

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Universidad Nacional de Costa Rica

Universidad Estatal a Distancia

Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo



**Diseño de una metodología para evaluar el manejo
sostenible de los bosques naturales de la
Zona Norte, Costa Rica**

**Tesis sometida a consideración del Tribunal Evaluador como
requisito para optar por el grado de Doctorado en Ciencias
Naturales para el Desarrollo con énfasis en Gestión de
Recursos Naturales**

Cynthia Salas Garita

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Abril, 2021

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Universidad Nacional de Costa Rica

Universidad Estatal a Distancia



Diseño de una metodología para evaluar el manejo sostenible de los bosques naturales de la Zona Norte, Costa Rica



Trabajo sometido a consideración del Tribunal Evaluador como requisito para optar por el grado de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo con énfasis en Gestión de Recursos Naturales

Estudiante

Cynthia Salas Garita

Director de Tesis:

Ph.D. Ruperto Quesada Monge

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Abril, 2021

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Universidad Nacional de Costa Rica
Universidad Estatal a Distancia



Diseño de una metodología para evaluar el manejo sostenible de los bosques naturales de la Zona Norte, Costa Rica

Trabajo sometido a consideración del Tribunal Evaluador como requisito para optar por el grado de Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo con énfasis en Gestión de Recursos Naturales

Cynthia Salas Garita

Sustentante

Aprobado por los miembros del tribunal examinador

Tomás Guzmán Hernández, Ph.D.

Representante de la Dirección de Posgrado

Gabriela Jones Román, Ph.D.

Representante Coordinador General del DOCINADE

Ruperto Quesada Monge, Ph.D.

Director de Tesis

Mario Soliño Millán, Ph.D.

Asesor de Tesis

Edgar Ortiz Malavassi, Ph.D.

Asesor de Tesis

DEDICATORIA

A Dios y la Virgen María, quienes me han dado fortaleza en todo momento

A mi esposo Armando, quien es mi amigo, mi compañero y mi confidente

A papi, que desde el cielo me acompaña

A mami, que desde Puriscal se preocupa por todos

AGRADECIMIENTOS

Al Ph. D. Ruperto Quesada Monge, más que mi tutor, ha sido un amigo por años y le agradezco su entrega, su guía, su paciencia y sus enseñanzas. Gracias por creer en mí.

Al Ph.D. Mario Soliño Millán, quien supo atender a mi llamado sin conocerme, me recibió en pasantía en España y me ha guiado desde entonces con paciencia y entrega.

Al Ph.D. Edgar Ortiz Malavassi, mi profesor por siempre, un ejemplo de rectitud y exigencia.

A mis amigos Lupita y Diego, chiquillos ha costado, pero se puede.

A Edwin, mi compañerito de práctica, gracias por creer en mí siempre y a Xioma y los chiquillos por tanto cariño.

Al Ing. Alejandro Meza Montoya, que siento que me mira preguntando para cuándo, el cuándo es ya jefe.

A Juve, aún resuenan en mí, sus enseñanzas, seguirás siendo mi maestro y el chablis el detonante del cambio.

A la Ph. D. Gabriela Jones Román, ahora veo la fauna Gabi, eres una bióloga con un ángel especial.

A las Burbus preferidas, Lucre, Karen, Noemy y Jéssica, chiquillas ya nos más excusas para no visitarlas.

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC, quien me dio el contenido financiero para ejecutar el proyecto de investigación que amparó este estudio.

A los funcionarios de Zona Norte, Ing. Randall Castro, Ing. Juan Carlos Cárdenas, Ing. Wagner Porras e Ing. José Luis Agüero Barquero, el trabajo que ustedes hacen en las oficinas subregionales es admirable.

A todos los profesionales forestales, académicos universitarios, regentes forestales, funcionarios estatales y propietarios de bosque que aceptaron ser considerados en diferentes partes de las entrevistas llevadas a cabo en este proyecto.

A los propietarios de bosques manejados de la Zona Norte, quienes permitieron el ingreso a sus fincas y garantizaron el acceso para corroborar información.

