia para la evaluación de la situación real del manejo forestal (Lammerts van Bueren y Blom, 1997, McGinley y Finegan, 2002).

Los parámetros o elementos de la sostenibilidad que se definen en el estándar para cada uno de sus niveles jerárquicos, pueden ser determinados como: *parámetros de insumos* (ejemplos: plan de manejo, inversión financiera, capacidad tecnológica); *parámetros de procesos* (ejemplos: planificación, ejecución de las operaciones de aprovechamiento, construcción de caminos, etc.) y *parámetros de resultado* o producto (ejemplos: volumen de madera aprovechado, utilidades obtenidas, nivel de satisfacción de las comunidades locales, etc) (Pedroni y De Camino, 2001).

Para efectos de una descripción breve de los componentes de un estándar se cita las definiciones expuestas por CIFOR (1999) y Lammert van Bueren y Blom (1997) que son las siguientes:

Principios: son "leyes", "verdades fundamentadas" o "reglas", que sirven como una base para el razonamiento y la acción, bajo el cual se ordenan los criterios, indicadores y verificadores; son elementos explícitos de una meta, en el marco del MFS, sirven para expresar lo que se entiende por "*manejo forestal sostenible*" o "*bosque bien manejado*". Los principios tienen como característica principal, su condición relevante para lograr el objetivo y debe ser formulada de manera positiva.

Criterio: es un estado o aspecto de un proceso dinámico que se presentan en el ecosistema forestal o un estado del sistema social que interactúa con el bosque, la cual refleja su condición de adhesión a un determinado principio; es el punto intermedio en la cual la información proveída por los indicadores puede ser integrada. Deben ser descritos como el estado deseado.

Indicador: es un parámetro cuantitativo o cualitativo el cual puede ser evaluado en relación a un criterio, que puede determinarse en una forma objetivamente verificable y no ambigua, para hacer un juicio sobre el nivel de cumplimiento de un criterio. Puede ser una variable o un componente de los ecosistemas forestales o un sistema de manejo relevante usado para inferir atributos de la sostenibilidad de los recursos y su utilización.

Verificadores: son la fuente de información de los indicadores o su valor de referencia, generalmente son expresados como la información que necesita ser colectada.

En términos generales, los estándares para el MFS, tienen una doble función: (i) permitir la detección de tendencias y problemas en situaciones particulares locales y (ii) informar a la comunidad nacional e internacional sobre el desempeño del manejo del bosque de una manera creíble. La única forma de realizar estas dos funciones simultáneamente es desarrollando estándares para el MFS dentro de un marco conceptual robusto (Pedroni y De Camino, 2001).

En Costa Rica el estándar para el manejo sostenible y la certificación forestal fue aprobado el año 1998 y modificado el año 2002. Actualmente consta de 8 principios, 24 criterios y 92 indicadores, tiene como finalidad minimizar el impacto negativo de las labores que se apliquen en el manejo forestal (La Gaceta N° 212, 1998).

2.3 Impacto ambiental del manejo de bosques naturales

Los impactos ambientales provocados por el manejo forestal, son una preocupación a nivel mundial. En tal sentido, el estándar, aprobado por el Consejo para el Manejo Forestal (FSC), establece en su Principio 6, la evaluación del "impacto ambiental del manejo forestal" el cual expresa que *"Todo manejo forestal deberá conservar la diversidad biológica y sus valores asociados, los recursos de agua, los suelos, y los ecosistemas frágiles y únicos, además de los paisajes. Al realizar estos objetivos, las funciones ecológicas y la integridad del bosque podrán ser mantenidas"* (FSC, 2000).

Este postulado es concordante con el Principio 6 del Estándar para el Manejo Sostenible y la Certificación Forestal en Costa Rica, que sostiene que: *"El manejo forestal, mantiene las funciones ecológicas de los ecosistemas forestales, lo que asegura la conservación de la biodiversidad y de los recursos hídricos y edáficos"*. Este principio cuenta con cinco criterios y 33 indicadores. (La Gaceta N° 212, 1999)

Louman (en prensa), con base en investigaciones realizadas por Dykstra y Heinrich (1992); Hendrison, (1990); Uhl, (1989) y Vieira, (1992), entre otros, manifiesta que los primeros estudios sobre impactos del aprovechamiento forestal, fueron realizados desde los años 50 en África y Asia, y a partir de los años 80 en América Latina. Estos estudios mostraron que los impactos principalmente se manifiestan sobre la vegetación, el suelo y el régimen hídrico; aunque, estudios más recientes indicaron posibles impactos sobre la fauna por un aumento en la cacería y reducción de plantas alimenticias.

Gayoso *et al* (1991), citado por FAO (1995), divide los efectos del aprovechamiento forestal en efectos directos e indirectos. El primero se refiere a los niveles de compactación, erosión superficial, amasado y desplazamiento del suelo, cambios en la hidrología del área, cambios microclimáticos y disminución de la fertilidad de los suelos; y el segundo, al régimen y balance hídrico de las cuencas, la producción de aguas en cuanto a calidad, la producción de sedimentos y cambios en la profundidad de napas freáticas entre otros. La severidad de estos efectos, sobre o fuera de cada área de cosecha, varían en magnitud según la intensidad, la duración y extensión del cambio, y por el grado de reversibilidad de las consecuencias.

Si bien es cierto que toda extracción maderera provoca daños en el bosque, la severidad de estos daños, sobre o fuera de cada área de cosecha, dependen de la intensidad de la extracción, duración y extensión del cambio, el grado de planificación previa a las operaciones de corta, calidad de los métodos empleados, la capacidad de los trabajadores y su supervisión adecuada, el tiempo transcurrido desde el aprovechamiento anterior y el grado de reversibilidad de las consecuencias; así como, del número de árboles a aprovechar y el sistema de aprovechamiento (Louman, en prensa y FAO, 1995).

Dykstra y Heinrich (1992), sostienen que los principales disturbios provocados en el bosque como consecuencia del aprovechamiento forestal, se presentan durante la fase de construcción de caminos para el arrastre de la madera y la tala de los árboles; añade además que, según reportes de la FAO, se estima que los caminos son la causa directa de más del 90% de la erosión del suelo derivada de la explotación forestal en los trópicos. En el aprovechamiento forestal convencional, no existe una planificación previa adecuada de un buen trazo y construcción de caminos ni la ejecución organizada de las operaciones de tala (Bruening, 1996 y Louman *en prensa*), como consecuencia se observa daños excesivos en

el suelo y en el crecimiento de los árboles remanentes. Es por ello importante planificar de antemano el trazado de los caminos y seguir métodos de construcción apropiados, para reducir al mínimo la erosión y sus efectos destructivos.

Según Louman (en prensa), la magnitud de los daños causados por un aprovechamiento mejorado está fuertemente influenciada por el tipo de bosque y el volumen a extraer, lo cual hace aún más difícil su comparación en regiones geográficas distintas, cita investigaciones de Putz *et al* (2000) quien reporta para Asia una extracción de más de 100 m³ha⁻¹ y Johns *et al* (1996), Steege *et al* (1996), quienes reportan que en Paragominas (Brasil) esta cifra es de alrededor de 30 m³ha⁻¹, mientras que en la Zona Norte de Costa Rica alcanza 15 m³ha⁻¹ y en los bosques de Guyana y del Petén es de apenas 5 m³/ha.

Dykstra y Heinrich (1992), citan un estudio de Marn y Jonkers (1982), donde se demuestra que en las operaciones bien planificadas, la organización y supervisión eran mejores, había menos accidentes, quedaban sin talar menos árboles comercializables y se perdían menos troncos después de la corta; además, lo que es más importante en el aspecto ambiental, la alteración total del suelo y el daño a los árboles residuales era notablemente menor en las operaciones planificadas que en las convencionales.

Heinrich (1997), sostiene que las evaluaciones de los impactos de las operaciones de aprovechamiento forestal, son difíciles de comparar porque utilizan diferentes metodologías y se restringen a casos individuales que proveen información sobre compactación del suelo, daños a la masa residual, etc. bajo condiciones específicas; es por ello importante tener una información más extensa sobre las operaciones forestales, la intensidad del aprovechamiento y el impacto sobre la destrucción de los bosques, degradación o pérdida de la biodiversidad. Sin embargo, esto es posible lograrlo con estudios desarrollados con un diseño experimental adecuado.

2.3.1 Impactos sobre el suelo

Según FAO (1995), las causas principales de la erosión del suelo, se relacionan con el aprovechamiento forestal en el sentido de la máxima pendiente, aprovechamiento no planificado (que altera una gran superficie del suelo), aprovechamiento en época lluviosa, el empleo de maquinaria pesada (que genera remoción del suelo) y la construcción de caminos y patios de acopio. El mismo autor, identifica la erosión hídrica, remoción y compactación,

como los factores más determinantes de impactos sobre el suelo, causados por: el aprovechamiento forestal, la construcción de caminos forestales y el tránsito de maquinaria; el primer factor influenciado por la topografía del terreno, intensidad de precipitaciones e intensidad del aprovechamiento. Koppelman (1990), por su parte sostiene que los disturbios ocurridos durante las operaciones relacionadas con el diseño, planificación, construcción y mantenimiento de caminos forestales, así como la extracción y transporte de los árboles cortados, provocan además de la compactación y la erosión, la escorrentía superficial y pérdida de nutrientes en el suelo.

La compactación del suelo trae consigo un aumento en la cohesión y consecuente aumento en la resistencia al corte (lo cual dificulta el establecimiento y desarrollo de la regeneración), disminución de los macroporos (que significa menor disponibilidad de agua y aire en el suelo) y aumento de la escorrentía superficial (Gayoso e Iroumé, 1993 citados por FAO, 1995).

Dependiendo del tipo de suelo, las presiones que este recibe por efectos del paso de la maquinaria, se transmiten hacia las capas más profundas generando compactación y remoción; los ahuellamientos son más profundos a mayor presión del equipo, menor capacidad de soporte del suelo y mayor contenido de humedad (FAO, 1995). Hendrison (1990), citado por Louman (en prensa) reporta que en su estudio del sistema de aprovechamiento controlado sobre suelos arenosos en Surinam, encontró que la compactación se incrementa con los primeros cuatro pasos de un tractor forestal de ruedas, después de 14 pasos sobre el mismo tramo se puede tener un aumento en densidad de los suelos de 13% en suelos más secos (14% de humedad) hasta 20% en suelos más húmedos (28% de humedad). Además, el primer paso del tractor reduce la capacidad de infiltración superficial hasta en 90%, situación que posiblemente se debe más a los movimientos embarradores de las ruedas que a un aumento en densidad del suelo.

Dykstra y Heinrich (1992), al referirse al arrastre y desboscado, sostienen que los sistemas convencionales resultan perjudiciales para el bosque tropical de dos formas: (i) los arrastradores de troncos tienden a vagar por el bosque en busca de árboles talados, lo que incrementa el número de pistas de arrastre y causa daños excesivos a los árboles remanentes y su propia regeneración; y (ii), los arrastradores también remueven y apelmazan el suelo, lo que aumenta la erosión y retrasa la regeneración y el crecimiento de los demás árboles.

2.3.2 Impactos sobre la vegetación

FAO (1995), ha identificado tres importantes efectos provocados por el aprovechamiento forestal sobre la vegetación: **(i) cambios en la composición del bosque y daño a los árboles remanentes:** con base en una primera medición en corta selectiva y estudios comparativos de inventarios forestales pre y post-aprovechamiento respectivamente, realizados por Gayoso y Contreras, reporta que el daño por cosecha en los árboles remanentes no supera el 10% y la composición del bosque después del aprovechamiento se concentra en algunas especies de mayor interés y sanidad; aunque la corta total queda por debajo de la autorizada en el plan de manejo (8% menos del volumen); **(ii) efectos en la dinámica regenerativa del bosque natural:** el tipo e intensidad del aprovechamiento forestal practicado, permitirá la regeneración o no de especies de alto valor comercial e intolerantes a la sombra, o la formación de densos sotobosques formados por especies heliófitas e invasoras. En este sentido, la FAO (1995) cita a Muñoz (1984), quien sostiene que aprovechamientos con intensidades promedios de 30-50% del área basal son los más favorables para asegurar una regeneración adecuada; **(iii) efecto sobre las comunidades acompañantes.-** se refiere a un efecto secundario del aprovechamiento que afecta a la comunidad vegetal asociada a los árboles de corta, remanentes o de futura cosecha; estas especies dependiendo de la apertura del dosel pueden sobrevivir o desaparecer en el medio, al haberse alterado o destruido su hábitat.

Henderson (1990); Verissimo *et al* (1992); Obando (2001), Wyatt-Smith y Foenander (1962) y Putz *et al* (2000), citados por Louman (en prensa), evidencian que los impactos sobre el suelo y la vegetación se incrementan a mayor intensidad del aprovechamiento y generalmente son dañados más árboles pequeños que árboles con diámetros mayores. Así que los daños a árboles remanentes podrían causar un cambio en la composición florística y estructura del bosque.

2.3.3 Impactos sobre el régimen hídrico

El papel fundamental que desempeña la vegetación, principalmente de los bosques, en la prevención y corrección del fenómeno torrencial deriva de sus efectos sobre la escorrentía y de su influencia en el control de la erosión hídrica, es decir que modifica la forma en que el

agua accede a los cauces, disminuyendo drásticamente las aportaciones de la superficie y aumentando correspondientemente las subterráneas (López, 1998 y Del Palacio, 1999).

De manera muy relacionada con el impacto que ocasiona sobre el suelo y la vegetación, el aprovechamiento forestal afecta el componente ambiental agua y el grado de severidad de este impacto depende de las condiciones climáticas y la topografía del terreno (FAO, 1995).

Stadtmüller (1994), en su estudio concluye que las diferentes capas de vegetación de los bosques húmedos tropicales, particularmente la capa de los arbustos y herbáceas, amortiguan la energía de las gotas de lluvia y cumplen así una importante función protectora del suelo contra la erosión. La disminución de los niveles de intercepción, como consecuencia de la tala de árboles, causa un aumento de la escorrentía superficial, otras acciones que afectan negativamente los niveles de intercepción y escorrentía son: la construcción de caminos, patios de acopio, cortas de liberación y raleos (FAO, 1995).

Otros impactos identificados son: aumento de la napa freática, que provoca disturbios como inundaciones temporales o permanentes (que puede afectar a la vegetación por falta de aireación); y, alteración de la calidad físico-química del agua, con la consecuente producción de sedimentos, que aumentan la turbidez y disminuyen la concentración de oxígeno suelto, con consecuentes efectos perjudiciales sobre las poblaciones de flora y fauna acuática y la disminución de su hábitat (Meneses y Gayoso, 1995 citados por FAO, 1995).

Según Stadtmüller (1994), el impacto hidrológico de la tala (en un bosque manejado) es mínimo, ya que la tala controlada no desencadena procesos de erosión laminar o en surcos, por lo cual no aporta sedimentos a los ríos; en consecuencia, la calidad del agua no se ve afectada; sólo intervenciones fuertes o en zonas con pendientes altas pueden aumentar los flujos picos y causar de esta manera erosión de la red hídrica y los suelos.

Louman (en prensa) sostiene que es importante tomar en cuenta el contexto de los bosques y su uso, antes de proyectar los posibles efectos, y cita el estudio de Bruijnzeel y Critchley (1994), que sostienen que los efectos del aprovechamiento forestal en el régimen hídrico pueden ser diferentes en diferentes años y entre diferentes sitios, debido a diferencias en clima, condiciones topográficas y de suelo.

En los aprovechamientos planificados, donde además se aplican sistemas y técnicas de extracción adecuadas, disminuyen considerablemente los riesgos de erosión; contrario a lo que sucede en caminos y pistas de arrastre mal planificadas. La ubicación, construcción y mantenimiento adecuado de drenajes son factores principales en el impacto hidrológico del manejo de bosques naturales del trópico húmedo (Louman, en prensa).

2.4 Área de claros por la corta de árboles y construcción de caminos

La remoción del dosel ocurre por dos razones: la tala misma, creando claros que pueden ser similares a los naturales, aunque generalmente son más grandes; y la construcción de la red vial, lo que puede crear aberturas en el dosel, y además altera la superficie del suelo expuesto por la construcción misma (remoción y alteración del suelo) y el paso de maquinaria (compactación) (Louman, en prensa). Por esta razón, esta última forma de remoción del dosel es más permanente que la formación de claros por la tala.

Los efectos de los claros sobre todo el bosque, dependerán de la proporción del espacio que estos ocupan, en particular los causados por los caminos de mayor tránsito. Delgado *et al* (1997) muestra que los cambios de vegetación en claros causados por la tala son pequeños. Sin embargo, se debe tener en cuenta que este resultado procede de un bosque sujeto a aprovechamiento de impacto reducido (AIR), donde los claros generalmente fueron pequeños.

Louman (en prensa) cita los estudios de Rose y Dam, realizados en los bosques de Guyana que muestran que a partir de un cierto tamaño, se afecta la regeneración (a partir de 800 m² hay mayor abundancia de especies heliófitas), así como los procesos hidrológicos, la descomposición y el ciclo de nutrientes; aunque las consecuencias de los últimos cambios probablemente se van a ver hasta mucho después del aprovechamiento.

Hout (1999) citado por Louman (en prensa) menciona que claros grandes en un aprovechamiento convencional, dan como resultado menor área total del bosque bajo claro. Esto se debe a la concentración de los árboles aprovechados en ciertos sitios, mientras otros sitios quedan completamente no-disturbados; así muchos claros son formados por la tala de más de un árbol. Louman (en prensa), con base en estudios realizados por Webb (198); Rose (2000); Dam (2001); Holdsworth y Uhl (1997) y McGinley (2000), no recomienda este sistema por cuatro razones:

1. Los claros son los principales facilitadores de la dinámica del bosque, y se prefiere estimular esa dinámica sobre todo el área para simular mejor la dinámica natural de estos bosques;
2. Claros de mayor tamaño aumentan la probabilidad de cambio en la composición florística;
3. Claros grandes influyen en el microclima y varias poblaciones de invertebrados pueden ser afectadas si este no se recupera en poco tiempo; y
4. Como consecuencia del punto anterior (aumento en temperatura en claros grandes), en bosques con claros grandes aumenta el riesgo de daños por incendios forestales.

Estudios realizados sobre cambios en la estructura y composición de los bosques como consecuencia de la intensidad del aprovechamiento forestal, concluyen que los disturbios causados por el aprovechamiento forestal, pueden reducirse con una adecuada planificación y uso de técnicas adecuadas de corta y extracción, así como el uso eficiente de las maquinarias (Toledo, 2001; Wagner, 1997; Dykstra y Heinrich (1992),

2.5 Evaluación de la sostenibilidad del manejo forestal

De acuerdo con McGinley (2002), la evaluación de la sostenibilidad del manejo forestal, es una medida integral del mantenimiento de la productividad y de las funciones ecológicas y socioeconómicas de los sistemas forestales; debe considerar el cumplimiento de la buena práctica forestal y los impactos y resultados del manejo, para facilitar información clave para la identificación de los aspectos de impacto negativo que se pueden mejorar o modificar dentro de un sistema de manejo adaptativo.

Dykstra y Heinrich (1992), sostienen que El aprovechamiento forestal es un elemento del manejo forestal; por consiguiente, resulta esencial contar con información continua sobre el éxito o el fracaso de las operaciones con relación a la sostenibilidad del bosque.

2.6 Evaluación del desempeño del MFS y las condiciones para su implementación

Amaral (2001) en su investigación evaluó el desempeño y las condiciones para implementar el manejo forestal comunitario en la Amazonía brasileña, basado en los procesos de CIFOR y FSC y determinó que los criterios e indicadores son herramientas eficientes para evaluar, medir y monitorear las condiciones necesarias o deseadas para la implementación del

manejo forestal comunitario (MFC). La evaluación del desempeño del MFC, le permitió determinar que en la Amazonía Brasileña, las condiciones actuales (sociales, económicas y políticas) se muestran poco favorables para que las iniciativas de MFC tengan éxito, especialmente a largo plazo.

Según CNCF (1999), el manejo forestal sostenible (MFS), impone varias restricciones de tipo ecológico, económico y social, que conllevan a una reducción sustancial en los ingresos económicos. Por ejemplo en Costa Rica los estándares del MFS incluyen:

- Zonas de protección donde no se permite la corta a lo largo de cursos de agua y laderas con mucha pendiente;
- Aprovechamiento de individuos con diámetro mayor de 60 cm;
- El aprovechamiento máximo del 60% de los individuos comerciales por especie;
- La prohibición de cortar las especies poco abundantes (menos de 0.3 árboles por hectárea); y
- La veda total de 18 especies.

Estas restricciones contribuyen a reducir la viabilidad financiera del MFS; por lo tanto se requieren de otro tipo de ingresos para que ésta actividad pueda competir con otros usos del suelo. En este sentido, el pago por servicios ambientales PSA, debe jugar un papel estratégico en la política forestal.

2.7 Metodología para la evaluación del aprovechamiento forestal

En Costa Rica se vienen realizando auditorías¹ a las actividades forestales, encargadas por el Estado, como una medida de supervisión y control del desempeño de las operaciones forestales, para lo cual se han desarrollado medios de evaluación como es la "Metodología de visita a tocones", empleada en la auditoría a planes de manejo en la subregión Sarapiquí del Área de Conservación de la Cordillera Volcánica Central - ACCVC (Ortiz *et al* 1998) y consiste en la evaluación de tocones (especie, diámetro, largo de caída del árbol y superficie del claro producido por la caída); área impactada por la construcción de caminos y patios de acopio y presencia de árboles portadores y remanentes (especie, marcaje, diámetro y presencia de daños en el árbol).

¹ Las auditorías son actividades que realizan las instituciones gubernamentales para controlar el cumplimiento de las empresas madereras de las regulaciones legales del manejo forestal (Pokorny, 2003).

Hernández (1999), validó la metodología de "visita a tocones" en una zona correspondiente al Área de Conservación Huetar Norte en Costa Rica y consideró que es un mecanismo, que puede desarrollarse posterior al aprovechamiento, el cual ayuda a evaluar el cumplimiento del regente forestal con las obligaciones y deberes que el Estado le otorga, así como el impacto de las labores de aprovechamiento sobre el suelo, el agua y el bosque remanente. Esta metodología, según el investigador, permitió cuantificar el impacto del aprovechamiento forestal de una manera rápida, representativa, sencilla y eficiente, para los aprovechamientos ejecutados en la zona de estudio.

2.8 La certificación forestal y el MFS

La certificación forestal se define como un instrumento que permite verificar que el manejo forestal se realiza de acuerdo a un conjunto de estándares reconocidos y aceptados internacionalmente, además es otorgada exclusivamente por organismos certificadores independientes, debidamente acreditados (FSC, 2003 y FAO, 2002). Campos y Muller (1999) refiriéndose a la certificación, indican que éste es precisamente uno de los mecanismos que pueden contribuir a mejorar las prácticas silvícolas y el impacto socio-económico y ambiental del manejo forestal.

Los programas de certificación, están diseñados para unidades de manejo forestal y evalúan el desempeño de una operación forestal en particular (Johnson y Cabarle, 1995). Los programas de certificación tales como "Smartwood" de la Alianza para el Bosque Lluvioso, "Cruz Verde" de Sistemas de Certificación Científica y Productos forestales Ecológicos, "Certificados del Pacífico" del Instituto para Forestería Sostenible, promueven la administración forestal y la producción sostenible de madera basados en criterios ecológicos, sociales y económicos (FAO, 1997).

Johnson y Cabarle (1995), indican que para evaluar la sostenibilidad del ecosistema, se necesita seguir con atención y monitorear una amplia gama de indicadores como las tasas de regeneración, estado de la biodiversidad, microclima, nutrientes, hidrología y erosión, patologías, vientos, fuegos entre otros. Estos aspectos son contemplados en los principios, criterios e indicadores de la certificación forestal voluntaria.

Todos los sistemas de certificación actuales o propuestos se basan en evaluar el grado de ordenación forestal que se está aplicando para determinar si los bosques están siendo

manejados bien, sosteniblemente o no. FAO (1995), considera que el manejo forestal se constituye en una de las formas y medios más viables para lograr los objetivos de la conservación y el desarrollo de los bosques; y el rol de los criterios e indicadores es el de definir los elementos esenciales de manejo forestal contra los cuales se puede evaluar la sostenibilidad de los bosques. Simula (1995) refiriéndose a la certificación forestal, sostiene que este mecanismo se ha convertido en el instrumento más aceptado –aunque todavía muy discutido - para evaluar y calificar el manejo mediante una auditoria externa e independiente.

Durante los últimos años, la superficie de bosques sometidos a planes de ordenación forestal, continúa aumentando. FAO (2002) reporta que la superficie global total de bosques certificados hasta junio del 2002 llegó a alcanzar 119 millones de hectáreas, en su mayoría auditadas bajo los sistemas internacionales del FSC² y el Pan European Forest Council (PEFC); sin embargo, aún la mayor parte del área certificada se encuentra en un reducido número de países templados, principalmente América del Norte y Europa y existen pocas áreas de bosques certificados en países tropicales. En América Latina la superficie de bosques certificados alcanza actualmente 3,6 millones de ha, concentrados en unos pocos países, como Brasil (1.2 millones de ha), Bolivia (0.9 millones de ha), México (0.5 millones de ha) y Guatemala (0.3 millones de ha).

Por otra parte, en Centroamérica se observa un incremento significativo de las superficies certificadas, tal como lo confirman Stoian y Carrera (2001) cuando reportan que esta superficie aumentó de 63,076 ha, con la que se contaba a principio de los años 90, a 261,804 ha, hasta mediados del año 2001 (constituidas por 26 unidades de manejo forestal certificadas). Actualmente FSC (2002), reporta para Costa Rica una superficie total certificada de 86,000 ha, bajo la responsabilidad de 17 empresas certificadas, todas bajo el esquema del FSC. Del total de la superficie reportada, el 30% (26,000 ha aproximadamente) corresponden a bosques naturales certificados y el 70% restante a plantaciones. Los bosques naturales certificados se encuentran bajo la responsabilidad de la ONG FUNDECOR y Portico S.A. (que manejan superficies de 17,551 ha y 8,252 ha, respectivamente).

² Organización Internacional única de normalización y acreditación, sin fines de lucro, comprometida con el fomento de la conservación restauración y protección de los bosques de producción del mundo. Se ha propuesto lograr hasta el año 2007, someter al año 2007 el 30% de la superficie de bosques de producción del mundo a la certificación y a la participación en el mercado mundial de madera, con el 15% de la producción de bosques certificados (OIMT 2002).

2.8.1 Beneficios reconocidos de la certificación forestal

En un reporte reciente de la OIMT (2002), uno de los grandes beneficios de la certificación, a la fecha, ha sido su capacidad para mejorar las políticas forestales especialmente mediante la concientización sobre las posibilidades para la ordenación forestal sostenible y mediante los procesos de políticas de descentralización y democratización.

Por otra parte González citado por Louman *et al* (2002) resalta la experiencia de la ONG Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR) que ha demostrado que la certificación puede jugar un papel importante, ya sea para obtener mejores precios o para facilitar la calificación al PSA de las unidades de manejo forestal que operan bajo este sistema, que ofrece el Gobierno de Costa Rica con el apoyo de algunas empresas hidroeléctricas.

2.9 Pago por servicios ambientales

Aunque es una realidad que el concepto de pago por servicios ambientales está en proceso de construcción, Mejías y Segura (2002), con base en la legislación forestal costarricense, sostienen que desde el punto de vista económico los servicios ambientales son "externalidades³ positivas" que generan los recursos naturales tales como el bosque y su biodiversidad; para que tales beneficios sean internalizados debe darse un pago. Los autores definen el PSA como "*el mecanismo financiero mediante el cual se reconoce el pago efectivo (ya sea en dinero, especies u otra forma) a los productores de servicios ambientales por parte de los consumidores (beneficiarios) de estos por una cantidad y calidad determinada de servicios brindados, en un determinado periodo de tiempo*".

Los mismos autores, consideran que la comunidad internacional reconoce el potencial que representa el PSA como instrumento financiero para dar contenido económico a los programas de conservación, mediante la internalización de beneficios externos globales, nacionales y locales. Añaden que Costa Rica es uno de los países que ha sabido aprovechar bien este instrumento y destaca a nivel internacional por ser la primera nación en implementar este sistema.

³ Las externalidades en términos simples y concretos son los beneficios y perjuicios no evaluados o contabilizados por los mercados, existen de tipo positivo, cuando representan beneficios sociales y negativo cuando representan costos sociales (Martínez, citado por Mejías y Segura, 2002)

El PSA se puso en marcha en Costa Rica en 1996, con la Ley Forestal N° 7575 (La Gaceta, 1996). Esta es una medida novedosa para valorar las actividades forestales por los servicios que prestan a la sociedad y una forma efectiva de internalizar los beneficios a quienes son responsables por implementar en el campo las prácticas sostenibles que contribuyen a conservar los bosques tropicales (Nasi *et al*, 2002).

Campos *et al* (2000) manifiesta que una de las innovaciones más importantes de la Ley Forestal de Costa Rica de 1996 es la decisión de compensar a los dueños de bosque por los servicios ambientales que sus bosques ofrecen a la sociedad y considera que el PSA constituye un nuevo eslabón en una larga cadena de herramientas de política para fomentar la actividad forestal y detener el proceso de deforestación en el país. En la actualidad Costa Rica cuenta con servicios ambientales reconocidos entre los que cabe citar: la protección de la biodiversidad, la mitigación de gases con efecto invernadero, el mantenimiento del ciclo hidrológico y la protección de la belleza escénica natural (MAG/CATIE, 2002).