Al Ing. Mario Quesada y la Ing. Casia Soto, que me ayudaron de forma desinteresada en la recopilación de información de campo sobre mariposas, gracias por su acompañamiento y apoyo.

Al Ing. Geovanny Alfaro Figueroa y al Ing. Leonardo Álvarez Alcazar, por su apoyo en las mediciones de línea base, en la medición de parcelas permanentes.

A Doña Rosa, don Víctor y su familia, que me acogieron con cariño durante una parte del trabajo de campo.

A don Alvaro Vargas y don Carlos Fernández Loría que me brindaron su apoyo y acceso a fincas para medir las parcelas permanentes.

A los profesores del DOCINADE, sus coordinadores de énfasis y los Doctores del CGA en general, son unos campeones manteniendo un programa doctoral simultáneo en 3 universidades de calidad.

A Ingrid, Aura, Luis, Marvin, Bryan y Adrián, mis compañeros de generación, para alguna ya el proceso concluyó y para otros está muy cerca, no aflojen.

Tabla de contenidos

DEDICATORIA	<i>iii</i>
AGRADECIMIENTOS	<i>iv</i>
Tabla de contenidos	<i>vi</i>
Índice de cuadros	<i>x</i>
Índice de Figuras	<i>xii</i>
1. Introducción	<i>1</i>
2. Objetivo general	<i>9</i>
3. Metodología	<i>10</i>
Capítulo 1. Conjunto de indicadores de referencia para la evaluación del Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Naturales de Costa Rica	18
Resumen	18
Abstract.....	18
1. Introducción	19
2. Materiales y métodos.....	22
2.1. Sitio de Estudio.....	22
2.2. Elección de los indicadores a utilizarán en una evaluación ex post.....	24
2.3. Análisis de los datos	29
3. Resultados.....	29
3.1. Dimensiones de la sostenibilidad en una evaluación.....	29
3.2. Atributos de sostenibilidad en una evaluación	29
3.3. Conjunto de indicadores de referencia de Principios, Criterios e Indicadores para la evaluación.....	31
4. Discusión	40
4.1. Dimensiones de la sostenibilidad en una evaluación.....	40
4.2. Atributos de la sostenibilidad en una evaluación	43
4.3. Conjunto de referencia de Principios, Criterios e Indicadores para la evaluación.....	43
5. Conclusiones	46
6. Referencias.....	48

Capítulo 2. Cuantificación de los indicadores sociales, económicos y ecosistémicos que permiten evaluar la sostenibilidad	61
Resumen	61
Abstract.....	61
1. Introducción	62
2. Materiales y métodos.....	64
2.1. Sitio de Estudio.....	64
2.2. Sitios de muestreo	65
2.3. Variables cuantificadas	66
2.4. Definición de Línea Base	68
2.5. Análisis de información	68
3. Resultados.....	70
3.1. Aspectos generales relacionadas con el sitio de estudio.....	70
3.2. Variables cuantificadas	74
3.3. Definición de Línea Base	75
3.4. Validación de indicadores	81
4. Discusión	90
4.1. Aspectos generales relacionadas con el sitio de estudio.....	90
4.2. Variables cuantificadas.....	92
4.3. Definición de Línea Base	93
4.4. Validación de indicadores	96
5. Conclusiones	97
6. Referencias.....	98
Capítulo 3. Estimando la sostenibilidad de los bosques naturales manejados en Costa Rica: una aproximación desde el enfoque híbrido Delphi & experimento de escogencia.....	103
Resumen:	103
Abstract:.....	103
1. Introducción	104
2. Materiales y métodos.....	107
2.1. Área de estudio.....	107
2.2. La muestra.....	108