3.1 Localización

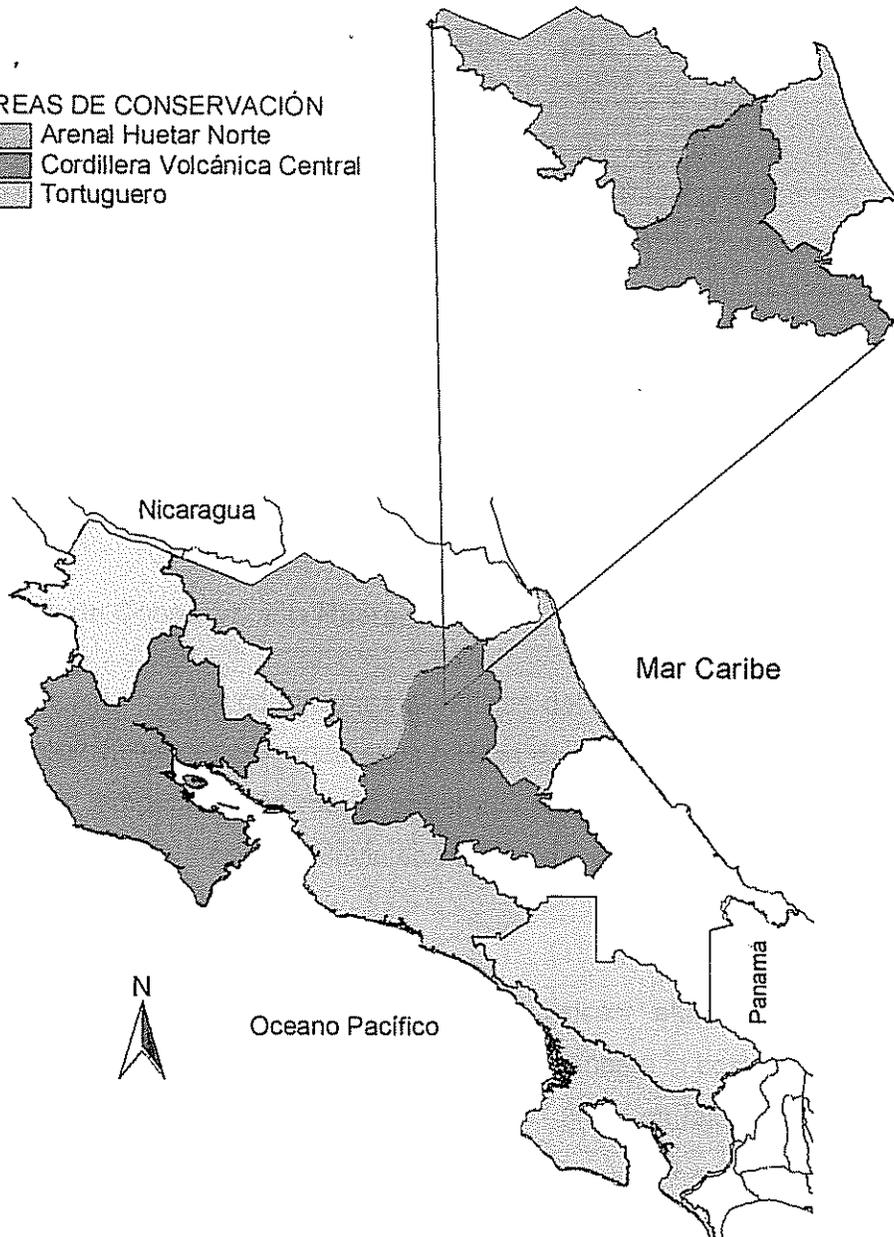
La investigación se desarrolló en Costa Rica, en tres áreas de conservación⁴: Tortuguero, Huetar Norte y Cordillera Volcánica Central, en las subregiones de Guacimo-Pococí; San Carlos, Pital y Upala; y Sarapiquí respectivamente (Mapa 1). Se encuentran ubicadas en la zona norte y central de Costa Rica, desde la Cordillera Volcánica Central hasta la frontera con Nicaragua, con una extensión aproximada de 1,520,000 ha que corresponde al 30% de la superficie del país. En el área se ubicaron 30 fincas sometidas al régimen forestal con y sin mecanismos de promoción, como el pago por servicios ambientales (PSA) y la certificación voluntaria (CFV), de las cuales ocho contaban con pago por servicios ambientales para el manejo forestal, seis se encontraban certificadas bajo el esquema del FSC y seis contaban con ambos mecanismos de promoción del manejo forestal PSA y CFV. Las 10 fincas restantes no contaron con ningún tipo de mecanismo del manejo forestal sostenible. La superficie total que abarca el estudio es de 3,687 ha, con un área efectiva bajo manejo de 1,752 ha, donde se realizó la evaluación (Mapa 2).

Cada una de las fincas evaluadas, denominadas en el presente estudio como unidades de manejo forestal (UMF), presentan diferentes características topográficas, fisiográficas y climatológicas; sin embargo, se encuentran dentro de las zonas de vida de bosque húmedo tropical (bh-T) y bosque muy húmedo tropical (bmh-T), según la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1982). La distribución de cada área de conservación se presenta en el Cuadro 1.

⁴ Un Área de Conservación es una unidad territorial administrativamente delimitada, en donde se interrelacionan actividades tanto privadas como estatales y se buscan soluciones conjuntas, orientadas por estrategias de conservación y desarrollo sostenible de los recursos naturales (SINAC, 2002).

ÁREAS DE CONSERVACIÓN

- Arenal Huetar Norte
- Cordillera Volcánica Central
- Tortuguero



Mapa 1. Ubicación de la zona de estudio. Areas de Conservación Huetar Norte, Cordillera Volcánica Central y Tortuguero en Costa Rica.

Cuadro 1. Unidades de manejo forestal seleccionadas en cada una de las áreas de conservación y agrupadas de acuerdo al mecanismo de promoción (tratamientos).

Área de conservación	Tratamientos				Total
	Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV	
Huetar Norte (HN)	7	6	0	0	13
Tortuguero (TO)	2	1	2	0	5
Cordillera Volcánica Central (CVC)	1	1	4	6	12
Total	10	8	6	6	30

Testigo = UMF sin mecanismos de promoción del manejo forestal

PSA = UMF con pago por servicios ambientales

CFV = UMF con certificación forestal voluntaria

PSA-CFV = UMF con pago por servicios ambientales y certificación forestal voluntaria

3.2 Características bioclimáticas del área de estudio

3.2.1 Área de Conservación Huetar Norte

Está influenciada por las condiciones climáticas del Atlántico, y en su mayor parte presenta un clima tropical lluvioso. Alcanza altos niveles de precipitación (registrándose entre 3000 y 4000 mm), la temperatura promedio anual es de 25° C y la humedad relativa del aire varía entre 85 y 90 %. Los meses de lluvia son de junio a diciembre y los meses secos de febrero a abril (COSEFORMA, 1995).

Los suelos presentan buenas características físicas: alta porosidad, buena estructura, permeabilidad y profundidad. Las partes bajas cercanas a la costa atlántica presentan suelos de drenaje más pobre, mientras que el resto del área, en las zonas onduladas cuenta con drenaje moderado o bueno (Vásquez, 1991).

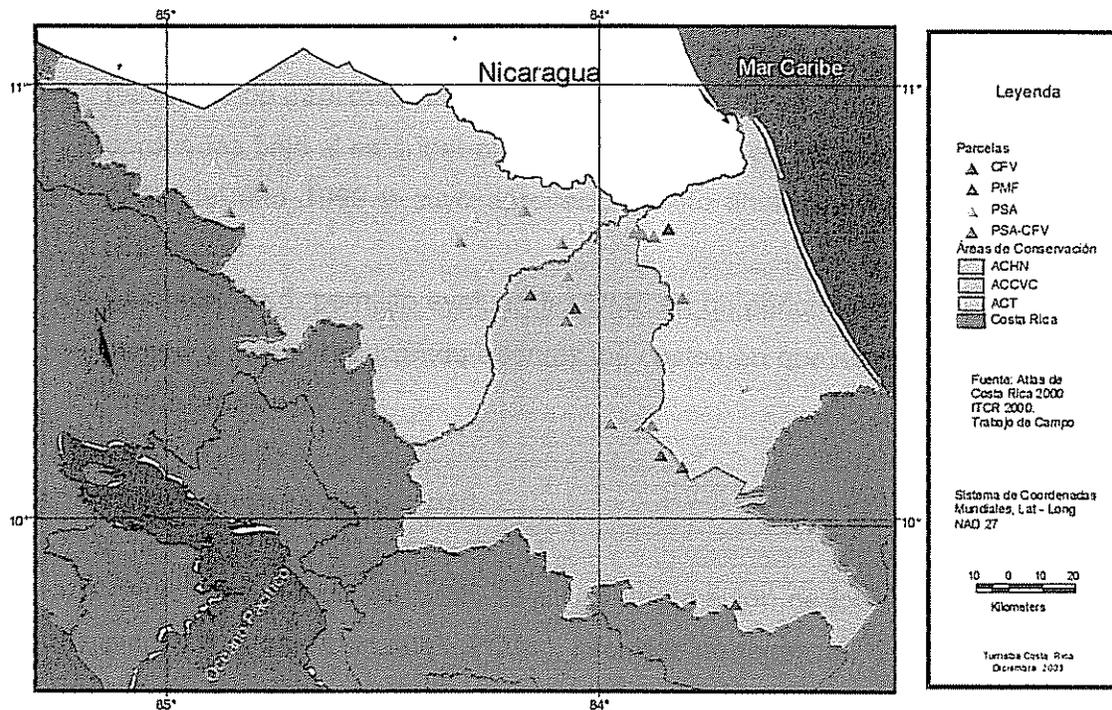
Según COSEFORMA, citado por Hernández (1999), reporta que en esta zona sólo el 26.8% está cubierta por bosques, y la otra parte restante cubierta por diferentes tipos de vegetación que responden a diferentes tipos de uso del suelo. Así mismo indica que hasta el año 1994, se registró que en esta región existían 190,809 ha de bosques, de los cuales sólo 30,890 ha corresponden a bosques primarios, con un promedio de 61,7 árboles ha⁻¹ y volumen de 146 m³ha⁻¹ para individuos con dap ≥ 30 cm.

3.2.2 Área de Conservación Tortuguero

Es considerada como una de las más húmedas del país debido a la constante entrada de humedad transportada por los vientos alisios del mar Caribe. El promedio de la precipitación anual oscila entre 3,055 y 5,612 mm. La temperatura promedio anual oscila entre 25 – 26° C, con una pequeña disminución de la temperatura en los meses de diciembre y enero, producto de las masas de aire frío que llegan procedente del norte. La humedad relativa es de 88%. El área presenta suelos aluviales recientes y terrazas antiguas en disección y algunas colinas de suelos residuales, con predominancia de suelos rojizos pesados y de baja fertilidad natural o suelos aluviales mal drenados o inundados de textura media y con mediana a baja fertilidad. La topografía es de pendientes suaves, de plana cóncava a ondulada y con algunas pendientes escarpadas. Las unidades de vegetación reconocidas son: pantano herbáceo, con árboles bajos, bosque bajo, bosque de llanura y bosque de colinas, en los que predominan especies como: *Pentaclethra macroloba*, *Dipteryx panamensis*, *Carapa guianensis*, *Luehea seemannii*, *Prioria copaifera*, *Ceiba pentandra*, *Hieronyma oblonga* y palmeras como *Iriarteia gigantea* y *Euterpe sp.* (UICN, 1991).

3.2.3 Área de Conservación Cordillera Volcánica Central

Esta zona se ubica en la transición entre el bosque muy húmedo premontano (bmh-P) y el bosque muy húmedo tropical (bmh-T). De acuerdo con los registros de la Estación Biológica "La Selva", la temperatura promedio anual es de 25°C. La precipitación promedio anual, para los periodos de 1959-1982 y 1982-1986 fue de 3721 y 3833 mm respectivamente (Instituto Meteorológico Nacional, citado por Delgado et al, 1997). Se presenta típicamente una época menos lluviosa que comprende los meses de enero, febrero, marzo y abril.



Mapa 2. Ubicación de las UMF en el área de estudio, identificados de acuerdo a los tratamientos.

3.3 Selección y características de las unidades de manejo forestal (UMF)

3.3.1 Proceso de selección

Las UMF identificadas para el estudio fueron agrupadas de acuerdo a si contaban o no con algún mecanismo de promoción, como PSA, CFV o ambos. Se obtuvo cuatro grupos, tres grupos con mecanismos de promoción del manejo forestal y un grupo sin ellos. Cada uno de estos grupos fue considerado como un tratamiento, el último grupo (sin mecanismos) se consideró como el tratamiento Testigo.

A su vez las UMF identificadas fueron seleccionadas con base en los siguientes criterios:

- ✓ **Superficie efectiva de manejo** no menor de 15 ha ni mayor de 150 ha, ya que dentro de este rango se encuentran bosques manejados por propietarios individuales, que son los más representativos en el país. UMF con superficies superiores, son manejadas por empresas forestales a nivel industrial.
- ✓ **Rango altitudinal** entre 50 – 600 msnm, permitieron evaluar bosques con similares características de topografía, fisiografía y composición florística.

- ✓ **Rango altitudinal** entre 50 – 600 msnm, permitieron evaluar bosques con similares características de topografía, fisiografía y composición florística.
- ✓ **Tipo de regencia:** de preferencia se seleccionaron UMF regentadas por ONGs o empresas forestales, con la finalidad de uniformizar las muestras, ya que en su mayoría las UMF con incentivos de PSA y CFV son regentadas por ONG.
- ✓ **Periodo de aprovechamiento,** se seleccionaron aquellas UMF que fueron aprobadas bajo el estándar oficial de sostenibilidad del manejo forestal, ejecutadas a partir del año 1999 y cuyo aprovechamiento finalizó un año antes de la presente evaluación.
- ✓ **Accesibilidad:** permitió evaluar las UMF en un periodo de similares condiciones (de tiempo y clima), reduciendo además los costos en que se puede incurrir por factores desfavorables.

3.3.2 Características de las UMF

Para la caracterización de las UMF, se utilizó información de los planes de manejo forestal (PMF), planes operativos anuales (POAs), informes de regencia, documentos de aprobación del aprovechamiento forestal (resoluciones) e informes técnicos del MINAE. Se tomaron como primeras características de las UMF, las relacionadas directamente con los criterios de selección.

La información de los PMF e informes de regencia, permitieron evaluar aspectos referentes a la planificación de las actividades operativas, características de las operaciones del aprovechamiento (intensidad del aprovechamiento); así como, las medidas adoptadas como parte de la supervisión, control y protección de las UMF. La información registrada en los PMF sobre condición del bosque antes del aprovechamiento, fue comprobada durante el trabajo de campo. La información recopilada se registró en el formulario E "Información general de la UMF" Anexo 2

3.3.3 Variables identificadas y metodología de medición

➤ Variables de características de las UMF

Las variables evaluadas que responden a las características de las UMF antes del aprovechamiento fueron:

- Tamaño de la UMF.- se clasificó entre los rangos: pequeño (11 – 40 ha), mediano (50 – 100 ha) y grande (101-160 ha)
- Rango altitudinal.- se clasificaron en 3 rangos: 30-100 msnm, $\geq 100-400$ msnm y $\geq 400-600$ msnm.
- Tipo de Bosque.- la clasificación, se realizó con base en el estudio de Gallo (1999), quien identificó 7 tipos de bosque para la zona norte de Costa Rica.
- Tipo de Regencia.- se clasificó en grupos regentados por ONGs (FUNDECOR y CODEFORSA) o regentes particulares. Para el análisis estadístico se calificaron como: 1 (UMF regentadas por ONGs) y 2 (UMF regentadas por particulares).
- Área basal (antes del aprovechamiento).- se utilizó la información registrada en el plan de manejo, generada por el inventario forestal para árboles ≥ 30 cm de dap.
- Número de Individuos (antes del aprovechamiento).- los datos proceden de la misma fuente del área basal, registrados en el plan de manejo.
- Estado del Bosque (sin intervención o intervenido).- Se tomó inicialmente la información registrada en el plan de manejo, luego durante el recorrido de campo se verificó la existencia o no de tocones viejos que no correspondían a la última intervención (en proceso de evaluación). Se calificó como 1 (bosque no intervenido) y 2 (bosque intervenido).

➤ **Variables de planificación y cuidados de las operaciones de aprovechamiento**

Se seleccionaron las siguientes variables representadas en el mapa base (MB) o reportadas en los informes de regencia:

- Ubicación de caminos, pistas y patios de acopio
- Dibujo de curvas de nivel
- Ubicación de árboles de cosecha, remanentes y en veda
- Identificación y demarcación de zonas de protección
- Ubicación de redes hidrográficas
- Señalización de caída de árboles y
- Modificación de caminos

Para cada una de ellas, se evaluó la calidad de la información proporcionada en el MB y comprobó con la información registrada durante la evaluación de campo, para determinar la coherencia entre lo planificado y ejecutado. Las modificaciones realizadas durante la

ejecución del aprovechamiento, reportadas y justificadas oportunamente en los informes de regencia, se consideraron como positivas. Las respuestas fueron calificadas como: 1 (si cuenta con la información, existe o es correcta) y 2 (no cuenta con información, no existe o es incorrecta).

➤ **Variables de intensidad del aprovechamiento, supervisión, control y protección de las UMF**

- Intensidad del aprovechamiento - se utilizó información registrada en los informes de regencia (número de árboles extraídos y volumen aprovechado) presentados al final del aprovechamiento.
- Monitoreo y seguimiento - se evaluó mediante dos fuentes de información: informes de regencia (después del aprovechamiento) y consulta a los propietarios de las fincas. Los resultados fueron calificados como 1 (si existe) y 2 (no existe) monitoreo y seguimiento de las operaciones después de finalizado el aprovechamiento.
- Colocación de rótulos - durante el trabajo de campo se corroboró si la UMF contaba o no con rótulos que indiquen el régimen forestal al que está sometido, calificándose como: 1 (si presenta) y 2 (no presenta).
- Vigilancia - igual que para el caso anterior esta variable se evaluó durante el trabajo de campo. Los resultados se clasificaron en tres categorías: 1 (permanente), 2 (temporal) y 3 (sin vigilancia).
- Corta de madera no autorizada.- se revisaron informes de regencia e informes de técnicos de MINAE; así mismo durante el trabajo de campo, se evaluaron actividades ilegales de extracción post-aprovechamiento. Se calificó la ocurrencia como: 1 (no presenta) y 2 (si presenta),
- Cacería - se utilizaron las mismas fuentes de información que para la variable anterior, además se realizó la consulta a propietarios y vecinos. La ocurrencia se calificó como: 1 (no existe) y 2 (si existe).

3.4 Evaluación y selección de los criterios e indicadores

Con base en los atributos de tipo de parámetro (insumo, proceso y resultado), factibilidad y no redundancia, se seleccionaron los indicadores a evaluar. Se sometieron a evaluación un total de cinco criterios y 39 indicadores del Principio 6 "*Impacto ambiental del manejo forestal*", 19 correspondieron al estándar nacional original (CNCF, 1999) y 20 al estándar nacional modificado (Decreto Ejecutivo N° 30763-MINAE); 7 indicadores del principio 6 del

estándar para la evaluación de la sostenibilidad (Mc Gingley y Finegan, 2002) y 12 indicadores de la Dimensión 1 "Estructura y composición de rodales" del monitoreo biológico de bosques de alto valor para la conservación (Finegan *et al*, 2004) (Cuadro 1A del Anexo 1).

Después de la selección final de los indicadores para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal, el estándar quedó conformado por dos criterios y nueve indicadores, de los cuales cuatro corresponden a parámetros de proceso y cinco a parámetros de resultado (Cuadro 2).

3.4.1 Evaluación de los indicadores

Concluida la fase de selección y contando con el juego de indicadores definidos y aprobados para la evaluación del desempeño del manejo forestal, se procedió a elaborar el protocolo para la medición de cada uno de los indicadores. Este documento se elaboró con base en las metodologías existentes desarrolladas para la evaluación de la sostenibilidad del manejo forestal de Costa Rica - CNCF (Delgado *et al*, en prensa) y para el monitoreo biológico en operaciones de manejo forestal certificados por el FSC en Bosques de Alto Valor para la Conservación (Finegan *et al*, 2004). Cuadro 2A del Anexo 1.

El protocolo elaborado fue puesto en práctica en el campo, para determinar su aplicabilidad en tiempo y espacio. Posteriormente se procedió a planificar y ejecutar el trabajo de campo.

3.4.2 Planificación de la evaluación de los indicadores en cada una de las UMF

- ✓ Independientemente de los tratamientos, se ubicaron en el mapa las UMF y las rutas de acceso a cada una de ellas.
- ✓ Se agruparon las UMF por zonas geográficas y se programó el tiempo requerido para la evaluación de cada una.
- ✓ Para la medición de los indicadores en el campo, se agruparon las variables que contaban con similares procesos:
 - Medición en parcelas de muestreo⁵ (estructura horizontal y vertical del bosque),

⁵ Metodología utilizada comúnmente para evaluar la estructura horizontal del bosque (permite obtener datos de: número de individuos, especies y área basal). Estas parcelas también se utilizaron para la evaluación de la estructura vertical.

- Visita de tocones⁶ (ubicación de árboles cortados, tamaño de claros, árboles portadores) y medición de caminos (100% de caminos secundarios, 30% de pistas de arrastre), durante este último, se midieron además: pendientes, erosión, instalación de obras de conservación, estado de los cursos de agua, evidencia de cambios de uso (socola, quema u otros) y cierre de aprovechamiento.

Cuadro 2. Estándar final utilizado para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal en Costa Rica.

PRINCIPIO (6)	
<i>El manejo forestal mantiene las funciones ecológicas de los ecosistemas forestales, lo que asegura la conservación de la biodiversidad y de los recursos hídricos y edáficos.</i>	
Criterio 1 (6.1) <i>El manejo forestal busca reducir el impacto sobre la estructura y composición del bosque, la erosión hídrica del suelo, la contaminación de aguas por erosión y la sedimentación del sistema natural de drenajes.</i>	
Indicador	Verificador
1.1 (6.1.3*) No se realiza aprovechamiento maderable en áreas con pendiente superior a 60%.	- Pendientes máximas (%) en UMF.
1.2 (6.1.4*) No se realiza aprovechamiento maderable en las áreas de protección descritas en el artículo 33 de la Ley Forestal N° 7575	- Se respetan las zonas de protección ubicadas en el mapa base de la UMF.
1.3 (9.1.1, 6.1.6*) No hay eliminación del sotobosque (socola) ni de palmas, dirigidas al cambio de uso	- No se observan áreas de socola en el bosque manejado
1.4 (9.1.1, 6.1.7*) No hay quemadas intencionales	- No se observan áreas quemadas en el bosque manejado
1.5 (9.1.1, 6.1.8*) Dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola o actividades de pastoreo	- No se observa cultivo agrícola o pastoreo en el bosque manejado.
1.6 (6.1.5*) La corta y la extracción se realiza cuando las condiciones meteorológicas permiten minimizar el impacto negativo en el ecosistema y en las obras de infraestructura relevantes para la comunidad local.	- Los caminos y pistas no presentan signos de paso de tractor cuando el suelo se encuentra húmedo. Se mide la profundidad de huellas de tractor
Criterio 2 (6.3) <i>El manejo deberá orientarse a mantener las funciones ecológicas vitales del ecosistema forestal. Estas incluyen: a) la regeneración natural y la sucesión, b) la diversidad genética suficiente para mantener el sistema de producción, c) los procesos naturales que afectan la productividad del ecosistema forestal, y d) las funciones y procesos del sistema natural de drenajes.</i>	
2.1 (6.3.1, 6.2.1* y 1**) Los tratamientos silviculturales, si se aplican, mantienen la estructura disetánea del bosque. El área basal del rodal del bosque se mantiene y la abundancia de árboles no varía.	Área basal para individuos ≥ 30 cm ($m^2 ha^{-1}$) Abundancia de árboles (individuos por hectárea ≥ 30 cm de dap ($arb ha^{-1}$)). Estructura vertical del bosque - Variabilidad estructural y Cobertura de la vegetación
2.2 (6.3.4 y 6.2.12*) Se aplican medidas para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes	- Los cursos de agua cuentan con infraestructura adecuada (puentes, alcantarillas, desagües) para evitar la erosión hídrica - Estado de los cursos de agua
2.3 (6.3.11) En la ejecución del aprovechamiento y del manejo, se procura el mínimo impacto negativo en la masa forestal remanente, suelo y agua, que contempla los siguientes aspectos y correspondientes niveles aplicables	

⁶ Metodología aplicada durante las auditorías nacionales a planes de manejo. Esta metodología fue validada en la evaluación de aprovechamientos forestales en la región Huetar Norte de Costa Rica (Hernández 1999). Consiste en evaluar el 30% de los tocones y el área impactada por la caída de árboles; así como, el recorrido del 100% de las vías que se utilizaron para el aprovechamiento y los patios de acopio

Indicador	Verificador
2.3 1 (a) El área de claros ocasionada por la corta no sobrepasa el 15% del área definida como bosque productor	- Superficie promedio de claros ocasionada por la corta de árboles (m ²) - Área total de claros ocasionada por la corta de árboles (%BP)
2.3 2 (b) El área de patios de acopio ubicados dentro del bosque no ocupa más del 1% del área de bosque productor	- Superficie promedio de patios de acopio (m ²). - Área total de patios de acopio dentro de la unidad de manejo (%BP).
2.3 3 (c) Los caminos primarios ubicados dentro del bosque, por los que circulan camiones, no ocupan más del 2% del área de bosque productor. Asimismo, las rondas de estos caminos no sobrepasan el 2% de dicha área. Estos caminos tienen pendientes menores al 20 % y tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y los daños al suelo y aguas. Al concluir la operación se asegura el mantenimiento de los caminos primarios y secundarios con las medidas necesarias para evitar la erosión.	- Densidad de caminos primarios (distancia total / área efectiva de manejo) - Superficie ocupada por caminos primarios y rondas, con relación al bosque productor (% BP) - Pendientes máximas (%) - Se instalaron obras de conservación para minimizar la erosión (barreras de contención, terrazas y zanjas) - No existe erosión en caminos primarios y secundarios
2.3 4 (d) Los caminos secundarios, donde circula el tractor o 'skidder', no sobrepasan el 8% del área de bosque productor. En estos caminos no existen pendientes mayores al 40% y los pasos de agua son funcionales. Al final de la operación estos caminos se clausuran y se toman medidas para evitar la erosión y restituir las funciones y el proceso del sistema natural de drenajes.	- Densidad de caminos secundarios (distancia total/área efectiva de manejo) - Superficie ocupada por caminos secundarios con relación al bosque productor (% BP) - Pendientes máximas (%) - Informe de cierre del aprovechamiento - Caminos clausurados - Se instalaron obras de conservación del suelo, para minimizar la erosión (barreras de contención, terrazas y zanjas) - Las obras de conservación son funcionales - No existe erosión en caminos
2.3 5 (e) Las pistas de arrastre ocupan un máximo del 3% del área de bosque productor	Densidad de pistas de arrastre (distancia total/área efectiva de manejo). Superficie ocupada por pistas de arrastre con relación al bosque productor (%BP).
2.3 6 (f) En todo caso la sumatoria del impacto del aprovechamiento no sobrepasará el 25% del área efectiva	Superficie total impactada por construcción de caminos, pistas de arrastre, patios de acopio y claros por corta de árboles (% BP)

Nota:

El primer número en paréntesis corresponde a los indicadores originales del estándar nacional para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica (CNCF, 1999) y el segundo número (con asterisco) a indicadores del estándar nacional modificado con Decreto Ejecutivo N° 30763-MINAE – 2002.

3.4.3 Metodología para la evaluación de los indicadores

Se midieron en el campo cada uno de los indicadores a través de variables de respuesta previamente identificadas. La metodología para la evaluación de los verificadores integró las metodologías de visita a tocones e instalación de parcelas de muestreo. La información fue recopilada en formularios.

A continuación se detalla cada una de las variables evaluadas que permitieron medir los indicadores de cada criterio.

Criterio 1. *“El manejo forestal minimiza los impactos negativos sobre la estructura y composición del bosque, la erosión del suelo, la contaminación de aguas por erosión y la sedimentación del sistema natural de drenajes”.*

Indicador 1.1 *No se realiza aprovechamiento maderable en áreas con pendiente superior a 60%.*

Verificador: Pendientes máximas registradas en las UMF.

Metodología.- se revisó la información general presentada en el plan de manejo, y en el mapa base se identificaron las zonas con mayor pendiente, se observó si estas zonas se encontraban delimitadas como zonas de protección por pendiente. En gabinete la información se registró en el formulario: "información general de la UMF". Esta información fue corroborada en campo, durante el recorrido de caminos y visita de tocones, el resultado se registró en el formulario B4 del Anexo 2.

Indicador 1.2 *No se realiza aprovechamiento maderable en las áreas de protección descritas en el artículo 33 de la Ley Forestal N° 7575.*

Verificador: Se respetan las zonas de protección ubicadas en el mapa base.

Indicador 1.3 *No hay eliminación del sotobosque (socola) ni de palmas, dirigidas al cambio de uso.*

Verificador: No se observan áreas de socola en el bosque manejado.

Indicador 1.4 *No hay quemadas intencionales*

Verificador: No se observa superficie quemada en el bosque manejado.

Indicador 1.5 *Dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola o actividades de pastoreo*

Verificador: No se observa cultivo agrícola o pastoreo en el bosque manejado.

Metodología.- la información que responde a los cuatro indicadores anteriores fue tomada mediante observación del área bajo manejo, durante el proceso de visita a tocones y recorrido de caminos. Se determinó si existían tocones o caminos de arrastre en zonas de protección, la información fue registrada en el formulario A1 del Anexo 2. Se observó si existía evidencia de socola, quemadas intencionales o establecimiento de cultivos agrícolas y/o pastoreo. En el caso de evidencia de socola y quemadas intencionales se calculó la superficie aproximada. La información fue registrada en el formulario B4 del Anexo 2.

Indicador 1.6 *La corta y la extracción se realiza cuando las condiciones meteorológicas permiten minimizar el impacto negativo en el ecosistema y en las obras de infraestructura relevantes para la comunidad local.*

Verificador: Los caminos y pistas no presentan signos de paso de tractor en época lluviosa o cuando el suelo se encuentra húmedo. Se mide la profundidad de huellas de tractor.

Metodología - Durante el proceso de recorrido de caminos y pistas de arrastre se midió la profundidad de las huellas de tractor, clasificadas como se muestra en el Cuadro 3. Aunque este factor esta relacionado principalmente al tipo de maquinaria, número de pasadas de la misma y tipo de suelo, puede indicar también si hubo o no paso de la maquinaria en época lluviosa o cuando las condiciones del suelo no fueron adecuadas (saturación por humedad).

Cuadro 3. Clasificación de las huellas de tractor de acuerdo a su profundidad.

Tipo de huellas	Profundidad	Observaciones
Poco profundas	no superaba los 10 cm	
Profundas	> 10 cm hasta 20 cm	signos de encharcamiento
Muy profundas	> 20 cm	obstrucción de paso de agua

La información se registró en los formularios B2 y B3 de caminos secundarios y pistas de arrastre (Anexo 2).

Criterio 2. *"El manejo forestal mantiene los procesos naturales y las funciones ecológicas vitales del ecosistema forestal. Estas incluyen: a) la regeneración natural y la sucesión; b) la conservación de la biodiversidad; c) los ciclos biogeoquímicos naturales que mantienen la productividad del ecosistema forestal; y d) la protección del recurso hídrico".*

Indicador 2.1 *Los tratamientos silviculturales, si se aplican, mantienen la estructura disetánea del bosque⁷. El área basal del rodal del bosque se mantiene y la abundancia de árboles no varía.*

Verificadores: estructura horizontal y vertical del bosque.

En el formulario "Información General de la UMF" se registró el área basal y número de individuos antes del aprovechamiento.

⁷ El aprovechamiento es considerado muchas veces como el primer y más importante tratamiento silvicultural destinado al manejo de un bosque natural. La cosecha de árboles maduros con fines comerciales abre el dosel y disminuye la competencia por sitio al reducir el área basal (Quiroz, 2001). El aprovechamiento forestal bien planificado y ejecutado puede ser considerado como tratamiento silvicultural para mejorar la vitalidad y salud del bosque (Venegas y Louman, 2001).

Metodología.- la evaluación de la estructura del bosque se realizó con base en la Guía de monitoreo ecológico (Finegan *et al*, 2004), se evaluó la estructura horizontal (área basal y número de individuos para árboles ≥ 30 cm de dap) y vertical del bosque (índice de cobertura del follaje), para ello se establecieron, independientemente del tamaño de las UMFs, cuatro parcelas temporales de medición de 30 m x por 100 m de largo (0.3 ha) en cada una de ellas (1.2 ha) La información se registra en el formulario D1 del anexo 2. Los resultados del área basal fueron comparados con los datos antes del aprovechamiento registrados en el plan de manejo, con la finalidad de conocer si se mantiene o no la estructura horizontal del bosque después del aprovechamiento.

Para evaluar la estructura vertical, se estableció dentro de las parcelas temporales de 30 m x 100 m, una línea central, con puntos cada 10 m (que simulaban el centro de una parcela de 10 m x 10 m), donde se estimó el porcentaje de cobertura de vegetación en cinco diferentes estratos en función de la altura: a) 0-2 m, b) 2-9 m, c) 10-20 m, d) 20-30 m, y e) ≥ 30 m (la altura se estimó en forma subjetiva) Usando una escala de valores simple de 0, 1, 2 ó 3, cuando los porcentajes de cobertura eran de: 0, 1-33, 34-66 y 67-100%, respectivamente. La información se registró en el formulario D2 del Anexo 2.

La medición permitió obtener el promedio del índice de cobertura vegetación para cada estrato y el promedio de la variabilidad estructural del bosque, este último se obtuvo a partir de la sumatoria de los coeficientes de variación de los cinco estratos.

Indicador 2.2 *Se aplican medidas para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes.*

Verificador.- Los cursos de agua cuentan con infraestructura adecuada (puentes, alcantarillas, desagües) para evitar la erosión hídrica

Metodología.- Durante el recorrido del 100% de los caminos y pistas de arrastre, se observó si los caminos contaban con infraestructura para evitar la erosión hídrica y alteración del sistema de drenaje (construcción de canales de drenaje, puentes, alcantarillas, desagües, etc). Se evaluó la remoción de obstáculos en las vías de agua, clasificándolos en término de porcentaje de vías de agua con presencia de obstáculos. Los resultados se registran en los formularios

Con el valor obtenido en porcentaje, se evaluó el estado de los cursos de agua, para toda la UMF, clasificándolos como se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Clasificación del estado de los cursos de agua en las áreas de aprovechamiento forestal evaluadas.

Índice	Estado	Observación
1	Bueno	Cuando el agua escurre sin dificultad por los canales, no existe obstrucción.
2	Regular	Cuando en menos del 50% de los cursos de agua se observan ramas o residuos de árbol talado que obstaculizan el paso normal del agua, pero no existe obstrucción o inundación.
3	Malo	Cuando más del 50% de los cursos de agua se encuentra obstruido por ramas o residuos y existe inundación

Indicador 2.3 *En la ejecución del aprovechamiento y del manejo, se procura el mínimo impacto negativo en la masa forestal remanente, suelo y agua, que contempla los siguientes aspectos y correspondientes niveles aplicables*

Verificador 2.3.1 *El área de claros ocasionada por la corta no sobrepasa el 15% del área definida como bosques*

Metodología.- La evaluación del área de claros, se realizó mediante la visita de tocones. Se muestreó el 30 % de tocones y midió el área de claro ocasionada por la corta de cada uno de ellos. La superficie del claro fue tomada con base al largo total y ancho promedio del claro (el ancho promedio se obtuvo de medir los anchos del claro en la zona de caída de la copa y el fuste). La información se registró en el formulario A1

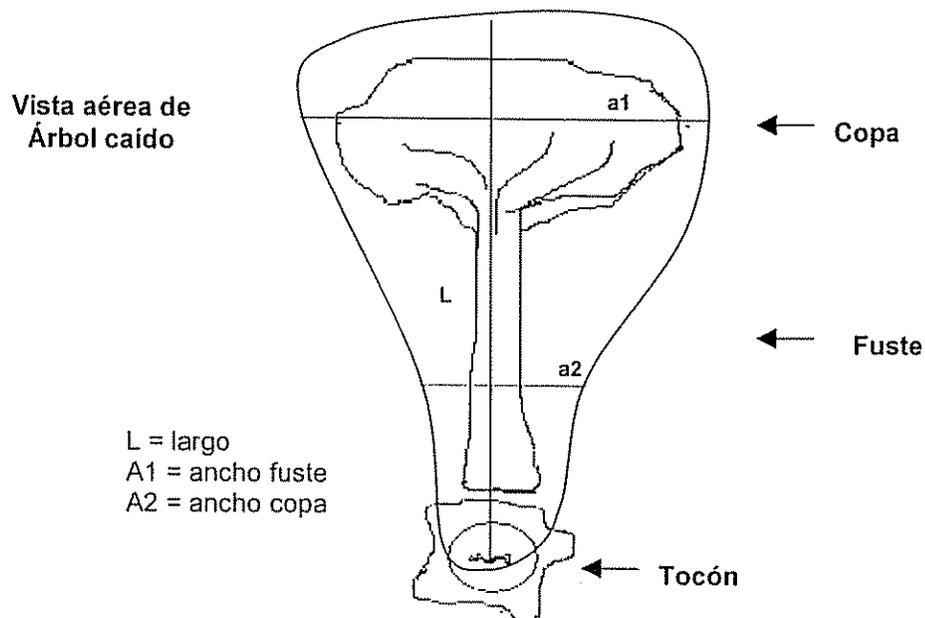


Figura 1. Forma de medición de claro producido por corta de árbol.

Fórmula para determinar el tamaño del claro:

$$[(a_1 + a_2)/2] * L = ac (m^2) = T_{cl} (m^2)$$

El valor obtenido de la sumatoria del 30% de claros evaluado, se proyectó al 100% de árboles aprovechados y se obtuvo un valor total de área de claros ocasionado por la corta. Este valor se calculó en relación al área efectiva de bosque productor, obteniéndose el porcentaje de área de claro ocasionado por la corta de árboles.

$$[(T_{cl} * AC_t) / BP] / 100 = \% BP_{(icl)}$$

donde:

T_{cl} = tamaño promedio de claro (m^2)

AC_t = # de árboles cortados (total)

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

icl = impacto por claros

Verificador 2.3.2 *El área de patios de acopio ubicados dentro del bosque no ocupa más del 1% del área de bosque productor.*

Metodología.- se revisó el plan de manejo forestal e identificaron los patios de acopio ubicados en el área del bosque productor. La información se registró en el formulario "información general de la UMF". Para la evaluación sólo se consideraron los patios de acopio dentro del bosque. Se midió la superficie de cada uno ellos y se levantó además información sobre presencia de residuos, evidencia de remoción de sotobosque o quema. La información se registró en el formulario B4. Para obtener la superficie total ocupada por patios de acopio dentro del bosque productor se realizó la sumatoria de las superficies de los patios y se convirtió a hectáreas.

El porcentaje ocupado con respecto al bosque productor se obtuvo con la fórmula:

$$(\sum pac. / BP) * 100 = \% BP_{ipac}$$

donde:

pac. = superficie ocupada por patio de acopio (ha),

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

ipac = impacto por patios de acopio

Verificador 2.3.3 *Los caminos primarios⁸ ubicados dentro del bosque, por los que circulan camiones, no ocupan más del 2% del área de bosque productivo, asimismo, las rondas de estos caminos no sobrepasan el 2% de dicha área. Estos caminos tienen pendientes menores al 20% y tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y los daños al suelo y aguas. Al concluir la operación se asegura el mantenimiento de los caminos primarios con las medidas necesarias para evitar la erosión.*

Metodología.- Se revisó en el mapa base la planificación de caminos primarios. Sólo se consideraron caminos primarios construidos dentro del bosque. Durante el proceso de recorrido de los caminos se ubicó el camino primario planificado y se midió la longitud total, el ancho de camino y la pendiente, en cada tramo no mayor de 50 m. La superficie ocupada fue calculada con la información de longitud total y ancho promedio del camino.

El valor obtenido se proyectó a la superficie del bosque productivo utilizando la fórmula:

$$(\sum cp / BP) * 100 = \% BP_{icp}$$

donde:

cp. = superficie de caminos primarios (ha)

BP = Bosque productivo (superficie efectiva) (ha)

icp = impacto por caminos primarios

Durante el mismo recorrido se registró la existencia de obras de conservación para minimizar la erosión y daños al suelo y aguas (puentes, alcantarillas, drenajes, cunetas y otros). Se observó además la funcionalidad de la infraestructura y el mantenimiento del camino (limpieza, retiro de obstáculos y cubierta de la capa superficial). La información se registró en el formulario B1.

Verificador 2.3.4 *Los caminos secundarios⁹, donde sólo circula el tractor o 'skidder', no sobrepasan el 8% del área de bosque productivo. En estos caminos no existen pendientes mayores al 40% y los pasos de agua son funcionales. Al final de la operación estos caminos*

⁸ Son caminos que generalmente permiten el acceso al área de manejo y transporte de los productos forestales extraídos desde los patios de acopio hasta los centros de producción, durante todo el año. Tienen características de un camino permanente, puede tener doble vía, cuenta con obras de conservación y capa de asfalto o lastre en su superficie (Carrera *et al*, en prensa)

⁹ Carrera *et al*, (en prensa), definen este tipo de camino como un camino temporal que permite (además del tránsito de skidder) el tránsito de camiones durante la época seca; es una ramificación del camino principal y se dirige a los patios de acopio. En muchas de las operaciones de aprovechamiento en pequeña escala en Centroamérica, los caminos secundarios conectan los patios de montaña con los caminos de acceso, formando la red vial básica de la operación.

se clausuran y se toman medidas para evitar la erosión y restituir las funciones y procesos del sistema natural de drenajes.

Metodología - Se siguió la misma metodología utilizada para evaluar caminos primarios. La superficie ocupada fue calculada con la información de longitud total y ancho promedio del camino. El valor obtenido se proyectó a la superficie del bosque productor utilizando la fórmula:

$$(\Sigma cs / BP) * 100 = \% BP_{ics}$$

donde:

cs. = superficie de caminos secundarios (ha)

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

ics = impacto por caminos secundarios

Se registró el porcentaje de la pendiente en cada tramo de los caminos y la existencia de obras de conservación para minimizar la erosión del suelo y el recurso hídrico (puentes, alcantarillas, drenajes, cunetas entre otros), así como la funcionalidad de las mismas. Se registró el número de caminos clausurados y evaluó el estado de conservación de cada uno de ellos, en función de si presentaban o no erosión (en forma de cárcavas) u obstrucción por terrazas o barreras (encharcamiento). Los datos se registran en el formulario B2.

Verificador 2.3.5 *Las pistas de arrastre¹⁰ ocupan un máximo de 3% del área de bosque productor.*

Metodología - igual que para el verificador anterior se tomaron datos de longitud y ancho de pistas de arrastre. Los datos se registraron en el formulario B3.

La superficie de impacto en el bosque productor por la construcción de esta vía, se calculó utilizando la misma fórmula que para los caminos; pero haciendo la variación respectiva con respecto al tipo de vía.

$$(\Sigma pa / BP) * 100 = \% BP_{ipa}$$

donde:

cs. = superficie de pistas de arrastre (ha)

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

ipa = impacto por pistas de arrastre

¹⁰ Vías creadas con un movimiento de tierra mínimo por donde circulan los tractores para conectar los sitios de aprovechamiento con los patios de acopio (Carrera et al., en prensa); el ancho promedio de la pista alcanza a 3m y normalmente cubren distancias cortas.

Verificador 2.3.6 *En todo caso, la sumatoria del impacto del aprovechamiento no sobrepasará el 25% del área efectiva.*

Metodología.- con los datos obtenidos de los impactos anteriores se procedió a realizar los cálculos en gabinete. La sumatoria de los impactos generados por la formación de claros por el aprovechamiento de árboles, construcción de caminos primarios, secundarios y pistas de arrastre y construcción de patios de acopio, permitieron calcular el porcentaje de impacto total del aprovechamiento. Este valor se obtuvo utilizando la fórmula:

$$(\Sigma (icp + ics + ipa + ipac + icl) / BP) * 100 = \% BP_i$$

donde:

BP_i = superficie de bosque productivo

3.4.4 Calificación del desempeño:

La información del desempeño del manejo forestal, se evaluó a través de la estadística descriptiva (comparaciones del desempeño ambiental, análisis de promedios y análisis de correspondencia, para evaluar el nivel de agregación y calificación de los parámetros).

Con base en las respuestas a los indicadores del estándar para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal, y los análisis estadísticos, se calificó el desempeño ambiental del manejo forestal en categorías de mejor desempeño, buen desempeño y desempeño satisfactorio.

Cada indicador fue evaluado de manera cuantitativa y se evaluó la frecuencia de promedios asignados dentro de cada aspecto de la dimensión ambiental

3.4.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, las UMF fueron agrupadas dentro de cuatro tratamientos:

T1 = UMF sin mecanismos de promoción del manejo forestal (Testigo)

T2 = UMF con pagos por servicios ambientales (PSA)

T3 = UMF con certificación forestal voluntaria (CFV)

T4 = UMF con pago por servicios ambientales y certificación forestal voluntaria (PSA-CFV).

El diseño empleado correspondió a un Diseño Irrestricto Aleatorio (DIA).

3.4.5.1 Análisis de la información

Los datos obtenidos en la fase de gabinete (para variables de características de la UMF, planificación, control y protección) y de campo (variables de desempeño ambiental), fueron analizados, mediante el análisis univariado y multivariado.

- **Análisis univariado**

Para determinar los promedios y diferencias entre los tratamientos, se analizaron cada una de las variables mediante la estadística descriptiva. Para una mejor interpretación las variables fueron agrupadas de acuerdo a sus respuestas, de la siguiente forma:

- **Impacto y desempeño ambiental del manejo forestal**

Demarcación, corta o dirección de caída de árboles en zonas de protección, evidencia de socla, evidencia de quemas, evidencia de establecimiento de cultivos agrícolas o pastoreo, profundidad de huellas del tractor, área basal (AB) después del aprovechamiento, diferencia de AB, número de individuos (N), diferencia de N, cobertura del follaje, variabilidad estructural, infraestructura para evitar la erosión hídrica, remoción de obstáculos de los cursos de agua, estado de los cursos de agua, claro promedio por árbol, superficie impactada por claros de árbol cortado, residuos y desperdicios de madera en patios de acopio, caminos secundarios erosionados, superficie impactada por caminos secundarios, densidad, ancho y pendientes máximas de caminos secundarios, obras de conservación para evitar la erosión del suelo en caminos secundarios, caminos no clausurados, no presentan informe de cierre, superficie impactada por pistas de arrastre, pendientes máximas, ancho y densidad de pistas de arrastre, presentan pistas dobles o paralelas, impacto por construcción de caminos y patios de acopio, e impacto total por el aprovechamiento.

- **Características de las UMF**

Tipo de bosque, tipo de regencia, intervención del bosque antes del aprovechamiento, intensidad del aprovechamiento (arb ha^{-1} y $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$), área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$) y número de individuos (N) antes del aprovechamiento.

- **Planificación, control y protección de la UMF.**

Ubicación de caminos, patios de acopio y árboles en MB, MB con curvas de nivel, zonas de protección y dirección de caída; modificación de caminos, monitoreo y seguimiento, establecimiento de parcelas de muestreo diagnóstico, tratamientos silviculturales, rotulación, vigilancia, corta de madera no autorizada y cacería

Para todas las variables se aplicó el análisis de varianza ANDEVA y la prueba de comparación múltiple de Duncan, para comparar tratamientos. Para variables

categorías, se utilizó la prueba de chi-cuadrado (χ^2), con la finalidad de determinar asociación entre estas variables y los tratamientos.

- **Análisis Multivariado**

Con la finalidad de determinar agrupación de las UMF, independientemente de los tratamientos, de acuerdo a las variables consideradas para medir el desempeño ambiental en el manejo forestal, se seleccionaron un total de diecinueve variables que fueron analizadas mediante los procedimientos de: Análisis de Conglomerados¹¹ y Análisis Discriminante Canónico¹².

- **Análisis de conglomerados.**- con base en criterios de tipo de variable, relevancia para la medición del desempeño ambiental y no ocurrencia de traslape entre ellas, se seleccionaron doce variables de los grupos: impacto y desempeño ambiental del manejo forestal y planificación y protección de las UMF. Con el apoyo del programa SASv8, se identificaron los componentes principales, ya que esta técnica reduce la dimensionalidad del problema y garantiza la no correlación de las variables (López, conversación personal), se identificaron las variables de mayor relevancia para cada uno de los componentes y se realizó el análisis gráfico de la Pseudo "t" y el Dendrograma a través del cual se determinó el número de grupos y las características de su agrupación. Se aplicó el ANDEVA y la prueba de Duncan para cada una de las variables, con la finalidad de determinar promedios y significancia dentro de los grupos.
- **Análisis discriminante canónico (ADC)** .- con el apoyo del programa SASv8, se analizaron las variables utilizadas en el análisis de conglomerado, más siete variables de características de las UMF (incluyendo el tratamiento como una variable). Este análisis utiliza la función canónica para explicar la variabilidad total de los grupos y los coeficientes estandarizados de las funciones canónicas significativas, para determinar

¹¹ El propósito del análisis de conglomerados (cluster en terminología inglesa) es agrupar las observaciones, de manera que los datos sean muy homogéneos dentro de los grupos (mínima varianza) y que estos grupos sean lo más heterogéneos posible entre ellos (máxima varianza).

las variables de mayor importancia en cada una de las funciones (López, conversación personal). Habiendo identificado las variables de mayor relevancia y con el apoyo del gráfico de la función canónica, se determinó la relación entre las variables y la separación entre los grupos, lo que permitió conocer las características de desempeño ambiental del manejo forestal en cada uno de los grupos formados por el análisis de conglomerados.

Se realizó el análisis de ANDEVA y prueba de Duncan para las variables de características en cada uno de los grupos, con la finalidad de determinar los promedios y su significancia.

Con la finalidad de determinar la relación de los tratamientos con los procesos involucrados en el desempeño ambiental; así como, las variables que estarían influyendo en el resultado del desempeño, se realizó un análisis comparativo entre los resultados de los análisis univariado y multivariado. Se determinaron los tratamientos (Testigo, PSA, CFV, PSA-CFV) o grupos (1, 2 y 3) donde se encontraron diferencias significativas, así como las variables de mayor significancia para ambos grupos y los procesos a los cuales corresponden de acuerdo a su ubicación dentro de los indicadores.

¹² El ADC, permite la identificación de diferencias entre dos o más grupos (tratamientos) a partir de medidas de características de los individuos pertenecientes a esos grupos, facilitando la comprensión de las relaciones entre las variables evaluadas dentro de esos grupos.

4 RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Descripción general de las características de las UMF

Por la extensión del área de estudio, y la distribución de las UMF dentro de esta área, las características biofísicas de las unidades de manejo fueron variadas. El 50% de las UMF se registró en el rango altitudinal de 30 a 100 msnm, el 30% entre 100 – 400 msnm y el 20% restante entre 400 – 600 msnm (Cuadro 6), este factor ambiental es uno de los niveles diferenciales que influye en la composición florística de los bosques y en la formación de diferentes tipos de bosque. Gallo (1999), reporto para la Zona Norte de Costa Rica, siete tipos de bosques, dentro de los cuales se clasificó el 93% de los bosques identificados en el presente estudio. Estos bosques se encontraron dominados por las especies *Pentaclethra macroloba*, *Carapa guianensis*, *Dialium guianensis* y *Vochysia ferruginea* (las dos primeras, concentradas en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central y las dos últimas en el Área de Conservación Huetar Norte) (Cuadro 5); así mismo, se encontraron tres bosques dominados por las especies *Guarea bullata*, *Minuartia guianensis* y *Vochysia guatemalensis*.

Cuadro 5. Distribución de las UMF evaluadas según los tipos de bosques identificados y los tratamientos de mecanismos de promoción del manejo forestal sostenible.

Tipos de bosque	Tratamientos				Total UMF
	Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV	
<i>Billia hippocastanum</i>	0	0	0	1	1
<i>Carapa, Pentaclethra</i>	0	0	0	2	2
<i>Pentaclethra, Carapa – Apeiba</i>	3	3	2	3	11
<i>Pentaclethra-Vochysia ferruginea</i>	1	0	2	0	3
<i>Dialium, Dipterix y pentaclethra</i>	5	1	0	0	6
<i>Vochysia ferruginea</i>	1	3	0	0	4
<i>Guarea bullata</i> *	0	0	1	0	1
<i>Minuartia guianensis</i> *	0	0	1	0	1
<i>Vochysia guatemalensis</i> *	0	1	0	0	1
Total UMF	10	8	6	6	30

(*) Tipos de bosques que no corresponden a la caracterización de Gallo (1,999)
 PSA = pago por servicios ambientales, CFV = certificación forestal voluntaria
 PSA-CFV = pago por servicios ambientales y certificación forestal voluntaria

Los tamaños de las UMF, se encuentran entre 11 y 160 ha, 50% menores de 50 ha, 37% mayores de 50 hasta 100 ha y 13% mayores de 100 ha. Una de las características del aprovechamiento forestal en Costa Rica es que se desarrollan en terrenos privados únicamente y las superficies promedio manejada por proyecto es de 30 ha, con un rango que varía entre 5 a 75 hectáreas de bosque productor (Muñoz, 1997).

De las 20 UMF con mecanismos de promoción, 19 fueron regentadas por ONG nacionales y 1 por regente particular; en el caso del grupo Testigo, todos fueron regentados por regentes particulares. La Regencia cumple un papel muy importante en el desarrollo de las actividades forestales, en los últimos años, se ha destacado que la regencia ha contribuido en el mejor desempeño de las actividades operativas y de control del aprovechamiento forestal (Ramírez, 1997).

Cuadro 6. Características de las UMF seleccionadas, agrupadas por criterio de selección y grupos de evaluación.

Criterio de selección	Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV	Total
Superficie (ha)					
Rangos: 11 - 40	7	2	3	3	15
50 - 100	2	4	3	2	11
110 - 160	1	2	0	1	4
Rango altitudinal (msnm)					
30 - <100	4	5	1	5	15
100 - <400	5	2	2	0	9
400 - 600	1	1	3	1	6
Tipo de Regencia					
ONG	0	7	6	6	19
Empresas particulares	10	1	0	0	11

Respecto al periodo de aprovechamiento en las UMF, se encontró que existen diferencias entre el número de UMF que inician y terminan el aprovechamiento en un mismo año (Cuadro 7). Esto se debe principalmente a factores climatológicos que en algunos casos obligan a los manejadores de los bosques a la paralización de las actividades, con la finalidad de reducir los impactos negativos en el bosque.

Cuadro 7. Número de UMF seleccionadas que iniciaron y terminaron las actividades de aprovechamiento forestal entre los periodos 1999 – 2002

Años	Inicio del Aprovechamiento	Final del Aprovechamiento
1,999	4	2
2,000	7	6
2,001	11	7
2,002	8	15
Total	30	30

4.1.1 Estado de los bosques en las UMF antes del aprovechamiento.

Aunque el indicador 6.3.7 del estándar nacional (CNCF, 1999), con el cual se aprobaron los planes de manejo de las UMF evaluadas, establece que en bosques intervenidos no se deben ejecutar aprovechamientos antes de 15 años de la última intervención, el 70% de las UMF evaluadas en el presente estudio presentaron evidencia de aprovechamientos anteriores a los aprobados bajo el estándar nacional (Cuadro 8); sin embargo, no se pudo determinar exactamente los años y periodos de intervención, así como la intensidad de intervención en cada una de las UMF. En Costa Rica, para bosques no intervenidos, se reportan volúmenes existentes entre 40 y 60 m³ y para intervenidos (con un turno de corta de 15 años) entre 20 y 30 m³ (Muñoz, 1997).

El mayor número de UMF intervenidas, se registró en el tratamiento Testigo (80%), seguido por el PSA y el CFV. El análisis estadístico no presentó diferencia significativa entre los tratamientos (Pr>0.662).

Cuadro 8 Porcentaje de UMF cuyos bosques fueron intervenidos antes de la aprobación del estándar nacional para el manejo forestal sostenible.

Tratamiento	Bosque no intervenido	Bosque intervenido	UMF intervenidas (%)
Testigo	2	8	80 a
PSA	2	6	75 a
CFV	2	4	67 a
PSA-CFV	3	3	50 a
Total	9	21	70

Las letras iguales indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos
UMF = Unidades de manejo forestal

4.1.2 Área basal y número de individuos antes del aprovechamiento

El área basal promedio, para árboles ≥ 30 cm de dap, se encuentra entre 11.5 y $23.5 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$, y el número de individuos entre 50 y 121 árboles ha^{-1} (Cuadro 9). Quirós y Finegan (1994), reporta para la Zona Norte de Costa Rica, 25 m^2 de área basal y 443 arb ha^{-1} en bosque con cobertura original para especies $>$ de 10 cm de dap. No se encontró diferencias significativas entre los promedios tanto para el área basal como para el número de individuos antes del aprovechamiento ($\text{Pr} > 0.28$ y 0.86 respectivamente).

Las clases diamétricas entre $30 - 50$ cm son las que concentraron mayor área basal y número de individuos por hectárea ($3.73 \text{ m}^2\text{ha}^{-1}$ y 43.4 árboles ha^{-1} respectivamente); sin embargo no se encontró diferencia significativa entre los valores promedios por clase diamétrica de los tratamientos ($\text{Pr} > 0.46$ y 0.21 respectivamente).

Cuadro 9. Área basal y número de individuos promedio por tratamiento antes del aprovechamiento

Tratamiento	Área basal (m^2ha^{-1})	Nº individuo (árboles ha^{-1})
Testigo	15.79 a	86.67 a
PSA	16.19 a	88.71 a
CFV	18.59 a	92.38 a
PSA-CFV	18.04 a	84.35 a

Los promedios con las letras iguales no son significativamente diferentes

4.1.3 Intensidad del aprovechamiento

Se observó diferencias significativas entre los valores promedios de número de árboles y volumen extraído por hectárea entre los tratamientos ($Pr > 0.048$ y 0.05). Las UMF presentan diferentes intensidades de aprovechamiento, desde 1 hasta 6 árboles ha^{-1} y volúmenes que van desde $2.2 m^3ha^{-1}$ hasta $23.2 m^3ha^{-1}$ (Cuadro 10). Aunque la intensidad del aprovechamiento en términos de árboles por hectárea es menor en el tratamiento PSA-CFV (1.61 árboles ha^{-1}) comparado con los tratamientos PSA (3.03 árboles ha^{-1}) y Testigo (2.76 árboles ha^{-1}), los volúmenes extraídos en el tratamiento PSA-CFV ($8.22 m^3ha^{-1}$) no difieren estadísticamente del tratamiento Testigo ($11.73 m^3ha^{-1}$), pero sí del PSA. Desde el punto de vista ecológico y económico este aspecto es importante, si se considera, con base en estudios revisados por Louman (en prensa), que a mayor intensidad de aprovechamiento mayor es el impacto causado sobre el suelo y la vegetación y los daños ocasionados a árboles remanentes podrían causar un cambio en la composición florística y estructura del bosque; por tanto, se puede asumir que el tratamiento con PSA-CFV en promedio, causa menos daños al bosque (vea indicadores del criterio 2 adelante) sin reducir sustancialmente el volumen y posiblemente la rentabilidad del aprovechamiento.

Cuadro 10. Intensidad del aprovechamiento forestal. Valores promedios de árboles y volumen por hectárea aprovechada en las UMF en cada uno de los tratamientos

Tratamiento	Árboles (árboles ha^{-1})	Volumen (m^3ha^{-1})
Testigo	2.76 a	11.73 ab
PSA	3.03 a	13.67 a
CFV	1.99 ab	6.39 b
PSA-CFV	1.61 b	8.22 ab

Los promedios con las letras iguales no son significativamente diferentes

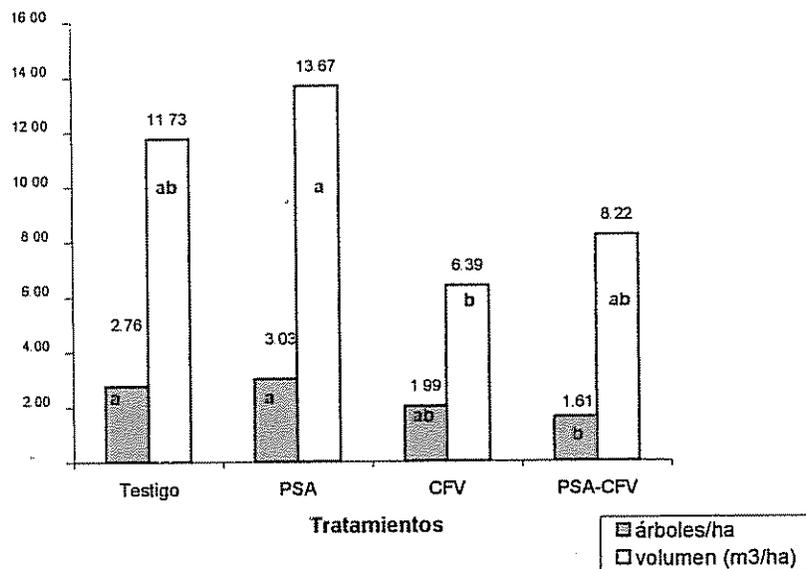


Figura 2. Intensidad del aprovechamiento en UMF con y sin mecanismos de promoción (tratamientos), expresado en árboles y volumen extraídos por hectárea.