2.3. Experimento de Elección Discreta	109
2.4. Modelo y análisis de datos.....	113
3. Resultados.....	114
3.1. Actitud hacia puntos críticos	114
3.2. Tendencia de cada Atributo	116
4. Discusión	120
5. Conclusiones	124
6. Referencias.....	126
Modelo de regresión logística para predecir la sostenibilidad de unidades de bosque natural manejado en Costa Rica.....	131
Resumen	131
Abstract.....	131
1. Introducción	132
2. Materiales y métodos.....	135
2.1. Sitio de Estudio.....	135
2.2. Variables.....	136
2.3. Análisis de información	138
3. Resultados.....	139
3.1. Modelo.....	139
3.2. Validación	141
4. Discusión	142
4.1. Modelo.....	142
4.2. Validación	144
5. Conclusiones	144
6. Referencias.....	145
Capítulo 4. Síntesis de Resultados	150
1. Introducción	150
2. Aspectos antes de aplicar la evaluación.....	153
3. Procedimiento para aplicar la evaluación	155
4. Aplicación del modelo	161
5. Referencias.....	163

4. Conclusiones y Recomendaciones.....	164
5. Referencias	168
6. Anexos.....	172
Anexo 1. Cuestionario a expertos (Primera ronda).....	173
Anexo 2. Cuestionario a expertos (Segunda ronda).....	200

Índice de cuadros

Cuadro 1. Resumen de la normativa emitida por Costa Rica en materia de Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad en los últimos 20 años.	25
Cuadro 2. Opinión de expertos sobre el nivel de relación entre atributos y Dimensiones de sostenibilidad en una evaluación del bosque natural manejado para Zona Norte Costa Rica.	31
Cuadro 3. Principios, Criterios e Indicadores de sostenibilidad considerados por el grupo experto como indispensables para una evaluación de sostenibilidad del bosque natural manejado en la Zona Norte de Costa Rica.	32
Cuadro 4. Importancia relativa que los expertos le atribuyen a diferentes atributos asociados a la posibilidad de que si se presentan colocan a una unidad de manejo en una condición tal que podría considerarse que la sostenibilidad del bosque natural se pone en riesgo.	39
Cuadro 5. Detalle de la clasificación para los criterios de validación de los indicadores.	70
Cuadro 6. Tamaño de fincas bajo plan de manejo en el período 2012-2017 aprobados en la Zona Norte de Costa Rica.	71
Cuadro 7. Tiempos de aprobación de los planes de manejo de bosque natural sometidos en el período 2012-2017 en 3 de las oficinas del Área de Conservación Arenal Huetar Norte, Costa Rica.	72
Cuadro 8. Distribución de Planes de Manejo correspondientes a Unidades de Manejo Forestal donde se cuantificaron indicadores en el período 2012-2017.	73
Cuadro 9. Distribución del volumen y número de árboles autorizados para la corta en bosque natural durante el período 2012-2017 en la Zona Norte, Costa Rica.	74
Cuadro 10. Aspectos generales sobre los indicadores a utilizar en evaluaciones de sostenibilidad de bosques naturales manejados en Costa Rica que fueron cuantificados en planes de manejo ejecutados entre el 2012 y el 2018.	74

Cuadro 11. Línea base definida para el área basal de los bosques muy húmedos tropicales de la Zona Norte de Costa Rica.	76
Cuadro 12. Línea base definida para el porcentaje de especies heliófitas efímera en los bosques muy húmedos tropicales de la Zona Norte de Costa Rica.	76
Cuadro 13. Validación de la posibilidad de uso de los indicadores propuestos por un panel experto como indispensables para evaluar la sostenibilidad de una unidad de manejo de bosque natural.	82
Cuadro 14. Puntos críticos y niveles utilizados en el experimento de escogencia en la primera y segunda ronda.	111
Cuadro 15. Opinión del panel experto sobre los puntos críticos de la sostenibilidad	116
Cuadro 16. Resultados de la estimación del modelo de parámetros aleatorios Logit, para los elementos de riesgo más críticos para la sostenibilidad de una unidad de bosque manejado en la Zona Norte de Costa Rica – Ronda I.	118
Cuadro 17. Resultados de la estimación del modelo parámetros aleatorios Logit, para los elementos de riesgo más críticos para la sostenibilidad de una unidad de bosque manejado en la Zona Norte de Costa Rica – Ronda II.	120
Cuadro 18. Descripción de las variables utilizadas para la generación del modelo.	136
Cuadro 19. Resumen del modelo.	140
Cuadro 20. Tabla de clasificación ^{a,b} .	140
Cuadro 21. Resumen de información sobre los diez modelos aleatorio utilizados para el análisis de sensibilidad del modelo.	142