4.2 Planificación de las operaciones y cuidados en la ejecución del aprovechamiento

No se encontraron diferencias relevantes entre los esquemas de los planes de manejo, todos se elaboraron de acuerdo a los términos de referencia que exige la legislación forestal nacional, y fueron aprobados con base en los Principios, Criterios e Indicadores del estándar nacional para la certificación y el manejo forestal sostenible.

Aunque en general los tratamientos con CFV y PSA-CFV fueron los que presentaron mejor índice de cumplimiento en la planificación de las actividades operativas, el análisis estadístico no mostró diferencia significativa, excepto para las variables demarcación de las zonas de protección y señalización de caída de árboles ($P > 0.056$ y 0.007); aunque este último aspecto no se contempla explícitamente en los criterios e indicadores del estándar nacional, este es un criterio de orden técnico que permite minimizar el impacto sobre la vegetación, evitando causar daños a árboles de futura cosecha (Carrera y Pinelo, 1995) y que forma parte de la planificación de un aprovechamiento mejorado.

El 65% de los mapas (20 UMF) presentó información errónea cuando se relacionó la ubicación de los árboles con respecto a las vías de extracción (Cuadro 11). Se pudo detectar que principalmente para los tratamientos con mecanismos (PSA, CFV y PSA-CFV), la mala

ubicación de los árboles estuvo relacionada directamente con la modificación que sufrieron en el campo las vías de extracción planificadas.

Las modificaciones de la ruta señalada de los caminos planificados, en su mayoría, se realizaron con la finalidad de evitar el paso por pendientes pronunciadas o por zonas de protección, detalles que muchas veces no se consideraron en el momento de la planificación de los caminos o que no se detectaron, por no ser evidentes, en el momento de la toma de datos de campo para la planificación (ej. nacientes) Este aspecto de modificación de vías de extracción para evitar la erosión en el suelo o afectar alguna zona de protección es positivo y está permitido por la AFE; sin embargo, pocas veces es reportada por el regente, lo que dificulta la evaluación y puede inducir a mala interpretación de la información.

Para la evaluación, se consideró el reporte de modificación de caminos, presentado en los informes de regencia, con la finalidad de reducir el error de información sobre ubicación de caminos en las UMF.

Cuadro 11. UMF evaluadas donde se encontraron problemas en cuanto a la presentación adecuada de la información y reporte de las modificaciones.

Variable	Sig.	PrF>	Testigo %	PSA %	CFV %	PSA-CFV %
Mala ubicación de caminos y patios de acopio en MB	NS	0.253	20 (1.2) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a
Mapa base sin curvas de nivel	NS	0.095	40 (1.4) a	12.5 (1.1) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a
Mala ubicación de árboles (AC, AP, AR, AV y otros) en MB	NS	0.26	50 (1.5) a	12 (1.1) a	17 (1.2) a	17 (1.2) a
No se marcan zonas de protección	*	0.056	60 (1.6) a	25 (1.3) ab	17 (1.2) ab	0 (1.0) b
Modificación de caminos sin justificación (% casos)	NS	0.37	20 (1.2) a	12.5 (1.1) a	50 (1.5) a	17 (1.2) a
No se señala caída de árboles	*	0.007	100 (2.0) a	87.5 (1.9) ab	50 (1.5) bc	33.3 (1.3) c

%= Porcentaje de UMF donde se presenta el problema dentro de cada uno de los tratamientos

() Las cifras en paréntesis son los índices de cumplimiento, estos índices fueron utilizados para el ANDEVA y el χ^2

Los promedios con las letras iguales no son significativamente diferentes

Se evaluaron las variables de protección y control de las UMF (rotulación y vigilancia), como variables independientes al cierre de aprovechamiento, ya que su cumplimiento o no, determina la práctica de actividades en el bosque después del aprovechamiento. Para la

variable rotulación, se encontró diferencias altamente significativas entre el tratamiento Testigo y los tratamientos con mecanismos de promoción; sin embargo para la variable vigilancia, no hubo diferencias significativas, aunque las UMF con PSA y PSA-CFV, presentaban mayor porcentaje de vigilancia permanente. En el Cuadro 12, se puede observar que en su mayoría las UMF presentan vigilancia temporal y sólo las UMF con mecanismos de promoción del manejo forestal colocan rótulos como medida de control que indican que el bosque se encuentra sometido al régimen forestal. Así mismo, se evaluaron las variables presencia de cacería y corta de madera no autorizada; el análisis estadístico sólo presentó diferencia significativa para la variable corta de madera no autorizada ($Pr > 0.022$).

Cuadro 12. UMF evaluadas donde se encontraron problemas en cuanto a las medidas de supervisión, protección y control.

Variable	Sig.	Pr>F	Testigo %	PSA %	CFV %	PSA-CFV %
UMF no cuentan con rótulos	**	<0.0001	100 (2.0) a	0 (1.0) b	17 (1.2) b	0 (1.0) b
Vigilancia						
Permanente (1)			40	87.5	50	83.3
Temporal (2)			40	12.5	50	17
Sin vigilancia (3)			20	0	0	0
Promedio (***)	NS	0.08	(1.8) a	(1.1) a	(1.5) a	(1.2) a
Presencia de corta de madera no autorizada.	*	0.022	50 (1.5) a	0 (1.0) b	17 (1.2) ab	0 (1.0) b
Presencia de cacería	NS	0.06	70 (1.7) a	25 (1.3) a	17 (1.2) a	17 (1.2) a
No se instalaron parcelas muestreo diagnóstico (aplica PSA y PSA CFV).	**	<0.0001	100 (2.0) a	0 (1.0) b	17 (1.2) b	0 (1.0) b
No se realizan tratamientos silviculturales (aplica para el PSA y PSA CFV).	**	<0.0001	100 (2.0) a	0 (1.0) b	17 (1.2) b	0 (1.0) b
No se realiza monitoreo y seguimiento	**	<0.0001	100 (2.0) a	12.50 (1.1) b	0 (1.0) b	0 (1.0) b

(**) ANDEVA para índices promedios

%= Porcentaje de UMF donde se presenta el problema dentro de cada uno de los tratamientos

() Las cifras en paréntesis se refiere a índices de cumplimiento, estos índices fueron utilizados para el ANDEVA y el χ^2

NS = No significativa * = Existe diferencia significativa ** = Altamente significativa

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes

Según el reglamento de la Ley Forestal, las actividades de instalación de parcelas de muestreo diagnóstico para la elaboración del plan silvicultural y ejecución de tratamientos silviculturales, aplican para los planes de manejo FASE II o para aquellos con superficies mayores a 100 ha; sin embargo en el estudio se encontró que no sólo las UMF en FASE II, que reciben PSA cumplen con este requisito, sino también algunas UMF del tratamiento CFV

lo consideran como parte del manejo forestal. La decisión de adoptar o no algún tratamiento en especial, resulta del análisis silvicultural y económico de cada caso en particular, e incluso en muchos casos un aprovechamiento mejorado puede ser suficiente para lograr los objetivos del manejo (Carrera y Pinelo, 1995, Venegas y Louman, 2001).

Otra variable evaluada fue el monitoreo y seguimiento. Aunque este aspecto está considerado dentro del plan de manejo forestal (en concordancia con el Indicador 7.1.2 del estándar nacional) CNCF (1999), sólo las UMF con mecanismos de promoción (PSA, CFV o ambos) los ejecutan, principalmente debido a que son servicios previamente contratados por los propietarios de la UMF con los regentes y requisito necesarios para asegurar el pago por servicios ambientales y la certificación forestal (el primero incluso se otorga luego de la inspección y aprobación del MINAE).

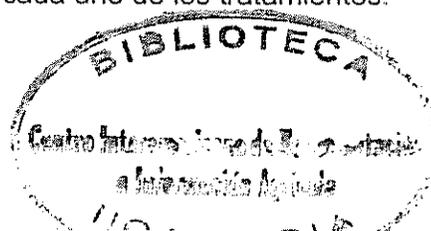
En resumen, para las variables de planificación, control y cuidados en las operaciones de aprovechamiento, las diferencias se presentan entre las UMF con mecanismos de promoción y el tratamiento Testigo, siendo el tratamiento con PSA-CFV el de mejor desempeño, seguido por el CFV y PSA.

4.3 Resultados de la evaluación de campo del desempeño ambiental de las UMF

El resumen de los resultados de la evaluación de las variables medidas para cada Indicador y sus respectivos análisis estadísticos se presentan en el Anexo 3 (Cuadro 1A). El estándar para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal, constituido por dos criterios y nueve indicadores, identificó tres grandes grupos de impactos: impactos sobre la vegetación (estructura y composición del bosque), sobre el suelo (erosión) y sobre el régimen hidrológico (contaminación por erosión y sedimentación del sistema natural de drenajes).

4.4 Evaluación de los indicadores del Criterio 1

Con base en los Indicadores definidos en el Criterio 1 del estándar (ver Cuadro 2), se presentan en el Cuadro 13, los resultados de las variables. Estos resultados expresados en porcentaje o como índices de desempeño, reflejan el número de casos detectados o el valor registrado para las variables evaluadas dentro de cada uno de los tratamientos.



Respecto a la variable del Indicador 1.1, aunque en los tratamientos CFV y PSA-CFV se registraron 2 y 1 UMF con pendientes mayores a 60%, no se observó aprovechamiento forestal en estas zonas debido a que se encuentran clasificadas y demarcadas en el mapa base como zonas protegidas por pendientes. Por tal motivo no se reportó este resultado en el Cuadro 13.

Las variables: corta de árboles en zonas de protección, evidencia de socola, quema y establecimiento de cultivos agrícolas o pastoreo no evidenciaron diferencias entre los tratamientos. La ocurrencia de la corta de árboles en zonas de protección, en algunas de las UMF, puede estar relacionada con la deficiencia que se presenta en la calidad de la información de los mapas base que se entrega a los motosierristas (ya que en algunos de los mapas base no se delimitan las zonas de protección, dificultando el trabajo de ubicación e identificación de los árboles de corta y remanentes) y a la falta de capacitación de los mismos, que no les permite interpretar adecuadamente la información que se registra en los mapas base.

Cuadro 13. Proporción de UMF evaluadas donde se encontraron problemas en el cumplimiento de los indicadores del criterio 1 de desempeño ambiental del MF.

Indic	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo %	PSA %	CFV %	PSA-CFV %
1.1	Se registraron áreas con pendientes > 60%	-	-	0	0	0	0
1.2	Se marca, corta o dirige la caída de árboles en zonas de protección	NS	0.344	40 (1.4) a	25 (1.3) a	17 (1.2) a	0 (1.0) a
1.3	Evidencia de socola	NS	0.139	40 (1.4) a	25 (1.3) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a
1.4	Evidencia de quema	NS	0.595	10 (1.1) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a
1.5	Establecimiento de cultivos agrícolas y/o pastoreo	NS	0.253	20 1.2a	0 (1.0) a	0 (1.0) a	0 (1.0) a
1.6	Profundidad de huellas de tractor (**)						
	- poco profundas (1)		0.41	(0.7) a	(0.88) a	(0.50) a	(0.50) a
	- profundas (2)		0.05	(0.6) a	(0.50) ab	(0) b	(0.17) ab
	- muy profundas (3)		0.14	(0.4) a	(0.25) a	(0) a	(0) a
		*	0.056	60 (1.6) a	50 (1.5) ab	0 (1.0) b	17 (1.2) ab

% = Porcentaje de UMF donde se presenta el problema dentro de cada uno de los tratamientos

(**) ANDEVA para índices promedios

NS = No significativa * = diferencia significativa ** Altamente significativa

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes

() Las cifras en paréntesis se refiere a índices de cumplimiento, estos índices fueron utilizados

Aunque el resultado de la evaluación respecto al Indicador 1.3, refleja la evidencia de socola registrado en los tratamientos Testigo y PSA, es importante resaltar que en ambos casos las superficies afectadas de bosque productor fueron diferentes. Para el primero, se observaron superficies de bosque productor afectado entre 10 y 4%, y para el segundo caso las superficies fueron entre 0.5 y 0.7%. En las situaciones más graves este hecho fue conocido y sancionado por el MINAE. A diferencia de los anteriores, en los tratamientos con CFV y PSA-CFV no se registró evidencia de estas actividades, esto puede atribuirse al régimen de control y vigilancia que se exigen para los bosques manejados con estos mecanismos.

Respecto a la variable huellas de tractor, es importante indicar que en la mayoría de las UMF evaluadas, se utilizaron tractores Caterpillar D4 y D5. Se encontró diferencias significativas en el tipo de huellas presentadas. Las diferencias se registran entre los tratamientos CFV y el tratamiento Testigo, siendo este último el que presentó mayor profundidad en las huellas. Aunque el tipo de maquinaria influye en la remoción del suelo, la diferencia en la profundidad de huellas puede atribuirse también a factores como: tipos de suelo (densidad, nivel de compactación), topografía del terreno, números de desplazamiento de la maquinaria, capacitación de los obreros, entre otros, que pueden estar influenciando; pero, principalmente el desplazamiento de la maquinaria en época lluviosa o en suelos húmedos ya que estos factores permiten que el suelo pierda su capacidad de sustentación, con lo cual está propenso a removerse con mayor facilidad y cantidad (FAO, 1995 y Hendrison, 1990 citado por Louman, en prensa).

4.5 Evaluación de los Indicadores del Criterio 2

Los resultados de la evaluación de los Indicadores del criterio 2, se presentan en los cuadros a continuación. Para una mejor interpretación de estos se han agrupado por Indicadores que responden a procesos similares de evaluación.

4.5.1 Estructura horizontal y vertical del bosque

Estructura horizontal

Los valores promedios del área basal después del aprovechamiento para individuos $\geq 30\text{cm}$ de dap, se encuentran entre 13 y 15 m^2 y el número de individuos entre 60 y 70 arb ha^{-1} (Cuadro 14). Con respecto al área basal antes del aprovechamiento, se observa una diferencia entre 11 y 25 %, el mayor porcentaje se registra en el tratamiento con CFV (25%),

contrario a lo que sucede en la diferencia del número de individuos donde los valores se encuentran entre 21 y 28 % y son los tratamientos con CFV y PSA-CFV los que presentan menores diferencia Quirós (2001), cita varios estudios realizados en la zona norte de Costa Rica, que reportan 14 % de reducción promedio en el número de individuos para especies comerciales y 24% para individuos de todas las especies a partir de 10 cm de dap.

Es importante recordar que la intensidad de aprovechamiento fue menor en los tratamientos CFV y PSA-CFV (2% y 1,61% respectivamente); en este sentido, el resultado podría atribuirse a que los tratamientos con CFV y PSA-CFV extrajeron especies de mayor diámetro y los bosques se encontraron menos intervenidos; sin embargo, la falta de significancia de las diferencias indica que puede existir errores estadísticos que causan las diferencias y/o que la variación entre unidades del mismo tratamiento es mayor que entre tratamientos, entonces es difícil concluir sobre los efectos del tratamiento.

Los promedios de área basal y número de individuos por hectárea, ≥ 30 cm, no presentó diferencia significativa. Se aplicó el análisis de covarianza a los promedios, utilizando el área basal antes del aprovechamiento como covariable; pero, tampoco se encontró diferencias significativas para ambas variables ($Pr > 0,57$ y 0.56).

Cuadro 14. Valores promedios de la evaluación de la estructura horizontal y vertical de las UMF dentro de cada uno de los tratamientos.

Ind.	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
Estado del bosque después del aprovechamiento							
2.1	Estructura horizontal						
	Área basal ($m^2 ha^{-1}$)	NS	0.5771	14.62 a	14.78 ab	12.79 b	14.06 ab
	Diferencia AB antes y después ($m^2 ha^{-1}$)	NS	0.2393	1.92 a	1.89 a	4.67 a	3.22 a
	Número de individuos (árboles ha^{-1})	NS	0.5649	62.59 a	61.59 a	64.32 ab	68.60 b
	Diferencia individuos antes y después (árboles ha^{-1})	NS	0.519	24.97a	26.52a	24.78a	18.33a
	Estructura vertical						
Variabilidad estructural (%CV)	NS	0.49	468.33 a	426.76 a	434.47 a	428.76 a	
Cobertura del follaje (índice de cobertura)	NS	0.08	3.70 c	3.75 bc	4.17 a	4.18 ab	

NS = No existe significancia estadística.

Los promedios con las letras iguales no son significativamente diferentes

Las figuras 3 y 4 muestran el área basal y número de individuos antes y después del aprovechamiento. En ninguno de los dos casos se encontraron diferencias significativas.

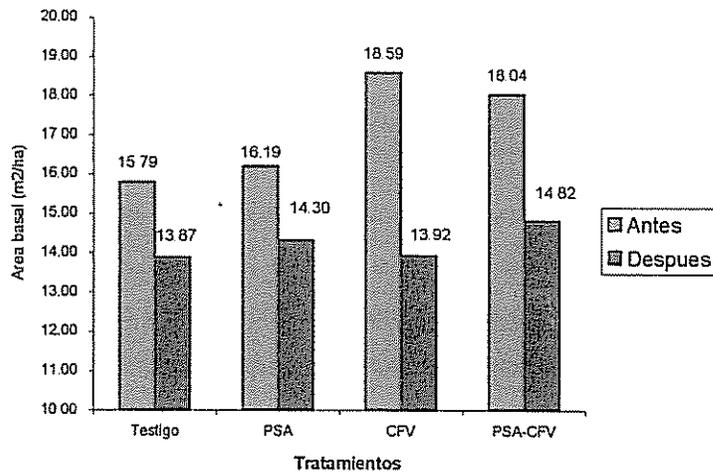


Figura 3. Comparación de área basal antes y después del aprovechamiento, sin análisis de covarianza.

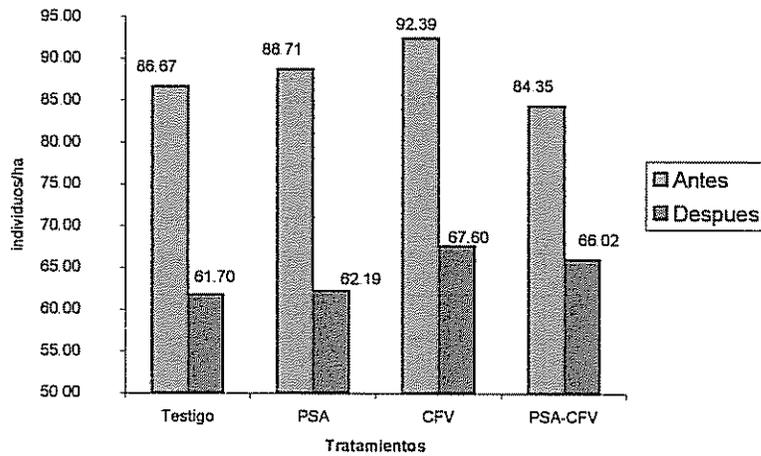


Figura 4. Comparación del número de individuos antes y después del aprovechamiento, sin análisis de covarianza

Estructura vertical

Se analizaron los datos promedios de cobertura del follaje para cada estrato. Aunque los mayores valores de cobertura de follaje, para los cinco estratos, se registraron en los tratamientos con CFV y PSA-CFV, sólo se encontró diferencia significativa en el primer estrato del bosque de 0 – 2 m ($P > 0.0019$), donde los tratamientos con CFV y PSA-CFV fueron los que mostraron mayor índice de cobertura frente a los tratamientos Testigo y PSA (ver Cuadro 15). Ordóñez (2004) utilizando la misma metodología, también encontró diferencia significativa entre los primeros estratos del bosque, con índices de cobertura entre

1.4 para bosques no intervenidos y 1.8 para bosques con aprovechamiento de alto impacto, es decir porcentaje de cobertura mayor de 33% hasta 60% aproximadamente en el sotobosque.

Es importante mencionar que durante la evaluación, en algunos casos el índice de cobertura para los estratos 1 y 2 fue cero (0), debido a que el punto de medición se ubicó en un camino, en un claro ocupado por troncos y ramas caídas o en fuentes de agua, lo que redujo el valor del índice promedio. Este aspecto se presentó principalmente en las UMF Testigo, donde se registró mayor área descubierta por efectos naturales o del aprovechamiento forestal.

Cuadro 15. Valores promedios del índice de cobertura del follaje en los cinco estratos y porcentaje de la variabilidad estructural para cada uno de los tratamientos.

Tratamiento	Nivel de altura de los estratos					Prom.	Variabilidad estructural (CV %)
	0-2 m	2 – 9 m	10 – 20 m	20 – 30 m	> 30 m		
Testigo	0,88 b	0,70 b	0,72 a	0,84 a	0,55 a	3.69 c	468,33 a
PSA	0,74 c	0,75 b	0,80 a	0,85 a	0,59 a	3.74 bc	426,76 a
CFV	1,04 a	0,80 ab	0,77 a	0,79 a	0,62 a	4.02 a	434,47 a
PSA-CFV	1,04 a	0,90 a	0,67a	0,79 a	0,81 a	4.21 ab	428,76 a

Las medias con letras iguales dentro de un nivel no son significativamente diferentes entre los tratamientos.

La heterogeneidad espacial en la cobertura, está dada por la variabilidad estructural; la relación indica que a mayor variabilidad estructural mayor heterogeneidad. En tal sentido, la mayor heterogeneidad se observa en los bosques Testigo, en comparación con los bosques con mecanismos de promoción CFV y PSA, este resultado puede ser una consecuencia de la mayor intensidad de aprovechamiento en los bosques Testigos y a la regeneración después del aprovechamiento. El resultado concuerda con el estudio de Ordóñez (2004), quien reporta mayor variabilidad estructural en los bosques aprovechados y altamente aprovechados que en el bosque no intervenido.

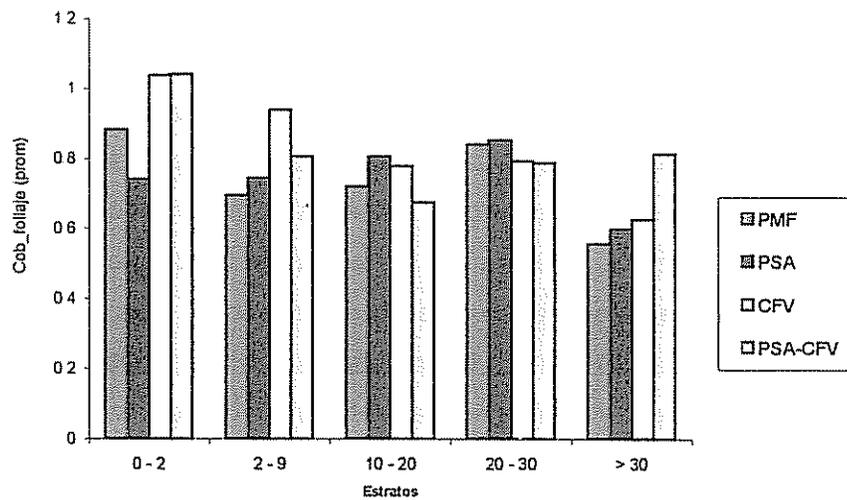


Figura 5. Índice de cobertura del follaje promedio en cada uno de los estratos, por tratamiento.

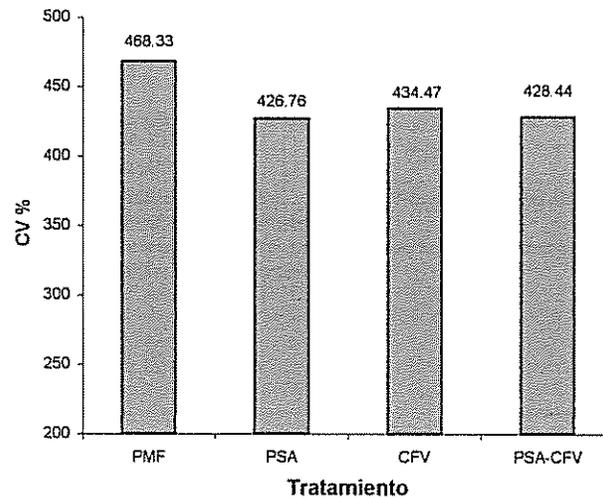


Figura 6. Variabilidad estructural registrada después del aprovechamiento en cada uno de los tratamientos. A mayor coeficiente de variación, mayor heterogeneidad de la estructura vertical del bosque.

4.5.2 Medidas para evitar la erosión hídrica

Los resultados en el Cuadro 16, muestran que el cumplimiento en cuanto a la construcción de infraestructura que mitigue la erosión hídrica, es similar en todos los tratamientos. Más del 67% de los bosques evaluados cumplen con este requisito; sin embargo, cuando se analizaron los valores promedios para el estado de los cursos de agua y remoción de

obstáculos, se encontraron diferencias significativas y altamente significativas entre los tratamientos PSA, CFV y PSA-CFV ($Pr > 0.0007$ y < 0.0001) con relación al tratamiento Testigo, que presentó mayores índices de mal desempeño en estas variables. Si bien Dykstra (1997), sostiene que la mitigación de la erosión y sus efectos destructivos están ligadas a una mejor planificación, ubicación y construcción de caminos, evitando áreas de gran riesgo para la erosión y manteniendo los caminos y pistas de arrastre alejados de cursos de agua (excepto donde el cruce sea necesario), se puede asumir que en los tratamientos con mecanismos de promoción del manejo forestal (CFV y PSA) se realizan mejor estas actividades, como resultado de las exigencias y requisitos que deben cumplir los bosques sometidos a estos mecanismos, garantizándose un mejor proceso de recuperación del bosque.

Cuadro 16. Variables evaluadas y valores promedios calculados para el indicador 2.2.

Ind.	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
2.2	Sin infraestructura para evitar la erosión hídrica (% de casos)	NS	0.80	40 (1.4) a	25 (1.3) a	17 (1.2) a	33 (1.3) a
	No remoción de obstáculos de los cursos de agua (% de vías con obstáculos)	*	0.0007	71 a	16.3 b	0 b	8.33 b
	Mal estado de los cursos de agua (índice)	**	<0.0001	(2.2) a	(1.1) b	(1.0) b	(1.3) b

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes

() Las cifras en paréntesis son los índices de cumplimiento, estos índices fueron utilizados para el ANDEVA y el χ^2

* significativo ** altamente significativo, NS = No significativo

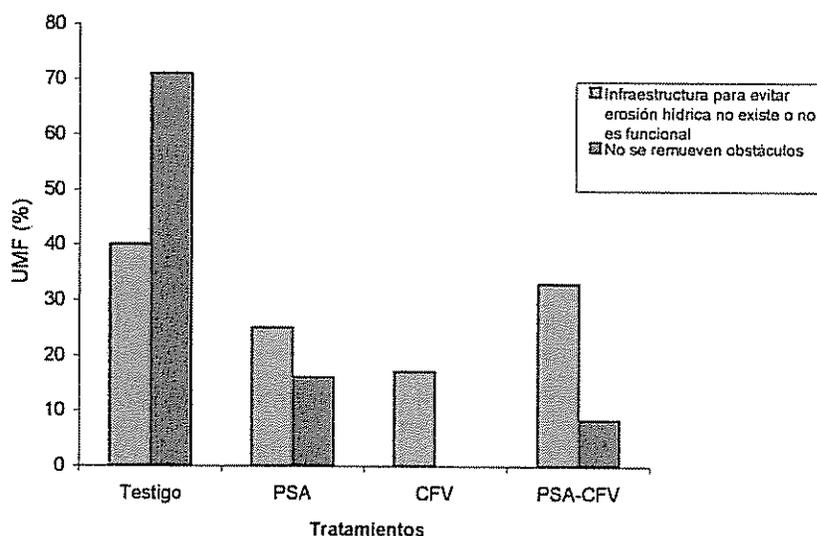


Figura 7. Porcentaje de UMF sin infraestructura para evitar la erosión o si existen no son funcionales y porcentaje de UMF donde no se retiraron residuos del aprovechamiento, ramas, troncos o trozas.

4.5.3 Verificadores del indicador 2.3

4.5.3.1 Tamaño de claros e impacto de claros por corta de árboles

El Cuadro 18, presenta los tamaños promedios de claros para cada uno de los tratamientos estos se encuentran entre 154 y 199 m², siendo el tratamiento con PSA-CFV el que presentó la menor superficie promedio de claros, así como el menor porcentaje de impacto de claros (2.77 %). El tamaño promedio de claros por árbol registrado en el presente estudio es de 172 m², similar a los 177 m² reportado por Hernández (1999) para la Zona Norte de Costa Rica en aprovechamientos forestales ejecutados con CODEFORSA y 165 m² reportados por personal Técnico de FUNDECOR, en evaluaciones de impacto del aprovechamiento forestal en bosques certificados; y menores que los reportados por CODEFORSA, FUNDECOR y regentes particulares en informes de impacto del aprovechamiento, donde se registran tamaños entre 200 y 300 m² en UMF sin mecanismos de promoción y con PSA-CFV y PSA (Yalle, revisión de informes de regencia UMF evaluadas), Cuadro 17.

Cuadro 17. Tamaño de claros y superficie de bosque productor impactado por el aprovechamiento forestal, planificados y evaluados, registrados en los informes de regencia revisados para el presente estudio.

Variable	Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
Unidades de Manejo Forestal (UMF) evaluadas	67	60	88	67
Promedio claro árbol talado (m ²)	237	290	165	200
Promedio calculado de impacto en BP (%)*	10.22	14.40	8.74	4.57

Claros promedios por UMF de 160 a 300 m²

* Porcentaje de impacto en bosque productor en PMF y PSA calculados con base en el aprovechamiento del 100% de árboles autorizados para la corta.

Valores registrados en CFV y PSA-CFV, principalmente se refieren a evaluaciones de impacto del aprovechamiento en UMF bajo estos mecanismos (FUNDECOR, informes de regencia).

Los valores reportados en el tratamiento PSA-CFV, son similares a los reportados por Pereira *et al* (2002) y Hendrisson (1990) citados por Louman (en prensa), en aprovechamientos de impacto reducido en el estado de Paragominas (Brasil) y Suriname, donde se registraron promedios de 166 y 141 m² de superficie de claros y 7.5 y 6.8 % de impacto de claros en el bosque productor, respectivamente. Estos resultados pueden atribuirse a una buena planificación de las operaciones y a la capacitación de los operarios de corta (principalmente en prácticas de tala dirigida) que reduce los impactos de claros

sobre el bosque productor. Jonkers (1987) citado por Heinrich (1997), sostiene que las operaciones de corta debidamente planificadas y ejecutadas bajo los sistemas de corta selectiva comunes a los trópicos, generalmente crean claros indistinguibles de los claros causados por la caída natural de los árboles; desde luego que los claros pueden ser nocivos o presentar alteraciones significativas en el bosque cuando se tiene un buen número de estos, producto de un aprovechamiento de alta densidad de corta (Quirós, conversación personal).

El proceso de recuperación de claros, es un componente principal de lo que Halle *et al*, 1978 y Oldeman (1990), citados por Louman (2001), llaman la silvigénesis o el proceso de (re)construcción, rejuvenecimiento o formación de un bosque. El tamaño y forma de claro son factores determinantes de la regeneración del bosque, de ellos depende lograr efectos de regeneración de las especies deseables, y si la regeneración de las especies de interés comercial es un elemento importante para garantizar la sostenibilidad del aprovechamiento forestal, existe la posibilidad de que especies no comerciales crezcan en los claros creados por el aprovechamiento, compitiendo con las especies comerciales heliófitas (Licona, 2000 citado por Toledo *et al*, 2001).

Cuadro 18. Tamaño promedio del claro y superficie promedio de impacto por claros de corta de árboles registrados en las UMF evaluadas para cada tratamiento (indicador 2.3.1)

Ind.	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
2.3.1	Claro promedio por árbol cortado (m ²)	*	0.05	194.78 a	161.77 ab	159.7ab	154.12 ab
	Superficie de claros por corta de árboles (%)	*	0.04	5.89 a	5.02 ab	4.0 ab	2.77 b

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes
 * significativo

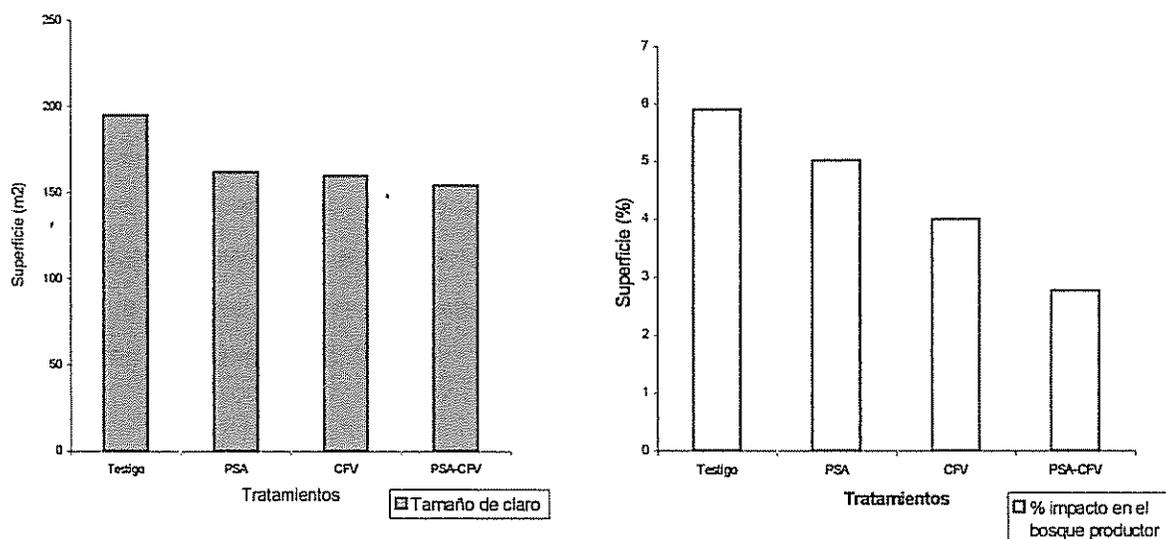


Figura 8. Tamaño de claro promedio por tratamiento, registrado en las UMF evaluadas y porcentaje de bosque productor impactado.

4.5.3.2 Características de los caminos, pistas de arrastre y patios de acopio

Patios de acopio

Debido a las características del aprovechamiento y principalmente a la superficie del bosque productor, en la mayoría de las UMF no es necesario construir patios de acopio dentro del bosque. Se encontró que sólo en los tratamientos Testigo y PSA, con mayores superficies de aprovechamiento, se planificaron patios dentro del bosque. En el tratamiento Testigo, incluso se detectó la construcción, dentro del bosque, de patios no planificados, contrario a lo que se observó en los tratamientos con mecanismos de promoción del manejo forestal CFV y PSA donde no se presentó esta anomalía.

Aunque el promedio de los patios de acopio fue mayor en el tratamiento Testigo (833 m²), no se puede estimar si son grandes o pequeños, ya que no existe una norma oficial que determine el tamaño límite de un patio de acopio, su diseño y construcción están relacionados principalmente a aspectos técnico operacionales, tales como: número de trozas a almacenar, distancias de arrastre y medio de transporte a utilizar (Quirós, conversaciones personales); sin embargo la apertura de patios de acopio con esa dimensión implica mayor apertura de claros y mayores efectos sobre la composición y estructura del bosque.

Se evaluaron los residuos y desperdicios de madera dejados en los patios de acopio, dentro y fuera del bosque. Se encontró diferencias significativas entre los tratamientos con CFV y PSA-CFV en relación con el tratamiento Testigo ($Pr > 0.02$) (Cuadro 19); los primeros presentaron menos residuos. Este resultado se puede atribuir a la utilización de personal capacitado para las operaciones de corta y a la certificación, ya que en la mayoría de los casos, la madera certificada es comercializada a empresas que exigen la cadena de custodia, con la cual se registra el destino de cada árbol aprovechado y existe un mayor control sobre los residuos (FSC, 2003).

Se debe tener en cuenta además que la corta o el troceo mal realizados y la falta de conocimientos sobre clasificación de troncos, contribuyen a la baja recuperación de madera y al aumento de residuos (Heinrich, 1997).

Cuadro 19 Características de los patios de acopio encontrados en las UMF evaluadas en cada uno de los tratamientos (indicador 2.3.2)

Ind.	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
2 3 2	Número de patios de acopio dentro del bosque planificados en PMF	-	-	8	5	-	-
	Número de patios de acopio dentro del bosque no planificados en PMF	-	-	6	0	0	0
	Superficie promedio de patios de acopio (m ²)	-	-	833	669	0	0
	Residuos y desperdicios de madera en patios de acopio (% de casos)	*	0.025 0.020	100 (2.0) a	75 (1.8) ab	33 (1.5) b	50 (1.3) b
	Área ocupada por patios de acopio (% BP)	-	-	0.29	0.03	0	0

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes
* diferencia significativa

Caminos primarios

Sólo se registró un camino primario en todo el estudio, este se ubicó en el tratamiento con PSA-CFV; el ancho promedio de este camino y las pendientes se encuentran dentro de las normas establecidas en el estándar nacional (1998) (Cuadro 20)

Caminos secundarios

La mayor superficie promedio impactada por caminos secundarios se observó en el tratamiento Testigo; pero no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos para

la variable densidad de caminos (largo por ha), contrario a lo que se observó en la variable ancho de camino, donde si se presentó diferencia significativa entre los tratamientos Testigo y PSA-CFV ($Pr > 0.0031$) (Cuadro 20). Con base en estos resultados se puede asumir, que la diferencia que se registra sobre el impacto en la construcción de caminos, está influenciada más por el ancho que por el largo del camino. Un argumento para explicar la diferencia en el ancho de caminos en el tratamiento Testigo, puede ser que se puso menos atención en la apertura de rondas o derechos de vías, debido a una inadecuada planificación y control de la construcción de estos.

En todo caso, es importante anotar que los valores promedios de impacto sobre el bosque productivo, no sobrepasan lo establecido en el estándar nacional ($\leq 5\%$ de bosque productivo). Este resultado puede atribuirse al hecho de que en el momento de la evaluación, algunos de los caminos secundarios se encontraron en proceso de recuperación, cubiertos por regeneración natural, principalmente en las rondas, lo que disminuyó el ancho del camino y por ende la superficie total impactada.

Los caminos secundarios clausurados fueron los que principalmente se encontraron en este proceso y en algunos casos estos ya se encontraban ocupados por especies de la categoría latizal (Saenz *et al*, 2000). Un factor importante que determinaría la recuperación del claro en áreas aprovechadas, estaría ligado entonces al adecuado desarrollo de las operaciones de cierre del aprovechamiento (clausura de caminos y medidas para evitar la erosión hídrica), así como las medidas de protección y control que se puedan dar en las UMF para evitar la incursión ilegal (tala y cacería) en el bosque aprovechado, que entró en una fase de recuperación. Es importante resaltar, que los bosques que se reportaron con caminos en proceso de recuperación tenían un tiempo de descanso mayor de 2 años.

Por otro lado, se evaluó también la pendiente y se encontró que en ninguno de los tratamientos esta sobrepasa el 40%, establecido en el estándar nacional de 1998.

Cuadro 20. Características de los caminos primarios y secundarios y medidas aplicadas en estos para minimizar la erosión y daños post-aprovechamiento.

Ind.	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
2 3 3	Área ocupada por caminos primarios (%BP)	-	NA	0	0	0	0.27
	Caminos primarios erosionados (% de caminos).	-	NA	-	-	-	0
	Pendientes máximas caminos primarios (%)	-	NA	0	0	0	13
	Obras de conservación para evitar erosión en CP. No existen o no son funcionales (índice)	-	NA	-	-	-	(1)
2 3 4	Área ocupada por caminos secundarios (%)	NS	0.07	2.34 a	1.64 ab	1.53 ab	1.43 b
	Densidad de caminos secundarios (m ha ⁻¹)	NS	0.489	49.7 a	38.5 a	40.59 a	41.58 a
	Ancho promedio de caminos secundarios (m)	*	0.0031	4.63 a	4.20 ab	3.65 bc	3.43 c
	Pendientes máximas caminos secundarios (%)	-		40	36	38	36
	Obras de conservación para evitar la erosión del suelo en caminos secundarios. No existen o no son funcionales (% de caminos que los presentan).	*	0.0003	100a	81.25a	41.67 b	25 b
	Caminos secundarios erosionados (% de caminos).	NS	0.24	22.16 a	9.46 a	14.06 a	6.33 a
	Caminos no clausurados (% de caminos no clausurados)	**	<0.0001	83.75 a	17.50 b	15.60 b	18.06 b
	No presentaron informe de cierre (% de casos)	NS	0.074	80	50	33	17
		0.073	(1.8) a	(1.5) ab	(1.3) ab	(1.1) b	

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes

() Las cifras en paréntesis son los índices de cumplimiento, estos índices fueron utilizados para el ANDEVA y el χ^2

* significativo ** altamente significativo, NS = No significativo

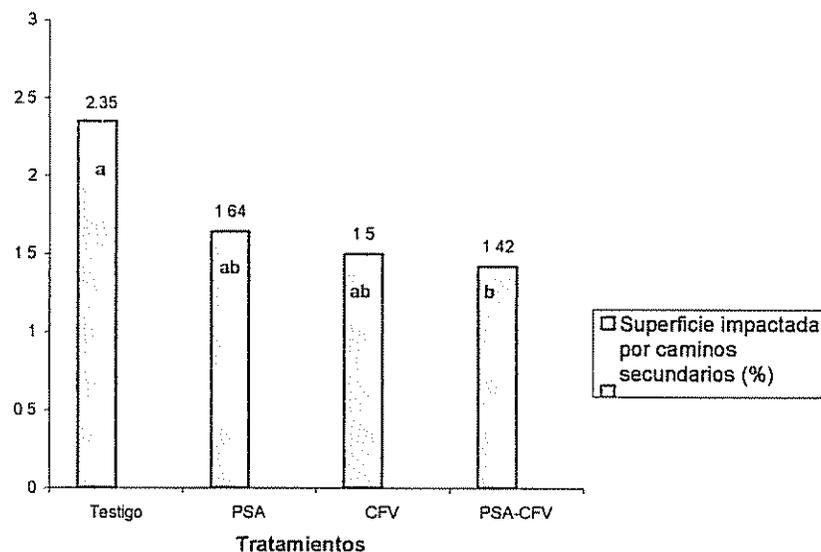


Figura 9. Impacto por la construcción de caminos secundarios sobre la superficie del bosque productor en cada uno de los tratamientos. Los promedios con letras iguales no son estadísticamente diferentes.

Como parte del cierre de operaciones se evaluó también la variable construcción de obras de conservación y caminos clausurados. Los resultados muestran que existe diferencia significativa entre los tratamientos Testigo y los tratamientos CFV y PSA-CFV. El mejor desempeño en estas variables, lo presentaron los tratamientos con CFV y PSA. No existe diferencia significativa entre los tratamientos, en cuanto a la presentación del informe de cierre. Campos *et al* (2001), manifiesta que las condiciones de "cierre" de los aprovechamientos se revelan como uno de los aspectos más deficientes y que más facilitan la ilegalidad en torno a los planes de manejo, estas condiciones tienen que ser modificadas y en algunos aspectos son evidentes las modificaciones necesarias; agrega además que es importante, para asegurar la recuperación del bosque, que al momento de darse por recibido un informe de cierre, se garantice que no se practicarán más actividades de extracción en el bosque.

Pistas de arrastre

En la evaluación de pistas de arrastre, se observó una situación similar a la presentada en el caso de caminos secundarios. Aunque el análisis de varianza no encontró diferencias significativas, la prueba de Duncan sí indica que existe diferencia significativa en cuanto al impacto por construcción de pistas de arrastre, en particular entre el tratamiento Testigo y CFV ($Pr > 0.055$). Las UMF con PSA y PSA-CFV no difieren entre sí (Cuadro 21).

Los porcentajes promedios en ninguno de los tratamientos exceden los porcentajes establecidos en el estándar nacional ($\leq 3\%$ del área del bosque productivo). Los valores encontrados posiblemente son una subestimación del valor real, ya que en el momento de la evaluación gran parte de las pistas de arrastre se encontraron cubiertas por vegetación, producto de la regeneración natural del bosque; e incluso, en algunos casos, estas se encontraban completamente cerradas y no pudieron identificarse. A diferencia de los caminos secundarios en las pistas de arrastre la regeneración fue más intensa ya que la remoción del suelo y la vegetación fue menor, además que estas vías son menos transitadas por la maquinaria de extracción. Sin embargo, no se espera que el valor real sea mucho mayor a lo reportado aquí.

Cuadro 21. Características de las pistas de arrastre evaluadas en el estudio y valores promedio por tratamiento de la superficie de bosque productor impactada por las pistas de arrastre.

Ind.	Variables medidas	Sig	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
2.3.5	Área ocupada por pistas de arrastre (%BP)	NS	0.08	1.51 a	1.01ab	0.63 b	0.96 ab
	Pendientes máximas en pistas de arrastre (%)	NA		31	42	33	33
	Ancho promedio de pistas (m)	NS	0.055	3.88 a	4.03a	3.32 a	3.44 a
	Densidad pistas de arrastre (m ha ⁻¹)	NS	0.48	34.77a	25.63 a	18.99 a	27.63 a
	Presentan pistas dobles o paralelas (% de casos)	NS	0.37 0.41	30 (1.3)a	37.5 (1.4) a	0 (1.0) a	17 (1.2) a

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes

() Las cifras en paréntesis son los índices de cumplimiento, estos índices fueron utilizados para el ANDEVA y el χ^2

* significativo

NS = No significativo, NA = No aplica

4.5.3.3 Área total de impacto por el aprovechamiento

Finalmente, en el Cuadro 22, se presentan los valores promedios respecto al impacto en el bosque productor para cada tratamiento. Es importante resaltar que en ninguno de los tratamientos la superficie impactada superó el 25% de área de bosque productor establecido en el estándar nacional (1998), con el cual fueron aprobados. Se encontró diferencia significativa entre los tratamientos Testigo, que presentó el mayor porcentaje de superficie impactada y el PSA-CFV ($Pr > 0.023$), que presentó la menor superficie; no así entre los tratamientos Testigo y PSA, aunque este último tampoco difiere a los tratamientos CFV y PSA-CFV.

La superficie total impactada es resultado de la sumatoria de los impactos por corta de árboles y construcción de red vial. Si analizamos los valores por separado podemos observar que el impacto por la construcción de caminos es mayor que el impacto por la corta de árboles en los tratamientos Testigo, PSA y CFV, a diferencia de lo que se observa en el tratamiento con PSA-CFV, donde el porcentaje de la superficie de claros y caminos son similares. Este resultado puede estar fuertemente relacionado con la intensidad del aprovechamiento como lo indican estudios realizados por Toledo (2001), Camacho (1997),

Bruening (1996) y Sarre (1995) citado por Venegas y Louman (2001) y FAO, 1995) ya que a mayor intensidad de aprovechamiento mayor es el área afectada.

Cuadro 22. Superficie promedio de bosque productor impactado por la construcción de red vial y corta de árboles durante el aprovechamiento forestal. Valores registrados por tratamiento.

Ind.	Variables medidas	Sig.	Pr>F	Tratamientos			
				Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
23.6	Impacto por construcción de vías de aprovechamiento y patios de acopio (% BP)	*	0.028	4.14a	2.69ab	2.15b	2.66ab
	Total impactos del aprovechamiento forestal (% BP)	*	0.023	10.03 a	7.71 ab	6.16 b	5.44b

Las medias con letras iguales no son significativamente diferentes

* Diferencia significativa

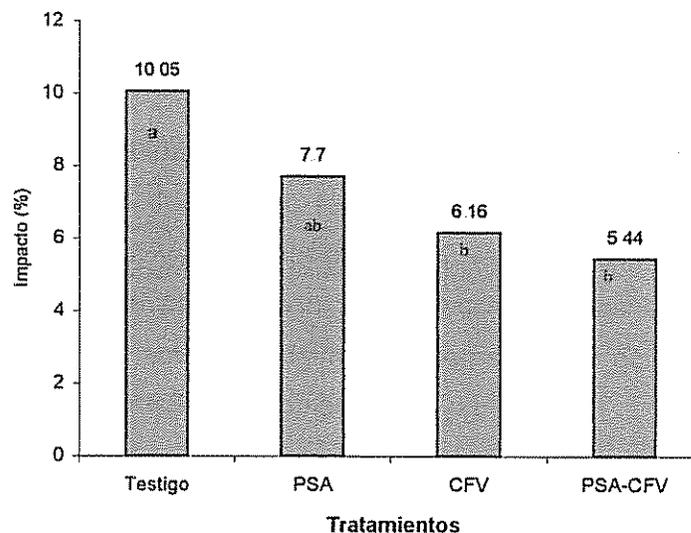


Figura 10. Superficie total de bosque productor (BP), impactada por el aprovechamiento forestal. Los promedios con las letras iguales no son significativamente diferentes.

Las investigaciones que evalúan impacto del aprovechamiento forestal, están principalmente concentradas en evaluación de área disturbada por caminos y por la corta de árboles. Algunos investigadores añaden a estos factores, evaluaciones sobre daños a la masa residual e índices de disturbios en superficie, así como aspectos económicos sobre productividad y costos del aprovechamiento (Contreras *et al*, 2001). Si bien estos aspectos

son importantes en la evaluación del aprovechamiento forestal, el impacto total debe reflejarse como la suma de todos los elementos involucrados en este proceso que de alguna forma tienen efectos sobre el ecosistema.

Los resultados de esta evaluación integral permiten determinar el nivel de desempeño ambiental del manejo forestal sostenible aplicado en las UMF. Heinrich (1997), nombra cuatro elementos claves en relación con las operaciones forestales, si se quiere manejar el bosque de manera sostenible; estos elementos son: planificación del aprovechamiento, implementación y control evaluación del aprovechamiento y fuerza de trabajo forestal capacitada y motivada. Estos elementos, en su mayoría han sido considerados en el presente estudio y es en función de sus respuestas que se presentan los resultados sobre el desempeño ambiental del manejo forestal sostenible en cada uno de los tratamientos.

4.6 Resultados del Análisis Multivariado

4.6.1 Análisis de conglomerados

Con la finalidad de determinar la agrupación de las variables sin la influencia de los mecanismos de promoción del manejo forestal determinados a priori como tratamientos Testigo, CFV, PSA y PSA-CFV, se seleccionaron 12 variables con base en los criterios: tipo de variable (de impacto, de planificación y/o protección de las UMF), relevancia para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal y no ocurrencia de traslape; y se aplicó el procedimiento estadístico de componentes principales.

Se identificaron siete componentes principales, con los cuales se explicó el 89% de la variabilidad total. Los valores propios, la proporción de variabilidad y la proporción de variabilidad acumulada para cada componente principal, se presentan en el Cuadro 23. Basado en el análisis gráfico de la pseudo "T", y de acuerdo a la lógica de agrupación de las variables, se consideraron tres grupos, tomando como límite máximo un R^2 de 0,10 para la identificación de los grupos, como se muestra en la figura 11.

Cuadro 23. Valores propios de los siete primeros componentes principales y su respectiva proporción de variabilidad total.

Componente principal	Valor propio	Diferencia	Proporción	Acumulativo
1	4.31	2.62	0.36	0.36
2	1.69	0.32	0.14	0.50
3	1.37	0.12	0.11	0.61
4	1.25	0.39	0.10	0.72
5	0.86	0.28	0.07	0.79
6	0.58	0.02	0.05	0.84
7	0.56	0.13	0.05	0.88

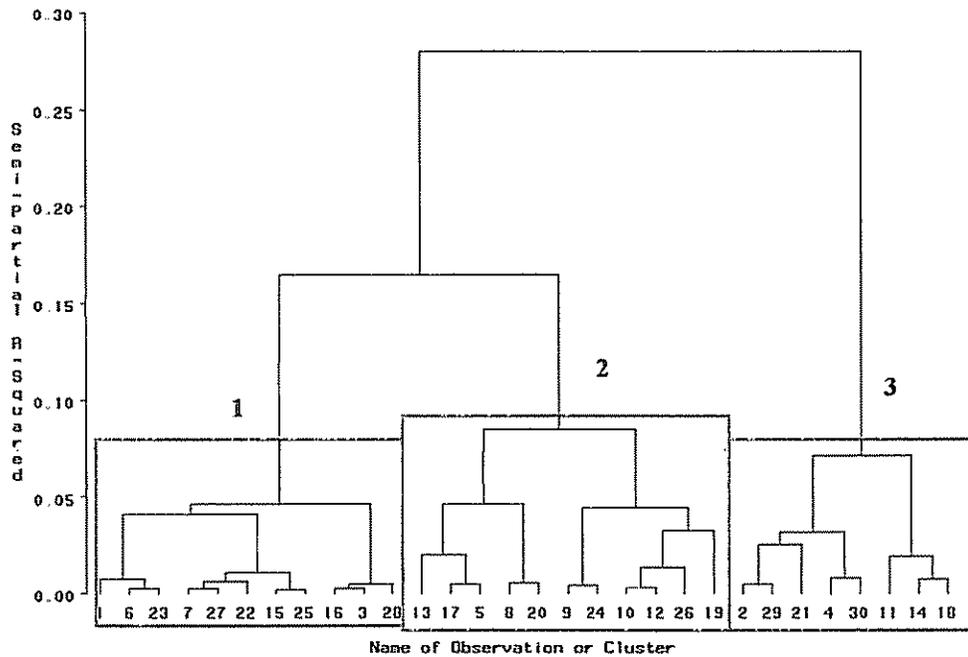


Figura 11. Dendrograma de las UMF agrupadas con base en doce variables de desempeño de las operaciones de aprovechamiento y en siete componentes principales, determinados mediante el análisis de conglomerados.

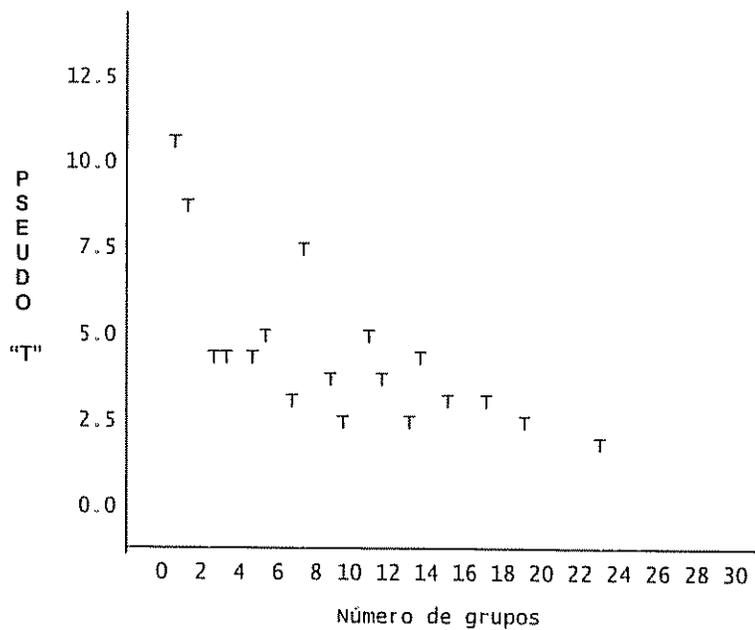


Figura 12. Valores de Pseudo "T"¹ para cada posible número de Conglomerados

Para cada uno de los grupos conformados se identificaron las UMF y el tratamiento al cual correspondían, con la finalidad de determinar una posible relación entre el nuevo grupo formado y los tratamientos definidos a priori. De esta manera se determinó que en el primer grupo, conformado por 11 UMF, predominaba el tratamiento con CFV y CFV-PSA; el segundo grupo, conformado por 11 UMF, es una mezcla de tratamientos donde predomina el tratamiento PSA, y el tercer grupo, conformado por 8 UMF, está integrado por UMF que corresponden al tratamiento Testigo. La conformación de cada uno de los grupos se puede observar en el Cuadro 24

Por otra parte, el ANDEVA aplicado a cada una de las variables seleccionadas para el análisis, permitió identificar, entre los grupos conformados por el análisis conglomerado, aquellas variables que presentan diferencia significativa con >0.05 ; así como, determinar los grupos donde se observan las diferencias.

Cuadro 24 Conformación de los grupos con base en los resultados del Análisis de conglomerados

Obs.	Cod. Finca	Grupo	Tratamiento
1	1	1	CFV
2	6	1	CFV
3	7	1	CFV
4	16	1	CFV
5	27	1	CFV
6	3	1	PSA
7	23	1	PSA
8	15	1	PSA-CFV
9	22	1	PSA-CFV
10	25	1	PSA-CFV
11	28	1	PSA-CFV
12	13	2	CFV
13	9	2	Testigo
14	24	2	Testigo
15	8	2	PSA
16	10	2	PSA
17	12	2	PSA
18	17	2	PSA
19	19	2	PSA
20	26	2	PSA
21	5	2	PSA-CFV
22	20	2	PSA-CFV
23	2	3	Testigo
24	4	3	Testigo
25	11	3	Testigo
26	14	3	Testigo
27	18	3	Testigo
28	21	3	Testigo
29	29	3	Testigo
30	30	3	Testigo

El grupo 1 (CFV, PSA-CFV) difiere estadísticamente con el grupo 3 (tratamiento Testigo) cuando se refiere al cumplimiento en las medidas de protección contra la erosión hídrica y de caminos, relacionados también con medidas adoptadas durante el cierre de operaciones como la clausura de caminos. El grupo 2 tiene un mejor desempeño que el grupo 3 y en algunos casos es similar al grupo 1 cuando se trata de las variables protección de la UMF, estado de los cursos de agua e informe de cierre, pero difiere de los grupos 1 y 3 cuando se evalúa la variable clausura de caminos. Este último aspecto permite asumir que la presentación del informe de cierre no garantiza que el cierre del aprovechamiento se halla ejecutado adecuadamente o que se estén cumpliendo las recomendaciones emitidas por el regente.

Cuadro 25. Comparación estadística entre las variables agrupadas en el análisis de conglomerados

Variable	1	2	3	Sig.	Pr>F
	CFV PSA-CFV	PSA	Testigo		
Erosión hídrica y de caminos					
Sin Infraestructura para evitar erosión hídrica	1.0 b	1.5 a	1.5 a	*	0.021
Mal Estado de los cursos de agua	1.3 b	1.2 b	2.3 a	**	<0.0001
Erosión de caminos (%)	11.5 a	13.0 a	18.7 a	NS	0.6518
Profundidad de las huellas de tractor	1.0 b	1.6 a	1.5 a	*	0.0031
Impacto sobre el bosque productor (%)					
Impacto de corta de árboles (% BP)	2.8 b	5.7 a	5.9 a	*	0.0011
Impacto caminos (% BP)	2.5 a	3.3 a	3.6 a	NS	0.2248
Clausura del aprovechamiento					
Clausura de caminos (% no clausurados)	8.9 c	33.5 b	89.1 a	**	<0.0001
Sin Obras de conservación (%)	20.5 b	93.2 a	100.0 a	**	<0.0001
Sin informe de cierre	1.5b	1.2b	2.0 a	*	0.0007
Protección de la UMF					
Corta de madera no autorizada	1.0 b	1.1 b	1.6 a	*	0.0006
Cacería	1.1 b	1.3 b	1.9 a	*	0.0005
Aprovechamiento de residuos					
Presencia de residuos	1.3 b	1.8 a	2.0 a	*	0.0040

4.6.2 Análisis discriminante canónico

El resultado del análisis discriminante determinó que las dos funciones canónicas son significativas. De acuerdo al Cuadro 26, la primera función canónica es altamente significativa y explica el 66% de la variabilidad total y la segunda función canónica explica el 34% restante. Por tanto, las 12 variables analizadas, se redujeron a dos grupos de variables que permitieron determinar su relación e identificar los procesos a los cuales pertenecen.

Cuadro 26 Resultados estadísticos de cada una de las funciones canónicas

Nº	Correlación Canónica	Valor propio	Proporción	Proporción acumulada	Pr>F
1	0.979753	23.9481	0.6663	0.6663	<.0001
2	0.960747	11.9928	0.3337	1.0000	0.0021

Cuadro 27. Coeficientes canónicos estandarizados para cada una de las variables evaluadas.

Variable	Coeficiente Can 1	Coeficiente Can 2
Informe de cierre	0.12948	0.99905
Sin infraestructura contra la erosión hídrica	0.75599	-0.74816
Impacto por corta de árboles (% BP)	1.22692	-1.23237
Impacto por construcción de vías (%BP)	-1.00369	0.33740
Corta de madera no autorizada	0.23543	1.46194
Cacería	-0.06771	0.29272
Profundidad de las Huellas de tractor	0.57147	-1.44066
Mal estado de los cursos de agua	0.39641	1.25401
Camino no clausurado	2.16528	-0.01595
Erosión de caminos	-0.83854	-0.40343
Sin obras de conservación	1.27684	-0.67566
Residuos	0.52029	-0.79036
Tratamiento	0.54959	-0.77555
Tipo de Regencia	1.48277	1.13634
Tipo de bosque	0.37422	0.05484
Tamaño de la UMF	0.33988	0.18781
Bosque intervenido	0.05187	-0.89502
AB antes	0.21528	0.51183
AB removida	-0.63418	0.33708

Con base en los mayores valores absolutos presentados en cada uno de los coeficientes canónicos, se identificaron seis variables, de mayor influencia en la discriminación de los tres grupos definidos en el análisis de conglomerados de las UMF (Cuadro 27); estas variables son: sin obras de conservación, Impacto por corta de árboles y construcción de vías de aprovechamiento, caminos clausurados, sin infraestructura contra la erosión hídrica y caminos erosionados; variables relacionadas con la protección contra daños producidos a la vegetación y el suelo y contra la erosión hídrica

Estas variables además se encuentran también fuertemente relacionadas al tipo de regencia que es una variable de característica de la UMF, que estaría influenciando en los resultados del desempeño ambiental del manejo forestal entre los grupos

La Figura 13 muestra la distribución de las UMF en los ejes de la función canónica 1 y 2. De acuerdo a la función canónica 1, el grupo 1 (dominado por los tratamientos CFV y PSA-CFV) es el que se encuentra más distante de los grupos 2 y 3 (dominados por los tratamientos PSA y Testigo respectivamente) y el grupo 3 se encuentra más distante de los grupos 1 y 2 con respecto a la función canónica 2; sin embargo esta distancia es menor que la presentada

por grupo1 con respecto a los grupos 2 y 3 en la función canónica 1. Este resultado permite determinar que el desempeño de las variables evaluadas en las UMF contenidas en el grupo 1 es mejor, con relación al grupo 2 y 3; sin embargo, existen algunas variables en las que el desempeño es similar entre los grupos 1 y 2

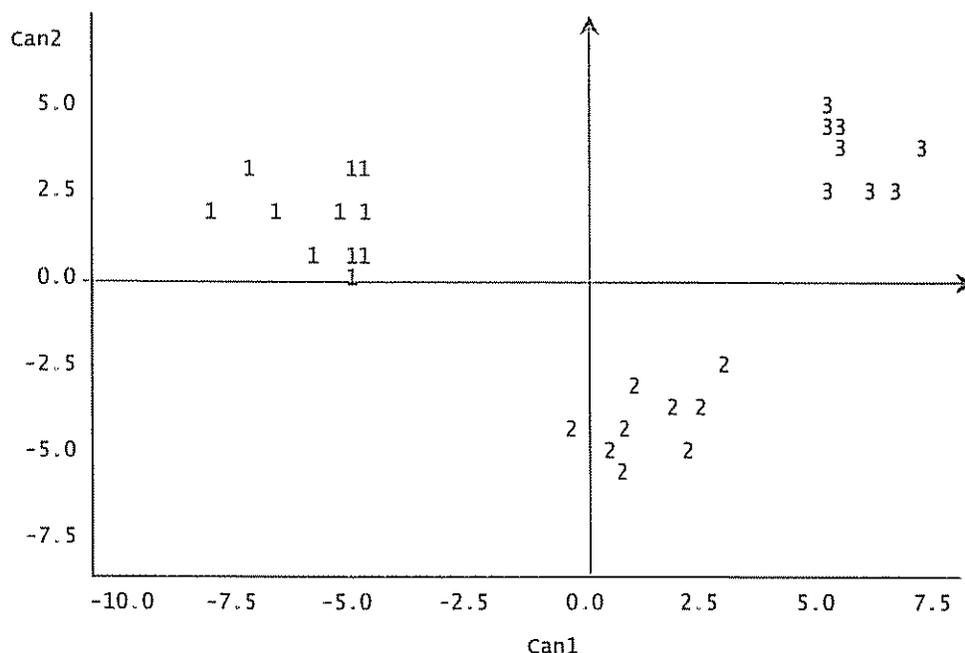


Figura 13. Distribución de las UMF agrupadas según el análisis de conglomerados en relación con las funciones canónicas 1 y 2.

El Cuadro 28 permite reconocer las variables de mayor relevancia en el desempeño ambiental del manejo forestal. La variable deficiencia o falta de ejecución de la clausura de caminos es el que más influye en la separación de los grupos de acuerdo a su desempeño ambiental, seguido por la falta de obras de conservación adecuadas e infraestructura contra la erosión hídrica, todos estos factores sumados al mal estado de los cursos de agua y la profundidad de las huellas de tractor, influyen en el proceso de erosión hídrica y alteración del sistema de drenaje. Otros impactos de mayor relevancia son los claros creados por la corta de árboles y la construcción de caminos forestales, aspectos que influyen en el daño sobre la vegetación y el suelo. Estas variables son las más relevantes y las que discriminan a los grupos en función de su desempeño ambiental.

Por otro lado, la corta de madera no autorizada es uno de los problemas más importantes por la falta o deficiente protección de las UMF. Una variable de característica de manejo de la UMF relevante para el análisis es el tipo de regencia, que sería el factor que estaría influyendo sobre los resultados del desempeño ambiental del manejo forestal; sin embargo, es importante resaltar el tratamiento es otra variable importante, ya que influye sobre el tipo de regencia. Las regencias con ONG están relacionadas con los mecanismos de promoción como el PSA y el CFV, por lo tanto no son independientes.

Cuadro 28. Variables de mayor relevancia, ordenadas por elementos y procesos, identificados en el presente estudio como factores importantes que permiten evaluar el nivel de desempeño ambiental del manejo forestal.

Variable	Coficiente Can 1	Coficiente Can 2
Erosión hídrica de caminos		
Sin infraestructura contra la erosión hídrica	0.75599	-0.74816
Mal estado de los cursos de agua	0.39641	1.25401
Profundidad de las Huellas de tractor	0.57147	-1.44066
Erosión de caminos	-0.83854	-0.40343
Impactos sobre el bosque productor		
Impacto por corta de árboles (% BP)	1.22692	-1.23237
Impacto por construcción de vías (%BP)	-1.00369	0.33740
Clausura del aprovechamiento		
Caminos no clausurado	2.16528	-0.01595
Sin obras de conservación	1.27684	-0.67566
Sin informe de cierre	0.12948	0.99905
Protección de la UMF		
Corta de madera no autorizada	0.23543	1.46194
Cacería	-0.06771	0.29272
Aprovechamiento de residuos		
Residuos	0.52029	-0.79036
Características de las UMF		
Tratamiento	0.54959	-0.77555
Tipo de Regencia	1.48277	1.13634
Tamaño de la UMF	0.33988	0.18781
Bosque intervenido	0.05187	-0.89502
AB antes	0.21528	0.51183
AB removida	-0.63418	0.33708

4.7 Clasificación de los tratamientos de acuerdo con su desempeño ambiental

Con base en los resultados anteriores, se determinó, que la deficiencia en la planificación, operaciones y control de las actividades forestales influyen en el desempeño del manejo forestal. El problema de erosión de caminos (como efecto del uso inadecuado de la

maquinaria y falta de infraestructura para evitar la erosión hídrica), el impacto producido por la corta de árboles y construcción de caminos; así como, el incumplimiento de las actividades de cierre del aprovechamiento y protección de la UMF, son los principales factores que influyen en el desempeño. Los análisis muestran así mismo, que el tipo de regencia (particular u ONGs) es la principal variable que condiciona las diferencias del desempeño ambiental del manejo forestal.

Respecto al desempeño ambiental de cada uno de los tratamientos, se pudo determinar que el grupo 1, conformado por los tratamientos CFV y PSA-CFV, es el que presenta mejor desempeño seguido por el grupo 2 donde predomina el tratamiento con PSA. Si se analiza en su conjunto estos grupos se observa que los tratamientos que presentan un mejor desempeño son aquellos que cuentan con ambos mecanismos de promoción del MF, y que principalmente cuentan con la certificación forestal.

Es importante anotar que aunque el tratamiento Testigo difiere del tratamiento con PSA-CFV y CFV, al menos dos de sus UMF se incluyen en el grupo 2. Igual que en el caso de UMF con PSA, lo cual indica que en términos generales existe variabilidad en el manejo de estas UMF. En este resultado, se ha podido observar que aparte de las medidas que exige el CFV y el PSA, la responsabilidad del regente en la planificación del manejo (planificación y ejecución de actividades operativas pre y post-aprovechamiento), así como la responsabilidad del propietario para acatar las recomendaciones del regente, juega un rol muy importante.

4.8 Discusiones generales

La utilización práctica de criterios e indicadores, se ha limitado principalmente a la certificación e investigación, sirviendo como base para discusiones estratégicas de sostenibilidad; sin embargo, es cada vez más evidente que los criterios e indicadores representan instrumentos sumamente apropiados para efectos prácticos de planificación, monitoreo y auditoría en el sector forestal (Pokorny *et al.* 2001). Se han desarrollado muchos estándares de seguimiento y evaluación de la sostenibilidad, pero son muy pocos los que han sido aplicados.

La evaluación de impacto ambiental del aprovechamiento forestal, está restringida a estudios de caso de operaciones individuales, difíciles de comparar, ya que frecuentemente se utilizan

metodologías, clasificaciones y definiciones distintas (Heinrich, 1997), en este sentido, para obtener una metodología que permita evaluar el desempeño ambiental del manejo forestal, de manera práctica y con resultados confiables, es conveniente la utilización de un estándar. Asimismo, si se quiere que un estándar sea útil para evaluar la sostenibilidad del manejo y poder recomendar adaptaciones o mejoras, McGingley y Finegan (2002) recomiendan integrar elementos que evalúen los impactos del manejo y sus resultados. Estos elementos deben ser seleccionados cuidadosamente y la identificación de criterios, indicadores y verificadores para medir el desempeño ambiental del manejo forestal debe contemplar aspectos relevantes como: la planificación, control e implementación efectiva de las operaciones de aprovechamiento y post aprovechamiento (Dykstra, 1997; Carrera y Pinelo, 1995).

Además, es conveniente contar con una visión general más amplia del grado de las operaciones forestales, la intensidad del aprovechamiento, la mejora de rodales y el impacto del aprovechamiento forestal, en cuanto a la destrucción, degradación y pérdida del bosque (Heinrich, 1997). Estos elementos fueron incorporados como variables de evaluación en la metodología del presente estudio y permitieron explicar en gran parte el desempeño ambiental del manejo forestal para UMF con y sin mecanismos de promoción del manejo forestal.

Según Dykstra (1997), desde 1950 una serie de estudios detallados han cuantificado la naturaleza y el grado de impacto de las operaciones de aprovechamiento en el trópico; la mayoría de estas evaluaciones mostraron impactos sobre la vegetación y el suelo (Loumán, en prensa). Las causas de mayores impactos en el suelo y la vegetación están dadas principalmente por la construcción de caminos y la corta de árboles, que provocan erosión del suelo, sedimentación de los cursos de agua y daños a la masa remanente. Este último aspecto está directamente relacionado con la intensidad del aprovechamiento (FAO, 1995; Dykstra y Heinrich, 1992; Toledo *et al*, 2001). Estas aseveraciones confirman los resultados del presente estudio, donde se encontró que la construcción de caminos y corta de árboles son los que produjeron mayor impacto en el bosque productor.

Por medio de la metodología desarrollada en el presente estudio se determinaron los principales factores afectados como consecuencia de una deficiente o inadecuada planificación y ejecución de las actividades de aprovechamiento forestal. Estos factores están relacionados principalmente con los daños causados a la masa forestal remanente

(producción de claros), erosión de suelos (por construcción de caminos), erosión hídrica y alteración del sistema natural de drenajes. Por esto, es importante seleccionar adecuadamente las variables que permitan obtener respuestas apropiadas respecto al estado de los componentes del ecosistema. Estas variables deben referirse a parámetros de proceso y resultado que expliquen el desempeño en la ejecución del aprovechamiento, utilización y mantenimiento de caminos durante y después del aprovechamiento, así como la identificación, selección y corta de árboles.

Los resultados de la evaluación, permitieron además determinar que datos como diámetro y altura del tocón, tipo de árbol (identificado o marcado), identificación de la especie extraída y número del árbol, aunque son importantes para medir el cumplimiento en un proceso de auditoría, no son relevantes para la evaluación del desempeño ambiental, por las siguientes razones:

- Diámetro y altura del tocón: aunque es fácil identificar cuando un árbol cortado tiene un diámetro menor al establecido como diámetro mínimo de corta (DMC), la irregularidad que presentan algunos tocones por la característica intrínseca de su forma en la base (p.ej. *Pentaclethra maculosa*, *Dialium guianensis* y *Dipterix panamensis*), puede inducir a error cuando se desea estimar el diámetro a la altura del pecho del árbol cortado. Este aspecto se debe evaluar antes e inmediatamente después del aprovechamiento, su presencia puede observarse como un complemento de la evaluación, mas no como parte de la evaluación misma
- Tipo de árbol (identificado / marcado como): este parámetro es interesante para determinar principalmente el cumplimiento de las medidas de planificación del aprovechamiento. Sin embargo, debido al tiempo transcurrido entre las operaciones de aprovechamiento y la evaluación, en muchos casos superiores a un año, la marca del tipo de árbol en los tocones ha desaparecido por la característica de algunas especies de perder la corteza o por el rápido proceso de pudrición que presentan. En este sentido, para evaluar el cumplimiento de la planificación y como una variable complementaria para la evaluación del desempeño ambiental, sería conveniente identificar la ubicación del árbol con respecto al mapa base, para su correspondencia con respecto a la planificación del aprovechamiento. Si se desea evaluar este parámetro, sería recomendable que los manejadores del bosque utilicen plaquitas de metal o plásticas que

tengan una vida útil mayor a la que se puede lograr con la aplicación de pintura en la base del árbol.

Por otro lado, cortes muy bajos durante el aprovechamiento, no permiten colocar la marca o el número de árbol en el tocón y por consiguiente su identificación se hace más difícil.

- Verificación de la especie extraída - al igual que en el caso anterior, la identificación de la especie extraída se hace difícil debido a las características de durabilidad natural de las especies, salvo algunas excepciones que presentan rebrotes como: *Pentaclethra macroloba*, *Dialium guianensis* y variabilidad en la nomenclatura común de los árboles en las diferentes regiones, que dificulta la identificación exacta de las especies que se están evaluando. Sin embargo, si es importante que este aspecto se evalúe antes e inmediatamente después del aprovechamiento por parte de la autoridad forestal competente, para autorizar o sancionar efectos de su aplicación
- Número del árbol: sucede lo mismo que con la marca del tipo de árbol a extraer, además la búsqueda de esta marca y el número en el tocón (muchas veces cubierto por ramas, hojarasca o vegetación parásita que la cubre), es riesgosa ya que, algunas veces alberga ofidios que ponen en riesgo la integridad física del evaluador o el ayudante.

Por el contrario, es importante añadir a las variables de evaluación factores como:

- Dirección de caída de los árboles: este parámetro permitiría determinar si se aplicaron o no medidas para reducir el impacto sobre la masa forestal remanente. En los casos que se cuenta con mapas con señalización de caídas se podría comparar con la información recopilada en campo. Evaluar este parámetro no es difícil, sólo requiere de contar con una brújula e identificar la copa del árbol, que ya fue identificada para medir el tamaño del claro.
- Identificación del tipo de corte efectuado: se puede realizar paralelo a la evaluación de la dirección de caída del árbol. Las astillas y las huellas dejadas en el tocón del árbol cortado, permiten determinar la dirección y el tipo de corte realizado en la base del árbol, así como si este fue o no desgarrado.

Los resultados del presente estudio determinaron que los bosques del tratamiento Testigo, fueron los que presentaron mayor alteración de la masa remanente (con la formación de claros y apertura de caminos), erosión hídrica y daños provocados al suelo, comparado con los tratamientos PSA y CFV. En forma general, esto se explica debido a que los tratamientos con mecanismos de promoción del manejo forestal, desarrollan mejor o más eficientemente las actividades de planificación y operativas antes, durante y después del aprovechamiento, debido a que deben cumplir con una serie de requisitos y exigencias para acceder a la certificación forestal o al PSA. A su vez es importante mencionar que para el logro de los objetivos de conservación y sostenibilidad del recurso forestal, se requiere contar con recursos humanos, personal técnico capacitado y disponible para atender los trabajos de monitoreo, evaluación y control de las actividades operativas, así como de los recursos financieros necesarios que permitan una buena y efectiva labor de las regencias. En este sentido la Regencia amparada en una ONG demuestra ser más eficiente.

El proceso de certificación, está orientado a lograr la sostenibilidad del bosque y para ello, en el contexto ambiental, este mecanismo considera particularmente importante, que los impactos del aprovechamiento sean mínimos y que la tasa de manejo no exceda la capacidad de regeneración del bosque. A estos se suman elementos generales que consideran que las operaciones tienen que asegurar el mantenimiento de las funciones ambientales, incluyendo la estabilidad y la conservación de los recursos biológicos (Salazar, 1996) Así mismo, para la operatividad de estos aspectos, es importante contar con personal técnico calificado que realice las actividades de planificación, ejecución, monitoreo y evaluación del manejo forestal aún después del aprovechamiento, esto implicó un compromiso entre el regente y el propietario del bosque, lo cual no sucede en los bosques Testigos, ya que con el cierre del aprovechamiento, también se da por concluida la relación entre el propietario del bosque y el regente (Yalle, información personal de los propietarios de las UMF evaluadas).

Los valores promedios de las variables de impacto total sobre el bosque productor e intensidades del aprovechamiento en las UMF con tratamientos CFV (6.167% y $1.99 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y PSA-CFV (5.44% y $1.61 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), sumados a un mejor desempeño en la planificación y control de las UMF dentro de estos tratamientos, permiten asumir que la ejecución de las operaciones forestales en las UMF con mecanismos de promoción del MF presentan mejores características de aprovechamiento de bajo impacto. Venegas y Louman. (2001), sostiene que el aprovechamiento de bajo impacto contribuye a un buen manejo del bosque, si cumple

con los requisitos, de una mayor planificación de las actividades forestales, un buen trazado y construcción de caminos, aplicación de técnicas apropiadas de tala dirigida, capacitación del personal a todos los niveles, entre otros.

Por otro lado, es importante señalar que aunque los impactos totales en el bosque productor están muy por debajo de los límites máximos establecidos en el estándar nacional de 1998 (25% de superficie de bosque productor), la respuesta a este indicador no asegura a futuro, que los bosques Testigo donde el control, protección, monitoreo y evaluación y supervisión no son eficientes, mantengan la potencialidad productiva del recurso forestal y se restauren los procesos ecológicos, afectados por el aprovechamiento.

Por lo anteriormente expuesto se puede asumir que si bien es cierto el manejo forestal sostenible requiere de una legislación adecuada, entre ello la creación de un estándar basado en principios, criterios e indicadores que permitan medir la sostenibilidad de los bosques, así como de mecanismos de promoción del manejo forestal como la CFV y el PSA, que tienden a internalizar los beneficios de un buen manejo forestal, es necesario también contar con personal técnico y obrero capacitado para el desarrollo de las operaciones, así como para la supervisión del desempeño de estas actividades. En este sentido, la influencia de la certificación forestal y el pago por servicios ambientales, así como el rol que cumplen las regencias en el mejor desempeño del manejo forestal, se refleja en los valores positivos presentados en las UMF con CFV y CFV-PSA.

Así mismo, es importante reconocer que el PSA como mecanismo financiero puede tener otro efecto que es la motivación de los dueños del bosque para hacer manejo forestal sostenible. Este incentivo debe otorgarse a todos los bosques manejados que hayan demostrado, posterior al aprovechamiento, buen desempeño del manejo forestal y en este aspecto el papel de la certificación, las auditorías y el monitoreo que se sigue a las UMF que reciben PSA, juegan un rol muy importante y podrían determinar la viabilidad de este sistema. Putz *et al* (2000), consideran que el sistema de pago por servicios ambientales de Costa Rica, y la certificación forestal, son instrumentos que pueden incentivar el aprovechamiento mejorado.

5 CONCLUSIONES

La metodología desarrollada en el presente estudio, con base en criterios e indicadores seleccionados para evaluar el desempeño ambiental del manejo forestal de bosques naturales en Costa Rica, integra aspectos como características de las UMF, de la planificación, protección y control, así como medidas adoptadas de mitigación de impactos durante y después del aprovechamiento, que permiten una mejor interpretación de los resultados y proporcionan una buena base de información para determinar el desempeño ambiental del manejo forestal en el país. La metodología demostró ser de fácil aplicación y rápido proceso, además proporciona resultados confiables.

Los indicadores seleccionados estuvieron relacionados, principalmente a la evaluación de tres grandes grupos de impacto: impacto sobre el suelo, sobre la vegetación y sobre el régimen hídrico. Los principales efectos encontrados fueron: daños a la vegetación remanente (impacto por corta de árboles), erosión de caminos y corta de madera no autorizada. Así mismo el tipo de regencia muestra ser la variable que estaría influenciando en los resultados por sus características de operatividad técnica, que le confiere un mayor grado de eficiencia, como es el caso de las UMF regentadas por ONGs.

Las UMF del tratamiento Testigo, presentaron el mayor porcentaje de impacto sobre el bosque productor (10 %) y las UMF que combina los dos mecanismos de promoción del manejo forestal PSA-CFV el menor porcentaje de impacto (5.44%). Sin embargo, aún el tratamiento Testigo estuvo muy por debajo del límite máximo establecido en el estándar nacional (25%).

Los mayores problemas de erosión de suelos, obstrucción de cursos de agua y mal drenaje se reportaron en los tratamientos Testigos, contrario a lo que se observó en los tratamientos que contaron con mecanismos de promoción CFV y PSA, de todos estos tratamientos el que presentó mejor desempeño fue el tratamiento que combina los dos mecanismos PSA-CFV.

Los resultados indican que elementos como una adecuada planificación de las actividades operativas (diseño y construcción de caminos, ubicación de árboles a cortar y dirección de caída), cuidados durante y después del aprovechamiento forestal (utilización de maquinaria adecuada, adopción de medidas que reduzcan los impactos sobre el suelo y el sistema de drenajes, monitoreo y evaluación, cierre del aprovechamiento), control y protección de las

UMF, así como una adecuada capacitación de técnicos y operarios en el desarrollo de las actividades de manejo forestal, reducen los impactos ambientales en el bosque.

Aunque el estudio demuestra que los valores de impacto sobre el bosque productor no sobrepasa la norma establecida en el estándar nacional, para garantizar a futuro la recuperación y restauración del bosque y su potencial productivo, es necesario aplicar las medidas de control y protección que son elementos complementarios que se deben tener en cuenta para un efectivo manejo forestal.

Si bien en Costa Rica, las políticas de manejo forestal, el sistema de manejo y en particular el tipo de aprovechamiento forestal, el tipo de bosque y las especies aprovechadas, son singulares, los aspectos que se abordan como relevantes para evaluar el desempeño ambiental del manejo forestal podrían aplicarse para otros bosques neotropicales, con los respectivos ajustes.

6 RECOMENDACIONES

Con base en el presente estudio, se formulan las siguientes recomendaciones:

Desarrollar una metodología que permita determinar impactos ambientales en UMF que hayan recibido PSA para bosques de protección y compararlas con bosques manejados con el mismo incentivo; con la finalidad de determinar cuál es la diferencia en la magnitud del impacto del aprovechamiento en bosques manejados con PSA, con relación a los bosques protegidos con PSA. Se sugiere identificar y evaluar impactos naturales en el bosque como claros y residuos presentes por efecto de la caída de árboles.

Aplicar la presente metodología en un periodo máximo de un año de realizado el cierre de operaciones de aprovechamiento (evaluación de impacto en suelo, agua y vegetación); sin embargo, debido a que el monitoreo de la composición y estructura del bosque no se puede determinar en este tiempo, es necesario realizar la evaluación de la estructura de estos bosques en periodos de cinco años después del aprovechamiento (en la segunda evaluación y comparar datos de composición y estructura).

Evaluar con más detalle elementos silvícolas del bosque en cuanto a estructura y elaborar una metodología, considerando dos periodos de evaluación de al menos uno y cinco años después del aprovechamiento. Estudios posteriores, podrían apoyar en la determinación del mantenimiento o pérdida de la estructura disetanea del bosque.

Estudiar la importancia del PSA en la decisión de manejar o no manejar el bosque, ya que si bien el presente estudio apunta a que la certificación forestal es un mecanismo que mejora el desempeño ambiental del manejo forestal, este tiene sus implicancias económicas por las cuales aún no es completamente aceptado por la sociedad para el manejo de los bosques; sin embargo el PSA no dista mucho de la CFV y mejora el desempeño ambiental en relación con las UMF que no reciben ningún incentivo, además internaliza los beneficios económicos a los dueños de los bosques y coadyuva al logro de los objetivos de sostenibilidad del manejo forestal.

Promover la CFV y el PSA en todos los bosques manejados para producción de madera, con el fin de conciliar un incremento de los beneficios económicos con el mantenimiento de la integridad ecológica de estos ecosistemas.

7 BIBLIOGRAFIA

- Alfaro, M. 1999. Aplicación de indicadores para el buen manejo forestal en Costa Rica: Perspectivas del sector forestal privado. *In: Conferencia y Taller Internacional Indicadores para el manejo forestal sostenible en el neotrópico: Memorias*. Turrialba, Costa Rica, CATIE-IUFRO-CIFOR-FAO.
- 2003. Certificación del manejo forestal sostenible en Costa Rica. Producción ambientalmente sostenible y certificaciones. En: *Revista mensual actualidad ambiental-Ambientico no 122 (en línea)* Consultado el 12 de diciembre 2003 <http://www.ambientico.una.ac.cr/Alfaro.htm>
- Amaral, P. 2001. Evaluación de las condiciones, procesos y resultados del manejo forestal comunitario en la Amazonía Brasileña. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 101 p.
- Bruening, F. 1996. Conservation and management of tropical rainforests: an integrated approach to sustainability. New York, EE.UU. CAB Internacional. 339 p.
- Campos, J; Muller, E. 1999. Negociación y desarrollo de los estándares nacionales para el manejo forestal sostenible en Costa Rica. *Revista Forestal Centroamericana*. Edición especial 2000. no 30:69-72.
- Campos, J; Ortiz, R; Smith, J; Finegan, B; De Camino, R. 2000. Almacenamiento de carbono y conservación de biodiversidad por medio de actividades forestales en el Área de Conservación Cordillera Volcánica Central, Costa Rica – potencialidades y limitantes. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 70 p.
- Campos, J; Camacho, M; Villalobos, R; Rodríguez, C; Gómez, M. 2001. La Tala Ilegal en Costa Rica: un análisis para la discusión. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 65 p.
- Campos, J; Finegan, B; Villalobos, R. 2001. Manejo diversificado del bosque: aprovechamiento de bienes y servicios de la biodiversidad del bosque neotropical. *Revista Forestal Centroamericana* no 36:6-13.

- Carrera, F; Pinelo, G. 1995. Prácticas mejoradas para aprovechamientos forestales de bajo impacto. CATIE. Serie oficial. Informe Técnico no. 262. Colección Manejo Forestal en la Reserva de la Biosfera Maya Petén, Guatemala. Publicación no. 1. 61 p
- CIFOR 1999. The CIFOR Criteria and indicators generis template. Criteria and Indicators Toolbox Series no. 2. CIFOR, Bogor, Indonesia.
- CNCF (Comisión Nacional de Certificación Forestal). 1999. Estándares y procedimientos para el manejo sostenible y la certificación forestal en Costa Rica. CNCF. San José, Costa Rica. 54 p.
- Contreras, F; Cordero, W; Fredericksen, T. 2001. Evaluación del aprovechamiento forestal. Proyecto de manejo forestal sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. 46 p.
- COSEFORMA. 1995. Inventario forestal de la Región Huetar Norte. 2 ed. San José, Costa Rica, GTZ. 27 p.
- Costa Rica. La Gaceta no. 72. 1996. Ley Forestal 7575. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Costa Rica. La Gaceta no. 140. 1996. Reglamento de la ley forestal. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Costa Rica. La Gaceta no. 212. 1999. Principios, criterios e indicadores para el manejo forestal y la Certificación en Costa Rica. San José, Costa Rica.
- Delgado, D; Finegan, B; Zamora, N; Meir, P. 1997. Efectos del aprovechamiento forestal y el tratamiento silvicultural en un bosque húmedo del noreste de Costa Rica: cambios en la riqueza y composición de la vegetación. CATIE. Serie Técnica, Informe Técnico no 298. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 12. 43 p.
- Delgado, D; Finegan, B; Obando, G; Carrera, JR; Vargas, G; Quirós; Campos, J. (en prensa). Metodología para la evaluación de la sostenibilidad del manejo forestal en Costa Rica, a través del estándar nacional: guía general y documento de referencia. CATIE, FUNDECOR. 18 p. (sin publicar).

- Del Palacio, E; Martínez, A; Rodríguez, J; López, F; Serrada, R. 1999. La Restauración hidrológico forestal en España. Gestión sostenible de los recursos suelo, agua y vegetación. Ministerio de Medio Ambiente-Dirección General de Conservación de la Naturaleza. 75 p.
- Dykstra, D; Heinrich, R. 1992. Sostenimiento de los bosques tropicales mediante sistemas de explotación ecológicamente adecuados. Revista Unasyva no. (169) 43:9-15.
- Dykstra, D. 1997. Aprovechamiento de impacto reducido: convirtiendo los resultados de la investigación en prácticas de campo. En: Simposio internacional "Posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical" Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 15-20 de Julio de 1997. 7 p.
- Dykstra, D. 2001. Ideas antiguas y nuevas sobre la extracción de impacto reducido. Actualidad Forestal Tropical 9(2):3-4.
- FAO 1995. Reunión de expertos FAO / OIMT sobre: "La armonización de criterios e indicadores para un manejo forestal sostenible". Informe Técnico. Roma, FAO Italia. 21p.
- 1995. Impacto Ambiental de las prácticas de cosecha forestal y construcción de caminos en bosques nativos siempreverdes de la X Región de Chile. Estudio monográfico de la explotación forestal. FAO, Roma, Italia (en línea). Consultado en internet el 10 de noviembre de 2003.
<http://www.fao.org/docrep/V9727S/v9727s00.htm#Contents>
- 1997. Situación de los bosques del mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO, Roma, Italia. 200 p.
- 2002. Situación de los bosques del mundo 2001. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO, Roma, Italia. 236 p.

- Finegan, B; Hayes, J; Delgado, D; Gretzinger, S. 2004. Monitoreo ecológico en Bosques de Alto Valor para la Conservación manejados certificados por el FSC: una guía para certificadores y manejadores de bosques en el trópico húmedo. 141p.
- FSC (Forest Stewardship Council). 2000. Principios y criterios para el manejo forestal. Documento no. 12 Revisado Febrero 2000 (en línea). Consultado en internet el 12/ de noviembre de 2003. http://www.fscoax.org/pag_esp.htm
- 2002. Operaciones certificadas en América Latina (mayo 2002) Costa Rica (en línea). Consultado el 15 de enero 2004. <http://www.wfca.org/php/fsc/fsc06operalat06.php>
- 2003. ¿Qué es la certificación? (en línea). Consultado en internet el 11 de octubre de 2003. http://www.fscoax.org/pag_esp.htm
- FUNDECOR (Fundación para el desarrollo de la Cordillera Volcánica Central). 2004. Transferencia de tecnologías-Certificación forestal (en línea). Consultado el 20 de diciembre de 2003. http://www.fundecor.or.cr/transferecia/auditorias_es.shtml
- Gallo, M. 1999 Identificación de tipos de bosques primarios en la Zona Norte de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 64 p. + anexos.
- Heinrich, R, 1997. Aprovechamiento ambientalmente apropiado para mantener los bosques tropicales. En: Simposio internacional "Posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical". Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, 15-20 de Julio de 1997. 9 p.
- Hernández, L. 1999. Validación de la metodología de visita de tocones para la evaluación de aprovechamientos forestales realizados por CODEFORSA en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Informe de Práctica de Especialidad TEC/CODEFORSA. Cartago, 70 p.
- Holdridge, L. R. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica IICA. Serie de Libros y Materiales Educativos no 83. 216 p.

- Johnson, N; Cabarle, B. 1995. Sobreviviendo a la tala: manejo del bosque natural en los trópicos húmedos. World Resources Institute/ Consejo Centroamericano de Bosques y Áreas Protegidas, Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo. 72 p
- Kiersch B. 2000 Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos: una revisión bibliográfica. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación – FAO Roma, Italia, 14 p.
- Koppelman, R. 1990. Damage caused by selective logging in a neotropical rainforest. Tesis Mag. Sc. Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda. 58 p.
- Lammerts van Bueren E; Blom, E. 1997. Hierarchical framework for the formulation of sustainable forest management standards. In. Tropembos: Principles Criteria and Indicators. The Netherlands. 82 p.
- López, F. 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de la erosión. Ingeniería medioambiental. Ministerio de Medioambiente – Tragsa-Tragsatec, Madrid. p. 9-40.
- Louman, B.; Valerio, J.; Jimenez, W. 2001. Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central: bases ecológicas. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico no. 46:21-78.
- Louman B; Campos, J; Schmidt, S; Zagt, R; Haripersaud, P. 2002. Los procesos nacionales de certificación forestal y su relación con la investigación forestal: interacciones entre políticas y manejo forestal casos de Costa Rica y Guyana. Revista Forestal Centroamericana no. 37: 41-46.
- Louman B. (en prensa). Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados en América Central: Impacto ambiental del aprovechamiento forestal. Serie técnica. En Manual técnico (en preparación). Eds. L. Orosco, C. Brumer. Turrialba. Costa Rica CATIE.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, CR); CATIE (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, CR). 2002 Reconocimiento de los servicios ambientales

del sector agropecuario en Costa Rica -algunas consideraciones. Documento elaborado para el taller "Fomento de la competitividad agropecuaria sostenible con promoción de servicios ambientales". Turrialba, Costa Rica, CATIE. 21 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 la sostenibilidad ecológica del manejo forestal en Costa Rica. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico nº 330. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 26. 75 p.

Mejías, R; Segura, O. 2002. Situación actual del pago por servicios ambientales. Serie Documento de trabajo 007-2002. Documento preparado para World Resources Institute (WRI)-Centro Internacional de Política Económica CINPE, Costa Rica, 89 p.

Nasi, R; Wunder, S; Campos, J. 2002. Servicios de los ecosistemas forestales ¿Podrían ellos pagar para detener la deforestación?. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico nº 331. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no.28 34 p. + anexos.

ONF (Oficina Nacional Forestal CR). 2001. Manejo forestal y conservación de bosques en Costa Rica. COSEFORMA, San José, Costa Rica. 47 p.

OIMT 1998 Criterios e indicadores para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. Serie OIMT de Políticas Forestales Nº 7. OIMT, Yokohama. 23 p.

----- 2002. Forest Certification: pending challenges for tropical timber. Technical Series 19. OIMT, Japan. 66 p.

Ordoñez, Y. 2004. Validación de indicadores ecológicos para la evaluación de sostenibilidad en bosques bajo manejo forestal en el trópico húmedo, con énfasis en Bosques de Alto Valor para la Conservación. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 66 p. + anexos.

Ortiz, E; Esquivel, E; Salas, C; Camacho, D; 1998. Auditoría a planes de manejo en la subregión Sarapiquí del Área de Conservación Cordillera Volcánica Central (ACCVC). Kurú. Boletín no 25:10 – 14.

- Pedroni, L; De Camino, R. 2001 Un marco lógico para la formulación de estándares de manejo forestal. Serie Técnica. Informe Técnico no. 317. CATIE. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 19. 33 p.
- Pokorny B.; Sabogal, C.; De Camino R. 2003. Metodologías para evaluar la aplicación de criterios e indicadores en el manejo forestal de bosques tropicales en América Latina. Revista Forestal Centroamericana nº 36: 14-19.
- Poore, D; Burgess, P; Palmer, J; Synnott, T. 1989. No timber without trees. Sustainability in the tropical forest. London, UK, Earthscan Publications, 252 pp.
- Quirós, D; Finegan, B. 1994. Manejo sustentable de un bosque natural tropical en Costa Rica: definición de un plan operacional y resultados de su operación. CATIE. Serie Técnica, Informe técnico no 225. Colección Silvicultura y Manejo de Bosques Naturales no. 9. 25 p. + anexos
- Quirós, D. 2001. Silvicultura de los bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central: Técnicas silviculturales. Eds. B. Louman; D. Quirós; M. Nilsson. CATIE. Serie Técnica. Manual Técnico no. 46:157-173.
- Stadtmüller, T. 1994 Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales, medidas para mitigarlo. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 246. 62 p.
- Stoian, D; Carrera, F. 2001 La certificación forestal en la encrucijada: entre la panacea y un callejón sin salida. Revista Forestal Centroamericana no.34: 6-11.
- Toledo, M; Fredericksen, T; Licona, J C; Mostacedo, B. 2001. Impactos del aprovechamiento forestal en la flora de un bosque semidecídúo pluviestacional de Bolivia. Documento Técnico no. 106 p. Chemonics Internacional Inc. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR). Santa Cruz, Bolivia. s.p.

- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 1991. Estudios y análisis de los recursos físicos y biológicos de Llanuras de Tortuguero: base documental. MIRENEM-UICN/ORCA-JAPDEVA Costa Rica. s.p.
- Vásquez, A. 1991. Áreas degradadas y aptas para reforestación en la Región Huetar Norte, Costa Rica. COSEFORMA. Documento de Proyecto no. 17. s.p.
- Venegas, G; Louman, B. 2001. Aprovechamiento con tratamiento silvicultural de impacto reducido en un bosque montano de la Cordillera de Talamanca, Costa Rica. CATIE. Serie Técnica, Informe técnico no 325, Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales no. 23. 55 p.
- Wagner, U. 1997. Efectos del manejo maderero sobre la biodiversidad florística y la estructura de bosques húmedos de Costa Rica. En: Simposio internacional "Posibilidades de manejo forestal sostenible en América Tropical". Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 8 p.

ANEXO 1

Cuadro 1A. Selección de Criterios e Indicadores para la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal sostenible.

PRINCIPIO 6 "IMPACTO DEL MANEJO FORESTAL"

El manejo forestal deberá promover la conservación de la biodiversidad, los recursos hídricos y edáficos. Con el cumplimiento de este objetivo, se podrán mantener las funciones ecológicas, integridad del bosque y los servicios ambientales.

CRITERIOS E INDICADORES		Tipo de parámetro	Redundancia	Aplica
CNCF 1998 y 2002	Mc Ginley y Finegan (2002)			
Criterio:				
6.1 El manejo forestal busca reducir el impacto sobre la estructura y composición del bosque, la erosión hídrica del suelo, la contaminación de aguas por erosión y la sedimentación del sistema natural de drenajes				
Indicadores				
6.1.1	En el plan de manejo se establece un compromiso de mantener el impacto según lo mencionado en este principio	PI		NO
6.1.1*	El plan de manejo establece las medidas que mitigan y minimizan el impacto negativo sobre el ecosistema.			
6.1.2	En el plan de manejo se describen las medidas de mitigación y se aplican en el campo.	PI		NO
6.1.2*	Las medidas que mitigan y minimizan el impacto negativo sobre el ecosistema establecidas en el plan de manejo, se aplican en el campo.			
6.1.3	Posterior al aprovechamiento existe una evaluación del impacto sobre el suelo, agua y vegetación, firmada por el regente forestal.	PR	6.3.11	NO
6.1.3*	No se realiza aprovechamiento maderable en áreas con pendiente superior a 60%.	PR		SI
6.1.4*	No se realiza aprovechamiento maderable en las áreas de protección descritas en el artículo 33 de la Ley Forestal N° 7575.	PR		SI
6.1.5*	La corta y la extracción se realiza cuando las condiciones meteorológicas permitan minimizar el impacto negativo en el ecosistema y en las obras de infraestructura relevantes para la comunidad local.	PR		SI
6.1.6*	No hay eliminación del sotobosque (socola) ni de palmas, dirigidas al cambio de uso	PR		SI
6.1.7*	No hay quemadas intencionales	PR		SI

CRITERIOS E INDICADORES		Monitoreo Biológico	Tipo de parámetro	Redundancia	Aplica
CNCF 1998 y 2002	Mc Ginley y Finegan (2002)				
6.1.8* Dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola o actividades de pastoreo.			PR		SI
6.1.9* En caso de operaciones que opten por la certificación, existen y se implementan guías escritas para el control de la erosión y de los daños al bosque ocasionados por la construcción de caminos y el aprovechamiento forestal.			PI		NO
6.2 Se protegen las especies forestales poco frecuentes, amenazadas o en peligro de extinción, al igual que sus hábitats. Asimismo, se controlan las actividades de caza, captura y recolección de especies de flora y fauna.			PP		NO
6.2.1 Existen medidas para proteger las especies forestales poco frecuentes, amenazadas o en peligro de extinción, al igual que las características de sus hábitats.			PP		NO
6.2.2 Existen medidas para controlar actividades de caza, captura y recolección de especies de flora y fauna.					
6.3. El manejo debe orientarse a mantener las funciones ecológicas vitales del ecosistema forestal. Estas incluyen: a) la regeneración natural y la sucesión; b) la diversidad genética suficiente para mantener el sistema de producción; c) los procesos naturales que afectan la productividad del ecosistema forestal; y d) las funciones y procesos del sistema natural de drenajes.					
6.3.1 Los tratamientos silviculturales, si se aplican, mantienen la estructura disetánea del bosque.		Medir la Estructura Horizontal del bosque	PR		SI
		1.1.1 El área basal del rodal			
		1.1.2 La abundancia de arboles total y por clase de tamaño	PR		SI
		Estructura Vertical del bosque	PR		SI
		1.1.4 La estructura vertical del bosque			
		1.3.2 La composición y abundancia de palmas arborescentes.	PR		NO
6.3.2 La intensidad del aprovechamiento y los tratamientos silviculturales se determinan proporcionalmente a la abundancia de cada especie. La intensidad del aprovechamiento no superará el 60% del número de arboles por especie con un diámetro a la altura del pecho (dap) igual o mayor a 60 cm. Para las especies que no alcanzan un dap de 60 cm se tomará un dap de referencia menor, previa justificación técnica.					
6.2.1* Solo se corta hasta un máximo de 60% de los individuos de cada especie comercial con DAP mayor o igual al diámetro mínimo de corta (60 cm), con base en la información del censo.					
6.2.5* Cambios en la intensidad de aprovechamiento o en el diámetro mínimo de corta están sustentados en un estudio técnico conforme a un programa de investigación, que demuestre su viabilidad.	6.1.3 La intensidad del aprovechamiento y los tratamientos silviculturales se determinan en proporción directa a la abundancia de cada especie		PI		NO
6.3.3 La tasa de cosecha de productos forestales no excede la tasa de crecimiento del recurso.			PR		NO

CRITERIOS E INDICADORES				Monitoreo Biológico	Tipo de parametro	Redundancia	Aplica
CNCF 1998 y 2002	Mc Ginley y Finegan (2002)						
6.2.8* La tasa de cosecha de productos forestales maderables y no maderables no excede la tasa de crecimiento del recurso durante el ciclo de corta determinado, basandose en información de parcelas permanentes o, en su defecto, en información secundaria verificable.	6.1.1 La tasa de productos forestales cosechados no excede la tasa de crecimiento del recurso				PR		NO
6.3.4 Existen medidas de mitigación para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes.	6.1.7 Existen medidas de mitigación para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes				PP		SI
6.2.12* Se aplican medidas para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes					PP	6.3.4	NO
6.3.5 Se distribuye proporcionalmente el número de árboles de la cosecha entre el mayor número de especies actualmente comerciales.					PI		NO
6.3.6 El profesional podrá determinar el ciclo de corta en función de la información disponible sobre crecimientos de los bosques naturales y tomando en cuenta la dinámica particular del bosque.					PI		NO
6.3.7 En bosque intervenidos no se ejecutan aprovechamientos antes de 15 años de la última intervención.					PP		NO
6.2.9* El ciclo de corta se ha determinado en función de la información técnica disponible sobre crecimientos de los bosques naturales, tomando en cuenta la dinámica particular del bosque sometido a manejo. En caso de que no se disponga de esta información, el ciclo de corta (periodo entre el último y el siguiente aprovechamiento) no es menor a 15 años.	6.1.2 Se determina el ciclo de corta en función de la información disponible sobre el crecimiento de los bosques naturales tomando en cuenta la dinámica particular del bosque bajo manejo			1.4.1 Abundancia y estructura poblacional de especies arbóreas dependientes del bosque.	PP		NO
				2.2.1 Poblaciones de especies de árboles cosechados que son susceptibles a declinar por el aprovechamiento	PR		NO
				2.2.2 Abundancia y riqueza de lianas grandes	PR		NO
6.3.8 Las especies con una abundancia menor a un árbol cada tres hectáreas (0.3 árboles por hectárea), según el inventario preliminar de los árboles con dap mayor o igual a 30 cm, se consideran como poco frecuentes en el ecosistema y no se pueden aprovechar.					PP		NO
6.2.10* En bosques intervenidos, sin plan de manejo, no se ejecutan aprovechamientos cuando, según el censo, el número de árboles comerciales con DAP mayor o igual al diámetro mínimo de corta es inferior a seis árboles por hectárea, excluyendo los árboles de las especies poco abundantes, restringidas y vedadas.					PP		NO

En este tipo de bosques, no se realiza ningún aprovechamiento antes de 15 años posteriores a la última cosecha.	CRITERIOS E INDICADORES		Tipo de parámetro	Redundancia	Aplica
	CNCF 1998 y 2002	Mc Ginley y Finegan (2002)			
6.3.9 Los árboles con dap igual o mayor a 60 cm de las especies vedadas y resingidas se marcan en el campo y se ubican en el mapa. Estos cumplen la función de árboles semilleros, pero no están contemplados dentro del 40% de los árboles portadores (AP), reservados en el aprovechamiento.		Monitoreo Biológico	PP		NO
6.2.6* Los árboles comerciales que no se cortan (al menos 40% del total comercial), que en adelante se denominan "comerciales remanentes", presentan dimensiones y características fenotípicas similares a la masa aprovechada.			PP		NO
6.2.3* Los árboles por cortar son marcados en el campo con una "X" y un número consecutivo, y se ubican en el mapa base de aprovechamiento.			PP		NO
6.2.4* Los tocones de los árboles aprovechados quedan marcados con el número correspondiente del árbol.			PP		NO
6.2.7* Los árboles comerciales remanentes son marcados en el campo con el código "R" y un número consecutivo, y se ubican en el mapa base de aprovechamiento.			PP		NO
6.3.10 Los árboles secos en pie y caídos podrán ser aprovechados si se justifica técnicamente que su remoción no afecta negativamente las funciones ecológicas del bosque.			PI		NO
6.2.11* Solo se aprovechan los árboles secos en pie y caídos de forma natural dentro del bosque, si se justifica técnicamente que su remoción no afecta la continuidad de las funciones ecológicas y los procesos naturales del bosque.	6.1.5 El volumen o cantidad de los árboles secos en pie o caídos que se aprovechan corresponde al volumen o cantidad justificada en el plan de manejo o en el POA (Plan Operativo Anual)	1.2.1 La abundancia y volumen de madera muerta 1.2.2 La abundancia de residuos leñosos pequeños. 1.2.3 La madera muerta que brinda refugio a la fauna 1.2.4 Estado de descomposición de la madera muerta en el suelo.	PP		NO
6.3.11 En la ejecución del aprovechamiento y del manejo, se procura el mínimo impacto en el suelo, agua, y que contempla los siguientes aspectos y correspondientes niveles aplicables: a) El área de claros ocasionada por la corta no sobrepasa el 15% del área definida como bosque productor. b) El área de patios de acopio ubicados dentro del bosque no ocupa más del 1% del área de bosque productor. c) Los caminos primarios por los que circulan camiones, no ocupan más del 2% del área de bosque productor; asimismo, las rondas de estos caminos no sobrepasan el	6.1.6 Las operaciones de arrastre mecanizadas y el uso de cables siguen el código de prácticas. 6.1.8 Se respetan y siguen en el campo las normas establecidas en el Código de prácticas relacionadas al daño permisible al área forestal productivo (p. Ej. Red de caminos, claros, patios de acopio, etc.)	1.1.3 Distribuciones de frecuencias de las fases del ciclo de regeneración del bosque.	PR		SI

<p>2% de dicha area. Estos caminos tienen pendientes menores al 20% y tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y los daños al suelo y aguas. Al concluir la operación se asegura el mantenimiento de los caminos primarios con las medidas necesarias para evitar la erosión.</p> <p>d) Los caminos secundarios, donde circula el tractor o 'skidder', no sobrepasan el 8% del área de bosque productor. En estos caminos no existen pendientes mayores al 40% y los pasos de agua son funcionales. Al final de la operación estos caminos se clausuran y se toman medidas para evitar la erosión y restituir las funciones y el proceso del sistema natural de drenajes.</p> <p>e) Las pistas de arrastre ocupan un máximo del 3% del área de bosque productor.</p> <p>f) En todo caso la sumatoria del impacto del aprovechamiento no sobrepasará el 25% del área efectiva.</p> <p>g) El muestreo (diagnostico y silvicultural) despues del aprovechamiento mostrara que la combinación del aprovechamiento mas los daños no sobrepasa el 15% del área basal original.</p>				
<p>6.3.12 Las operaciones de arrastre mecanizadas, se maximiza el uso del cable para reducir el área impactada por pistas de arrastre</p>				NO
<p>6.4 El uso de productos agroquímicos deberá regirse por la legislación vigente en el país. El manejo forestal promoverá la adopción de métodos no químicos para el manejo de plagas, enfermedades y desvitalización.</p>				
<p>6.5 Los desechos de productos agroquímicos, contenedores, desperdicios, inorgánicos, líquidos y sólidos, incluyendo combustibles y lubricantes, deberán ser dispuestos de una manera ambientalmente apropiada. Es deseable, dentro de lo posible, que estos desechos sean reciclados.</p>				
<p>6.5.1 Despues de las actividades de manejo no quedan desechos en el bosque.</p>			PR	SI
<p>6.5.2 Existen mecanismos de recolección y disposición de desechos.</p>			PP	NO

PI = Parametro de Insumo PP = Parametro de proceso PR = Parametro de resultado

CAMINOS PRIMARIOS

FORMULARIO B1

De uso permanente? _____

Variables	Camino	Camino
Largo (m)		
Ancho (m)		
Ancho de la ronda (m)		
Pendiente (%)		
Signos de erosión		
Signo de socolas		
Signos de quemas		
Obras de conservación		
Cruce de vías de agua		
Obstrucción de aguas (obstáculos)		
Obras de infraestructura para cruce de vías		
Obras de mantenimiento		

Observaciones: _____

CAMINOS SECUNDARIOS

FORMULARIO B2

Cantidad total: _____ Distancia total (m): _____

Variables	Cam. sec. #	Cam. sec. #
Largo (m)		
Ancho (m)		
Pendiente (%)		
Ramificaciones		
Pistas paralelas		
Profundidad de las huellas del tractor		
Signos de erosión		
Signos de socola		
Signos de quema		
Obras de conservación		
Cruce de vías de agua		
Obras de infraestructura para cruce de vías		
Remoción de obstáculos sobre vías de agua		
Presencia de residuos de madera		
Clausura del camino		

Observaciones: _____

Nombre del P.M.: _____ # Exped.: _____ Evaluador: _____ Fecha : ____/____/____ Pág. ____ de ____

PISTAS DE ARRASTRE

FORMULARIO B3

Variables	Pista # _____	Pista # _____	Pista # _____	Pista # _____
Largo (m)				
Ancho (m)				
Pendiente (%)				
Pistas paralelas				
Profundidad de huellas del tractor				
Signos de erosión				
Signos de socola				
Signos de quemas				
Obras de conservación				
Cruce de vías de agua				
Obras de infraest. para cruce de vías				
Rem. obstáculos en vías de agua				
Presencia de residuos de madera				
Clausura del camino				

Observaciones: _____

Nombre del P.M.: _____ # Exped.: _____ Evaluador: _____ Fecha: ____/____/____ Pág. ____ de ____

PATIOS DE ACOPIO

FORMULARIO B4

Cantidad: _____ Area total (m²): _____

Variable	Patio de acopio # _____	Patio de acopio # _____	Patio de acopio # _____
Ubicación con respecto al bosque			
Planificado en Mapa Base			
Tamaño promedio en m ²			
Hay evidencia de remoción de sotobosque, quema o cultivos			
Presencia de trozas comerciales			
Presencia de residuos maderables			
Uso de residuos maderables			

Observaciones: _____

FORMULARIO C

CONSIDERACIONES GENERALES A LA EVALUACIÓN DE CAMPO

Disposición	Cumplimiento
Se ha cumplido con las disposiciones técnicas estipuladas en la resolución de aprobación del Plan de Manejo en lo referente a:	
Pendientes máximas registradas (%)	
Se han cortado árboles no autorizados.	
Se han cortado árboles en ZP.	
Se han marcado árboles en Z.P.	
Se han construido obras de infraestructura necesarias para el cruce de vías de agua	
Se han removido obstáculos sobre vías de agua	
Se han restaurado drenajes.	
Se ha clausurado caminos y pistas de arrastre después de cierre de aprovechamiento.	
Hay residuos y ramas gruesos sin aprovechar	
Se ha causado impacto a Zonas de Protección (Z.P.)	
Se ha eliminado desechos y basura.	
Existe evidencia de cambio de uso:	
Socota – eliminación/corta de sotobosque	
Quema	
Establecimiento de cultivos y/o pastoreo	

ANEXO 2
Cuadro 2A. Protocolo para la evaluación de indicadores de desempeño ambiental del manejo forestal.
Principio Nº 6
Impacto Ambiental del Manejo

El manejo forestal mantiene las funciones ecológicas de los ecosistemas forestales, lo que asegura la conservación de la biodiversidad y de los recursos hídricos y edáficos.

Indicadores	Metodología
<p>1.1 No se realiza aprovechamiento maderable en áreas con pendiente superior a 60%.</p>	<p>1. Planificación > En gabinete Verificador Se procede a la revisión del plan de manejo para obtener información sobre las pendientes máximas registradas en la UMF. Se revisa en el mapa base los sitios con mayor pendiente y se observa si estas fueron o no demarcadas como zonas de protección por pendientes. El resultado se registra en el formulario "Información general de la UMF" con valores de porcentaje de pendientes, máximas, mínimas y promedio.</p> <p>2. Evaluación de la ejecución > En campo Este indicador se evalúa en campo durante el recorrido de caminos y medición de pendientes. Se observa si existen caminos o vías de extracción en zonas con pendientes altas. El resultado se registra en el formulario B4.</p> <p>3. Análisis de la información Se evalúa si la pendiente máxima registrada supera o no el 60%.</p>
<p>1.2 No se realiza aprovechamiento maderable en las áreas de protección descritas en el artículo 33 de la Ley Forestal Nº 7575.</p>	<p>1. Planificación > En gabinete Verificador Se procede a la revisión del mapa base, se observa la demarcación de las zonas de protección e identifica la ubicación de los árboles a cortar (AC) y árboles portadores (AP).</p> <p>2. Evaluación de la ejecución > En campo Este indicador se evalúa en campo durante la visita de tocones y recorrido del 100% de caminos. Se observa la evidencia de corta, extracción o caída de árboles en zonas de protección (presencia de tocones y vías de extracción). Se registra la información en el formulario A1.</p> <p>3. Análisis de la información Registro de árboles cortados o caídos en zonas de protección: 1 (no), 2 (sí)</p>
<p>1.3 No hay eliminación del sotobosque (socola) ni de palmas, dirigidas al cambio de uso.</p>	<p>1. Planificación Estos indicadores se evalúan a nivel de campo.</p>
<p>1.4 No hay quemadas intencionales</p>	<p>Verificadores Se observa si existe evidencia de socola, quemadas intencionales o establecimiento de cultivos agrícolas y/o pastoreo.</p>
<p>1.5 Dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola o actividades de pastoreo</p>	<p>2. Evaluación de la ejecución > En campo Este indicador se evalúa en campo durante la visita de tocones y recorrido del 100% de caminos. Con el apoyo del mapa base se comprueba</p>

<p>1.6 La corta y la extracción se realiza cuando las condiciones meteorológicas permiten minimizar el impacto negativo en el ecosistema y en las obras de infraestructura relevantes para la comunidad local.</p>	<p>en campo si hubo cambio de uso en el bosque. En el caso de evidencia de socola y quemas intencionales se calcula la superficie afectada. La información se registra en el formulario B4.</p> <p>3. Análisis de la información Evidencia de socola, quema o establecimiento de cultivos agrícolas o pastoreo: 1 (no), 2 (si) Superficie quemada o socolada (calcula del área afectada) (% del bosque productor)</p> <p>1. Planificación No se evalúa a este nivel.</p> <p>Verificador Los caminos y pistas no presentan signos de paso de tractor en época lluviosa o cuando el suelo se encuentra húmedo. Se mide la profundidad de huellas de tractor.</p> <p>2. Evaluación de la ejecución ➢ En campo</p> <p>Este indicador se evalúa en campo, durante el proceso de recorrido del 100% de los caminos y pistas de arrastre y visita de tocones. Se mide la profundidad de las huellas de tractor, clasificándolas en: poco profundas (cuando no supera los 10 cm); profundas (>10 cm hasta 20 cm de profundidad, con signos de encharcamiento); muy profundas (mayores de 20 cm con obstrucción de paso de agua). La información se registra en los formularios B2 y B3 de caminos secundarios y pistas de arrastre.</p> <p>3. Análisis de la información Clasificación de las huellas del tractor: 1 (muy profundas), 2 (profundas) y 3 (poco profundas). Para el análisis estadístico se toma en cuenta la existencia o no de huellas profundas (1) y muy profundas (2)</p>
<p>2.1 Los tratamientos silviculturales, si se aplican, mantienen la estructura disetánea del bosque.</p> <p>Estructura Horizontal 1- El Área basal del Rodal del bosque se mantiene 2- La abundancia de arboles totales no varía</p> <p>Estructura Vertical del bosque (clases de tamaño) 3- La estructura vertical del bosque</p>	<p>1. Planificación Se revisa la información obtenida del censo, que se registra en el plan de manejo. Área basal, número de individuos y volumen por hectárea antes del aprovechamiento. Esta información se confrontará con la información recopilada en las parcelas de muestreo. La información se registra en el formulario "Información general de la UMF"</p> <p>2. Evaluación de la ejecución ➢ En campo</p> <p>La evaluación de la estructura del bosque se realiza con base en la Guía de monitoreo ecológico (Finegan et al, 2004). Se sigue la metodología de medición en parcelas de muestreo. En cada unidad de manejo, independientemente del tamaño, se establece un número mínimo de 4 parcelas temporales de medición con dimensiones de 30 m de ancho x 100 m de largo (0.3 ha), ubicadas aleatoriamente en el área aprovechada de la UMF.</p> <p>Verificadores En las parcelas se levanta la información sobre : - Estructura horizontal y, - Estructura vertical del bosque. Se toman datos para arboles ≥ 30 cm. de dap.</p> <p>Estructura horizontal El área basal (G) es la medida más importante de la organización horizontal de un bosque. Se calcula como el área de un círculo de diámetro igual al dap del árbol: $G = \pi r^2 \text{ o } \text{dap}^2 \pi/4 ;$ G = área basal (en m²) π = una constante (3.1416) r = radio del árbol (en m) dap = diámetro a la altura del pecho (en m).</p> <p>La estructura horizontal de una población o de un bosque en su conjunto se puede describir también mediante la distribución del número de arboles por clase diamétrica. Los datos registrados proporcionan información sobre el tipo de estructura del bosque, este puede presentar estructura costánea o disetánea. Los resultados se registran en el formulario D1.</p>

Estructura vertical

Está determinada por la distribución de los organismos a lo alto de su perfil. En la presente metodología la estructura vertical del bosque se mide mediante la cobertura del follaje. Dentro de las parcelas temporales de 30 m x 100 m se establece una línea central, con puntos cada 10 m, donde se estima el porcentaje de cobertura del follaje en cinco diferentes estratos en función de la altura: a) 0-2 m, b) 2-9 m, c) 10-20 m, d) 20-30 m, y e) ≥ 30 m (la altura se estima en forma subjetiva), la cobertura se calcula sobre un espacio imaginario de una parcela de 10m x 10 m, tomando el punto como punto central de la parcela.

Se utiliza una escala de valores simple de 0, 1, 2 o 3, cuando los porcentajes de cobertura son de: 0, 1-33, 34-66 y 67-100%, respectivamente. La información se registra en el formulario D2.

3. Análisis de la información

Sumatoria del área basal y números de individuos. Los resultados son comparados con los datos obtenidos del plan de manejo antes del aprovechamiento con la finalidad de conocer la diferencia y si se mantiene o no la estructura horizontal del bosque después del aprovechamiento. Para estandarizar los datos y determinar la significancia entre tratamientos se realiza el análisis de covarianza (ANACOVA), tomando como covariable el área basal antes del aprovechamiento. El mismo procedimiento se realiza para determinar la diferencia entre el número de individuos por clase diamétrica antes y después del aprovechamiento.

El análisis de la estructura vertical se base en la evaluación de la cobertura del follaje y la variabilidad estructural.

Se elabora un cuadro con valores promedios del índice de cobertura del follaje por estrato. El índice de cobertura promedio por estrato se obtiene de la sumatoria de los índices promedio de cada estrato en cada parcela y dividiendo este promedio entre el número de parcelas evaluadas. Los resultados se interpretan: a mayor valor del índice mayor cobertura del follaje.

Para obtener el valor de la variabilidad estructural se calcula el coeficiente de variación (CV) de los valores de cobertura del follaje en cada estrato. El promedio de la sumatoria de los cinco CV es el valor promedio de la variabilidad estructural del bosque. A mayor variabilidad estructural mayor heterogeneidad.

<p>2.2 Se aplican medidas para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes.</p>	<p>1. Planificación Se procede a revisar en el plan de manejo las medidas consideradas para evitar la erosión hídrica y la alteración del sistema natural de drenajes. Esta información es corroborada durante la evaluación de campo.</p> <p>2. Evaluación de la ejecución ➤ En campo Verificador Se revisan si los cursos de agua cuentan con infraestructura adecuada (puentes, alcantarillas, desagües) para evitar la erosión hídrica. Se realiza las observaciones en todos los caminos y pistas de arrastre, se observa si los caminos cuentan con infraestructura adecuada para evitar Durante el recorrido del 100% de los caminos y pistas de drenaje, puentes, alcantarillas, desagües, etc.). Se la erosión hídrica y alteración del sistema natural de drenaje (construcción de canales de drenaje, puentes, alcantarillas, desagües, etc.). Se evalúa la remoción de obstáculos en las vías de agua, los valores se registran en término de porcentaje de vías de agua con presencia de obstáculos (numero de vías de agua identificadas y evaluadas durante el trabajo de campo). Los datos se registran en los formularios B1, B2 y B3</p> <p>3. Análisis de la información Con el valor obtenido de la remoción de obstáculos en porcentaje y la observación sobre problemas de obstrucción de las vías de agua se evalúa el estado de los cursos de agua para toda la UMF y se clasifica como: bueno (cuando el agua escurre sin dificultad por los canales, no existe obstrucción), regular (cuando en menos del 50% de los cursos de agua se observan ramas o residuos de árbol talado que obstaculizan el paso normal del agua, pero no existe obstrucción o inundación) o malo (cuando mas del 50% de los cursos de agua se encuentra obstruido por ramas o residuos y existe inundación).</p> <p>Segun la clasificación se designan valores de: 1 = bueno, 2 = regular y 3 = malo. El análisis estadístico de la remoción de obstáculos se realiza con base en los valores de porcentaje de vías con obstáculos y el análisis del estado de las vías de agua con base en los promedios del índice de clasificación del estado de las vías para cada una de las UMF..</p>
<p>2.3 En la ejecución del aprovechamiento y del manejo, se procura el mínimo impacto negativo en la masa forestal remanente, suelo y agua, que contempla los siguientes aspectos y correspondientes niveles aplicables: Verificador: 2.3.1) El área de claros ocasionada por la corta no sobrepasa el 15% del área definida como bosque productor.</p>	<p>La medición de este indicador se desarrollara mediante la metodología "visita a tocones" (léase concepto en pagina 30), con una intensidad de muestreo de 30%. Esta metodología implica la observación del 30% de los tocones y recorrido del 100% de los caminos construidos (primarios, secundarios y/o viales de arrastre) para el arrastre y transporte de las trozas. Se aplicara también para medir claros por corta de arboles y patios de acopio. Los datos se registraran en los formularios A1, A2, B1, B2, B3, B4 y C.</p> <p>1. Planificación En gabinete se procede a revisar el número de arboles aprobados para la corta y numero de arboles cortados. Se calcula el 30% del total de arboles cortados que seran evaluados y se identifica la ubicación de cada uno de ellos en el mapa base. Se selecciona aleatoriamente las zonas dentro de la UMF donde se evaluaran los arboles cortados.</p> <p>2. Evaluación de la ejecución ➤ En campo Con apoyo de una cinta de 50 m., se procede a medir la superficie del claro (ac) ocasionada por la caída de cada uno de los arboles. La superficie se obtiene de medir el largo total (L) y ancho promedio del claro (a1) = ancho en la zona de caída de la copa y a2 = ancho en la zona del tuste). Fórmula para determinar el tamaño del claro: $[(a1 + a2)/2] * L = ac (m^2) = T_a (m^2)$ Para el cálculo del área total de claros por UMF, es importante registrar arboles cortados que no se encuentren en el mapa base. La información se registra en el formulario A1. El valor obtenido de la sumatoria del 30% de claros evaluado, se proyecta al 100% de arboles aprovechados autorizados y no autorizados y se obtiene la superficie total de claros ocasionados por la corta. Este valor se calcula en relación al área efectiva de bosque productor y se obtiene el porcentaje de bosque productor afectado por claros por corta de arboles.</p>

Fórmula para determinar el porcentaje de bosque productor afectado por corta de arboles:
$$\frac{(T_d \cdot AC_i) / BP}{100} = \% BP_{(ict)}$$

T_d = tamaño promedio de claros (m^2)

AC_i = # de arboles cortados (total)

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

ict = impacto por claros

3. Análisis de la información

La información se analiza en función de toda el área de aprovechamiento. El porcentaje debe ser menor a 15% del área de bosque productor. El análisis estadístico se realiza mediante el ANDEVA.

1. Planificación

En el plan de manejo y en el mapa base, se identifican el número de patios de acopio planificados a construir, así como su ubicación dentro o fuera del bosque. La información se registra en la "Información general de la UMF".

2. Evaluación de la ejecución

➤ En campo

Durante el proceso de evaluación de caminos y pistas de arrastre, se identifican los patios de acopio construidos y su ubicación con respecto al mapa base (para la evaluación sólo se consideran los patios de acopio dentro del bosque). Se mide la superficie de cada uno ellos (largo x ancho), además se levanta la información sobre presencia de residuos maderables, evidencia de remoción de sotobosque o quema. La información se registra en el formulario B4.

Para obtener la superficie total ocupada por patios de acopio dentro del bosque productor se realiza la sumatoria de las superficies de los patios y se convirtió a hectáreas.

El porcentaje ocupado con respecto al bosque productor se obtuvo con la fórmula:

$$(\sum pac. / BP) \cdot 100 = \% BP_{ipac}$$

donde:

$pac.$ = superficie ocupada por patio de acopio (ha),

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

$ipac$ = impacto por patios de acopio

3. Análisis de la información

Se realiza un análisis comparativo entre la superficie obtenida de la evaluación de campo (en % de BP) y la dispuesta por la normativa vigente.

2.3.2) El área de patios de acopio ubicados dentro del bosque no ocupa más del 1% del área de bosque productor.

2.3.3) Los caminos primarios ubicados dentro del bosque, por los que circulan camiones, no ocupan más del 2% del área de bosque productor. Asimismo, las rondas de estos caminos no sobrepasan el 2% de dicha área. Estos caminos tienen pendientes menores al 20 % y tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y los daños al suelo y aguas. Al concluir la operación se asegura el mantenimiento de los caminos primarios y secundarios con las medidas necesarias para evitar la erosión

1. Planificación

➤ En gabinete

Se procede a revisar en el plan de manejo y el mapa base la planificación y ubicación de caminos primarios en el mapa base. Sólo se consideran caminos primarios construidos dentro del bosque para el aprovechamiento forestal. Se revisa además el capítulo sobre medidas para mitigar los impactos para conocer las medidas a adoptar para el control de la erosión en caminos primarios.

2. Evaluación de la ejecución

➤ En campo

Este verificador se evalúa a nivel de toda el Área de Aprovechamiento Anual. Durante el proceso de recorrido de los caminos se ubica el camino primario planificado y se mide la longitud total, el ancho de camino y la pendiente, en cada tramo no mayor de 50 m o cuando se registre una curva.

La superficie ocupada se calcula con la información de longitud total y ancho promedio del camino. El valor obtenido se proyecta a la superficie del bosque productor utilizando la fórmula:

$$(\sum cp / BP) * 100 = \% BP_{cp}$$

donde:

cp. = superficie de caminos primarios (ha)

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

lcp = impacto por caminos primarios

Durante el mismo recorrido se registra la existencia de obras de conservación para minimizar la erosión y daños al suelo y aguas (puentes, alcantarillas, drenajes, cunetas y otros). Así mismo, se debe observar la funcionalidad de la infraestructura y el mantenimiento del camino (limpieza, retiro de obstáculos y cubierta de la capa superficial). La información se registra en el formulario B1.

3. Análisis de la información

Se realiza un análisis comparativo entre la superficie ocupada por caminos primarios y rondas (derecho de vía) obtenida de la evaluación de campo (en % de BP) y la dispuesta por la normativa vigente. Igualmente se identifica el valor de la máxima pendiente en el camino y se compara con lo dispuesto en la normativa vigente.

Se analiza el estado del camino con base en la información sobre: existencia de obras de conservación, funcionalidad y mantenimiento de los caminos.

1. Planificación

Igual que para el verificador anterior se revisa la información sobre planificación de la construcción de caminos secundarios y ubicación en el mapa base. Así mismo las medidas que se adoptarán para evitar la erosión o daños al suelo por la construcción y uso de estos caminos.

2. Evaluación de la ejecución

➤ En campo

2.3.4) Los caminos secundarios, donde circula el tractor o 'skidder', no sobrepasan el 8% del área de bosque productor. En estos caminos no existen pendientes mayores al 40% y los pasos de agua son funcionales. Al final de la operación estos caminos se clausuran y se toman medidas para evitar la erosión y restituir las funciones y el proceso del sistema natural de drenajes.

Este verificador se evalúa a nivel de toda el Área de Aprovechamiento Anual. Se sigue la misma metodología utilizada para evaluar caminos primarios. La superficie ocupada se calcula con base en la información de longitud total y ancho promedio del camino, este valor se convierte a hectáreas.

El valor obtenido se proyecta a la superficie total del bosque productor utilizando la siguiente fórmula:

$$(\sum cs / BP) * 100 = \% BP_{cs}$$

donde:

cs. = superficie de caminos secundarios (ha)

BP = Bosque productor (superficie efectiva) (ha)

ícs = impacto por caminos secundarios

Paralelo a la medición del camino, se mide la pendiente con ayuda de una brújula, se registra además la existencia de obras de conservación para minimizar la erosión del suelo y el recurso hídrico (puentes, alcantarillas, drenajes, cunetas entre otros), así como la funcionalidad de las mismas.

Se registra el número de caminos clausurados y evalúa el estado de conservación de cada uno de ellos, en función de la presencia o ausencia de signos de erosión (en forma de cárcavas) u obstrucción por terrazas o barreras (encharcamiento). La información obtenida se registra en el formulario B2.

El valor de erosión de caminos, obras de conservación y caminos clausurados se registra en porcentaje. El porcentaje para erosión de caminos se obtiene con la fórmula: (longitud de camino erosionado / longitud total del camino)*100. Igualmente se procede para obtener el porcentaje de obras de conservación funcionales instalados en los caminos secundarios. En el caso de caminos clausurados se toma en cuenta el número de caminos clausurados y el número total de caminos secundarios construidos en la UMF.

3. Análisis de la información

Con la información obtenida sobre la superficie ocupada por los caminos secundarios y el valor de las pendientes máximas se realiza un análisis comparativo para determinar si los valores se encuentran sobre o por debajo de lo dispuesto en la normativa vigente. Se determina además el porcentaje de obras de conservación funcionales, caminos clausurados y estado de los caminos.

1. Planificación

Igual que para el verificador anterior se revisa la planificación de las pistas de arrastre (trochas) y su ubicación o distribución según el mapa base.

2. Evaluación de la ejecución

> En campo

Igual que para el verificador anterior se toman datos de longitud y ancho de las pistas de arrastre. La superficie de impacto en el bosque productor por la construcción de esta vía, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$(\sum pa / BP) * 100 = \% BP_{pa}$$

cs = superficie de pistas de arrastre (ha)

BP = bosque productor (superficie efectiva) (ha)

lpa = impacto por pistas de arrastre

2.3.5) Las pistas de arrastre ocupan un máximo del 3% del área de bosque productor.

	<p>En este proceso además se toma información sobre la presencia de pistas de arrastre paralelas. La información se registra en el formulario B3.</p> <p>3. Análisis de la información</p> <p>Se realiza el análisis comparativo entre el porcentaje de bosque productor ocupado obtenido en la evaluación de campo y lo dispuesto en la normativa vigente. Se determina la presencia o no de pistas paralelas y se clasifica como: 1 (sin pistas paralelas) y 2 (con pistas paralelas). El análisis estadístico a aplicarse pueden ser χ^2 y ANDEVA.</p>
<p>(2.3.6) En todo caso la sumatoria del impacto del aprovechamiento no sobrepasara el 25% del area efectiva.</p>	<p>1. Planificación</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ En gabinete se puede estimar el area total impactada con base en la información registrada en los informes de regencia de las UMF. Proyecciones de impacto excesivo pueden indicar fallas en los procesos de planificación. Este verificador se evalúa a nivel de ejecución. <p>2. Evaluación de la ejecución</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ En Gabinete <p>Con los datos obtenidos de los impactos anteriores se procede a realizar los cálculos en gabinete. La sumatoria de los impactos generados por la formación de claros por el aprovechamiento de arboles, construcción de caminos primarios, secundarios y pistas de arrastre y construcción de patios de acopio, son insumos que permiten calcular el porcentaje de impacto total del aprovechamiento. Este valor se obtiene utilizando la siguiente fórmula:</p> $(\sum (icp + ics + ipa + ipac + icl) / BP) * 100 = \% BP_i$ <p>donde:</p> <p>BP_i = superficie de bosque productor</p> <p>3 Análisis de la información</p> <p>Se realiza el análisis comparativo entre el porcentaje de bosque productor impactado por el aprovechamiento, obtenido de la evaluación de campo y lo dispuesto en la normativa vigente. El análisis estadístico a aplicarse pueden ser ANDEVA.</p>

ANEXO 3

Cuadro 1A. Variables medidas en la evaluación de los indicadores del desempeño del manejo ambiental y resultados obtenidos al aplicar el análisis estadístico correspondiente.

Indicador	Variables medidas	Prueba	Sign.	Pr>F	CV (%)	Promedios y diferencias por tratamientos			
						Testigo	PSA	CFV	PSA-CFV
1.1	Se registraron áreas con pendientes > 60% (%casos)	NA	-	-	-	0	0	33	17
1.2	Se marca, corta o dirige la caída de árboles en zonas de protección (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.316 0.344	34.60	1.4 a	1.25 a	1.17 a	1.0 a
1.3	Evidencia de socola (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.132 0.139	32.27	1.4 a	1.25 a	1.0 a	1.0 a
1.4	Evidencia de quema (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.5582 0.595	18.0	1.1 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a
1.5	Establecimiento de cultivos agrícolas y/o pastoreo (% de casos).	χ^2 ANDEVA	NS	0.232 0.253	23.26	1.2 a	1.0 a	1.0 a	1.0 a
1.6	Profundidad de huellas de tractor (índice) ^(*) (**)	ANDEVA ANDEVA ANDEVA ANDEVA	.	0.41 0.05 0.14 0.059	23.58 25.89 24.73 60	0.7 a 0.6 a 0.4 a 60	0.88 a 0.50 ab 0.25 a 50	0.50 a 0b 0a 0	0.50 a 0.17 ab 0a 17
2.1	Estado del bosque después del aprovechamiento Estructura horizontal Área basal (m ² ha ⁻¹) Diferencia AB antes y después (m ² ha ⁻¹)	ANACOVA ANDEVA	NS NS	0.5771 0.2393	19.02 104.68	14.62 a 1.92 a	14.78 ab 1.89 a	12.79 b +6.7 a	14.06 ab 3.22 a
2.1	Número de individuos (arb.ha ⁻¹)	ANACOVA	NS	0.5649	15.06	62.59 a	61.59 a	64.32 ab	68.60 b
2.1	Diferencia individuos antes y después (arb.ha ⁻¹)	ANDEVA	NS	0.519	43.74	24.97 a	26.52 a	24.78 a	18.33 a
2.1	Estructura vertical Vanabilidad estructural (%CV)	ANDEVA ANDEVA	NS NS	0.49 0.08	14.41 10.93	488.33 a 3.70 c	426.76 a 3.75 bc	434.47 a 4.17 a	428.76 a 4.18 ab
2.2	Cobertura del follaje (índice de cobertura)	χ^2 ANDEVA	NS	0.774 0.80	37.6	40 1.4 a	25 1.3 a	17 1.2 a	33 1.3 a
2.2	Sin infraestructura para evitar la erosión hídrica (% de casos)	ANDEVA	**	<0.0001	25.5	2.20 a	1.13 b	1.0 b	1.33 b
2.2	Mal estado de los cursos de agua (índice)	ANDEVA	.	0.0007	47.80	71a	16.3b	0b	8.33b
2.2	No remoción de obstáculos de los cursos de agua (% de vías con obstáculos)	ANDEVA	.	0.05	18.48	194.78 a	161.77 ab	159.67ab	154.12 ab
2.3.1	Claro promedio por árbol cortado (m ²)	ANDEVA	.	0.04	44.42	5.89 a	5.02 ab	4.0 ab	2.77 b
2.3.1	Superficie de claros por corta de árboles (% BP)	NA	-	-	-	8	5	-	-
2.3.2	Número de patios de acopio dentro del bosque planificados en PIMF	NA	-	-	-	6	0	0	0
2.3.2	Número de patios de acopio dentro del bosque no planificados en PIMF	NA	-	-	-	833	669	0	0
2.3.2	Superficie promedio de patios de acopio (m ²)	NA	-	-	-	100	75	33	50
2.3.2	Residuos y desperdicios de madera en patios de acopio (% de casos)	χ^2 ANDEVA	.	0.025 0.020	24.01	2.0 a	1.75 ab	1.5 b	1.33 b
2.3.2	Área ocupada por patios de acopio (% BP)	NA	-	-	-	0.29	0.03	0	0
2.3.3	Área ocupada por caminos primarios (%BP)	NA	-	-	-	0	0	0	0.27
2.3.3	Pendientes máximas caminos primarios (%)	NA	-	-	-	0	0	0	13

2.3.3	obras de conservación para evitar erosión en CP. No existen o no son funcionales (índice)	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2.3.3	Caminos primarios erosionados (% de caminos)	NA	-	-	-	-	-	-	-	-	0
2.3.4	Área ocupada por caminos secundarios (% BP)	ANDEVA	0.074			2.34 a	1.64 ab		1.53 ab		1.43 b
2.3.4	Densidad de caminos secundarios (mha ⁻¹)	ANDEVA	NS	0.489		49.7 a	38.5 a		40.59 a		41.58 a
2.3.4	Ancho promedio de caminos secundarios (m)	ANDEVA	*	0.0031		4.63 a	4.20 ab		3.65 bc		3.43 c
2.3.4	Pendientes máximas caminos secundarios (%)	NA	-	-	-	40	36		38		36
2.3.4	Obras de conservación para evitar la erosión del suelo en caminos secundarios. No existen o no son funcionales (% de caminos que los presentan)	ANDEVA	*	0.0003		100 a	81.25 a		41.67 b		25 b
2.3.4	Caminos secundarios erosionados (% de caminos)	ANDEVA	NS	0.24		22.16 a	9.46 a		14.06 a		6.33 a
2.3.4	Caminos no clausurados (% de caminos no clausurados)	ANDEVA	**	<0.0001		83.75 a	17.50 b		15.60 b		18.06 b
2.3.4	No presentaron informe de cierre (% de casos)	z ² ANDEVA	NS	0.074		80	50		33		17
2.3.9	Área ocupada por pistas de arrastre (%BP)	ANDEVA	NS	0.073		1.8 a	1.5 ab		1.3 ab		1.1 b
2.3.9	Pendientes máximas en pistas de arrastre (%)	ANDEVA	*	0.08		1.51 a	1.01 ab		0.63 b		0.96 ab
2.3.9	Ancho promedio de pistas (m)	NA	-	-	-	31	42		33		33
2.3.9	Densidad pistas de arrastre (m ha ⁻¹)	ANDEVA	*	0.055		4.73 a	4.37 ab		4.03 ab		3.50 b
2.3.9	Presentan pistas dobles o paralelas (% de casos)	ANDEVA	NS	0.48		34.77 a	25.63 a		18.99 a		27.63 a
2.3.10	Impacto por construcción de vías de aprovechamiento y patios de acopio (% BP)	z ² ANDEVA	NS	0.37		30	37.5		0		17
2.3.10	Total impactos del aprovechamiento (% BP)	ANDEVA	*	0.028		1.30 a	1.38 a		1.0 a		1.2 a
2.3.10	Total impactos del aprovechamiento (% BP)	ANDEVA	*	0.023		10.03 a	7.71 ab		6.16 b		5.44 b

(*) Datos transformados utilizando la raíz cuadrada

(**) ANDEVA para índices promedios

NS = No significativa, * = Existe diferencia significativa, ** = Altamente significativa

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes

NA = No aplica

Cuadro 2A. Otras variables de característica de las UMF, planificación y cierre de las actividades del aprovechamiento, consideradas en la evaluación del desempeño ambiental del manejo forestal.

Variables	Prueba	Sign.	P>F	CV (%)	Promedios y diferencias por tratamientos		
					PMF	PSA	CFV
CARACTERISTICAS							
Tipo de Regencia (no es ONG) (% de casos)	χ^2 ANDEVA ANDEVA	**	<0.0001 <0.0001	13.42 41.38	100 2.0 a 5.7 a	12.5 1.1 b 6.38 a	0 1.0 b 4.67 ab 2.5 b
Tipo de Bosque							
Bosque intervenido (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.627 0.662	28.10	80 1.8 a	75 1.75 a	67 1.67 a 1.5 a
Intensidad del aprovechamiento: Número de árboles aprovechados por hectárea (arb.ha ⁻¹)	ANDEVA	*	0.0488	21.05	2.76 a	3.03 a	1.99 ab 1.6 b
Volumen aprovechado por hectárea (m ³ .ha ⁻¹)	ANDEVA	*	0.05	26.23	11.73 ab	13.67 a	6.39 b 8.22 ab
Estado del bosque antes del aprovechamiento: Área basal (m ² .ha ⁻¹)	ANDEVA	NS	0.28	18.86	15.79 a	16.19 a	18.59 a 18.04 a
Número de individuos (arb.ha ⁻¹)	ANDEVA	NS	0.86	19.47	86.67 a	88.71 a	92.39 a 84.35 a
PLANIFICACIÓN Y CUIDADOS EN LAS OPERACIONES DE APROVECHAMIENTO							
Mala ubicación de caminos y patios de acopio en MB (% de casos).	χ^2 ANDEVA	NS	0.232 0.253	23.26	20 1.2 a	0 1.0 a	0 1.0 a 1.0 a
Mapa base sin curvas de nivel (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.093 0.095	30.42	40 1.4 a	12.5 1.1 a	0 1.0 a 1.0 a
Mala ubicación de árboles (AC, AP, AR, AV y otros) en MB (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.233 0.28	23.26	50 1.5 a	12 1.1 a	17 1.2 a 1.2 a
No se marcan zonas de protección (% de casos)	χ^2 ANDEVA	*	0.058 0.056	32.82	60 1.6 a	25 1.3 ab	17 1.2 ab 1 b
Modificación de caminos sin justificación (% de casos)	χ^2 ANDEVA	NS	0.4	34.8	20 1.2 a	12.5 1.1 a	50 1.5 a 1.2 a
No se señala caída de árboles (% de casos)	χ^2 ANDEVA	*	0.012 0.007	21.78	100 2.0 a	87.5 1.9 ab	50 1.5 bc 1.3 c
CIERRE DEL APROVECHAMIENTO							
No se realiza monitoreo y seguimiento (% de casos)	χ^2 ANDEVA	**	<0.0001 <0.0001	13.42	100 2 a	12.50 1.1 b	0 1.0 b 1.0 b
No se instalaron parcelas muestreo diagnóstico (aplica PSA y PSA_CFV). (% de casos)	χ^2 ANDEVA	**	<0.0001 <0.0001	13.09	100 2.0 a	0 1.0 b	17 1.2 b 1.0 b
No se realizan tratamientos silviculturales (aplica para el PSA y PSA_CFV). (% de casos)	χ^2 ANDEVA	**	<0.0001 <0.0001	13.09	100 2.0 a	0 1.0 b	17 1.2 b 1.0 b
UMF no cuentan con rótulos (% de casos)	χ^2 ANDEVA	**	<0.0001 <0.0001	13.09	100 2.0 a	0 1.0 b	17 1.2 b 1.0 b
vigilancia (% de casos)							
Permanente (1)					40	87.5	50
Temporal (2)					40	12.5	17
Sin vigilancia (3)					20	0	0
Promedio (**)					50	1.13 a	1.5 a 1.2 a
Presencia de corta de madera no autorizada. (% de casos)	χ^2 ANDEVA	*	0.027 0.022	29.8	1.5 a	1.0 b	1.2 ab 1.0 b
Presencia de cacería (% de casos).	χ^2 ANDEVA	NS	0.06 0.06	32.93	70 1.7 a	25 1.3 a	17 1.2 a 1.2 a

NA = No aplica

(*) Datos transformados utilizando la raíz cuadrada (**) ANDEVA para índices promedios

NS = No significativa, * = Existe diferencia significativa, ** = Altamente significativa

Los promedios con letras iguales no son significativamente diferentes

Formulario E.

INFORMACIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE MANEJO FORESTAL - UMF

AREA DE CONSERVACION: ACCVC (); ACHN (); ACTO ()

SUB - REGION: SARAPIQUI (); GUAPILES (); SAN CARLOS (); PITAL (); UPALA ()

> Modalidad del Manejo Forestal :

Testigo / control: ; con PSA ; con CFV ; con PSA y CFV

Datos generales de la Unidad de Manejo Forestal

Nombre del Propietario :

Principal actividad económica: Agricultor Ganadero Maderero Comerciantes

Representante legal:

Ejecuta el aprovechamiento:

No. Expediente: No de Resolución:

Superficie total de la UMF:ha Área efectiva de manejo ha

Fecha de aprobación: Rige a partir de:/...../..... hasta/...../.....

Número de árboles autorizados: total árb ; árb /ha

Volumen autorizado: total m³ m³/ha

Autorización de construcción de patio(s) de acopio: dentro del bosque (); fuera del bosque ()

Ubicación:

Caserío; Distrito:; Cantón:; Provincia:

Hoja Cartográfica

Coordenadas: Verticales: Horizontales:

Rango altitudinal: m.s.n.m ; Fisiografía:

Pendientes: mínima:% máxima:% promedio:%

Accesibilidad: 1= Bueno 2= Regular 3= Malo, 4= Difícil acceso

Área protegida adyacente a la finca : Si No ; distancia aproximada:Km.

Otras áreas adyacentes a la finca: pastizales ; terrenos de cultivo ; B.: Prim. Secund

Asesoramiento o Regencia:

Organización : FUNDECOR CODEFORSA Otros

Individual : PARTICULAR

Información adicional del área de bosque de la finca:

Aprovechamientos anteriores (intensidad)

Otros usos (cultivos y pastoreo)

Otros usuario (identificado o no)

**Identificación de impactos ambientales por el
aprovechamiento forestal y medidas de mitigación**

Impactos identificados/ tipo de Recurso	Medidas de mitigación

➤ Observaciones:

➤ **Información de los Planes Operativos**

Mapas bases:

Mapa base con curvas de nivel ()

Red hidrográfica ()

Ubicación de las áreas de protección ()

Mapa base con ubicación de AC , AP , AV , numerados en forma consecutiva

Mapa base con diseño de caminos pistas y patios

Aprovechamiento anual

Tiempo calculado para el aprovechamiento:meses

Área total de aprovechamiento anual:

Superficie anual aprovechada:ha; AB aprovechado/año:; Vol. aprovechado / año: m³

Justificación para cosecha de árboles secos/caídos:

.....
.....

Implementación de medidas de protección / infraestructura para el aprovechamiento

Diseño y construcción de obras de drenaje: Si () No ()

Desagües () ; alcantarillas () ; drenajes () ; otros especificar:

Diseño y construcción de caminos: Si () No () ; primarios () , secundarios () , pistas ()

Construcción de patios: Si () No () ; Puentes () ; pasos de quebradas ()

Aprovechamiento de residuos:

Ramas gruesas () ; Trozas leves o dañadas () ; Otros especificar:

Transformación en : tablones () ; postes () ; otros especificar:

Tipo de transporte: bueyes () ; tractor () ; fuerza humana () ; otros especificar:

Protección de la finca contra tala ilegal y caza:

Rotulación () ; Vigilancia () ; mantenimiento de linderos

Protección de la finca contra incendios: Riesgo Alto () ; bajo ()

Rotulación () ; Vigilancia () ; mantenimiento de carriles () ; otros

Observaciones:

.....
.....
.....
.....
.....

➤ **Informes de Regencia del Plan de manejo**

Regente: Inicio Vigencia: años

N° de Informes presentados:

Inicio del aprovechamiento / Término del aprovechamiento: /

Cumplimiento de recomendaciones: Si () No ()... Modificaciones al PM: Si () No ()

Labores realizadas:

Construcción de obras de infraestructura: Caminos P () Sec () Pistas arrastre ()

Construcción de obras de drenaje: Alcantarillas () ; desagües () ; otros:

Construcción de Patio (s): fuera del bosque () ; dentro del bosque ()

Informe de cierre

Superficie autorizada (ha) Superficie aprovechada: (ha)

Número de árboles autorizados: árb.; árboles aprovechados: árb.

Volumen autorizado: m³; Volumen cortado: m³

Problemas para la extracción: Accesibilidad () otros

Modificación de infraestructura planificada: Si () ; No () .

Caminos Primarios:

Caminos Secundarios:

Pendientes:

pistas dobles:

Patios de acopio:

Se dejan residuos en el bosque: tipo: Volumen aproximado m³

Impactos del aprovechamiento sobre las áreas de protección:

Área Total de claros: % Impacto =

Apertura de caminos: % Impacto =

Apertura de trochas : % Impacto =

Distancia total de caminos pr % Impacto =

Distancia total de caminos sec % Impacto =

Área Total de patios de acopio % Impacto =

Se produjo erosión: Si () , No () ; Sedimentación: Si () , No ()

Clausura de trochas: Si () No () ;

Problemas presentados: Tala ilegal () ; Invasión () ; otros

Observaciones:

.....