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de la Zona Norte de Costa Rica correspondiente al sitio de estudio.	23
Figura 2. Distribución del promedio de la importancia relativa otorgada a cada atributo que debe ser considerado en una evaluación de sostenibilidad de bosques naturales manejados en la Zona Norte de Costa Rica.	30
Figura 3. Localización de la Zona Norte de Costa Rica correspondiente al área de estudio.	65
Figura 4. Distribución del área basal promedio de cada una de las Unidades de Manejo evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica que registran predominantemente el tipo de bosque Pp según Sesnie (2008), con respecto al valor de referencia mínimo y la línea base que se obtuvo para bosques no manejados de este tipo.	77
Figura 5. Distribución del área basal de límite inferior de cada una de la Unidades de Manejo, evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica que se ubican en los tipos de bosque Pc y Qp según Sesnie (2008), con respecto al valor de referencia mínimo establecido en la normativa nacional.	78
Figura 6. Distribución del área basal de límite inferior de cada una de la Unidades de Manejo, evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica que se ubican en los tipos de bosque Dg y las áreas fue de la clasificación de Sesnie (2008), con respecto al valor de referencia mínimo establecido en la normativa nacional.	80
Figura 7. Proporción de especies por gremio ecológico para cada una de las unidades de manejo de bosque natural evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica.	81
Figura 8. Localización de la Zona Norte de Costa Rica correspondiente al área de estudio.	108

Figura 9. Proceso de muestreo siguiendo el Método Delphi aplicado en este estudio.....	109
Figura 10. Ejemplo de una de las tarjetas de elección utilizadas en la ronda I del método Delphi. Cada experto seleccionó el orden de las unidades de manejo (UM) A a D, donde 1 representa la UM más sostenible y 4 la menos sostenible.....	111
Figura 11. Ejemplo de una de las tarjetas de elección utilizadas en la ronda II del método Delphi. Cada experto seleccionó el orden de las UM de la A a la D, donde 1 representa la UM más sostenible y 4 la menos sostenible.	113
Figura 12. Localización de la Zona Norte de Costa Rica, correspondiente al Sitio de Estudio.....	135

1- Introducción

Sostenibilidad

La sostenibilidad y las políticas relacionadas a este concepto tienen su origen formal en la década de 1960 (Naredo y Gómez, 2012). No obstante, fue en 1987 cuando en la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, de las Naciones Unidas, se rindió el informe mundialmente conocido como Informe Bruntland, momento en el cual se acuñó el concepto de desarrollo sostenible como “aquel que satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones.” (WCED, 1987).

El informe Bruntland incluye por primera vez en la historia, el concepto de sostenibilidad o desarrollo sostenible y desde entonces, es adoptado y adaptado prácticamente en cualquier disciplina, (López-Ridaura, Van Keulen, Van Ittersum y Leffelaar, 2005) pero su acogida fue especialmente masiva en la mayoría de los países con la implementación de la agenda 21, (Grainger, 2012).

Previo a este momento, el desarrollo se consideró de alguna forma, sinónimo de crecimiento económico, aun cuando el mismo Malthus en su teoría de economía clásica en 1817, ya abordaba el tema de la imposibilidad de crecer indefinidamente en un espacio finito como es la Tierra. Para finales de 1930, ya los economistas abordaban el tema del agotamiento de los recursos, pero el tema quedó en olvido y fue hasta los años 70's que volvió a ponerse en discusión la relación de la economía con los recursos naturales. Sin embargo, la sostenibilidad se centró originalmente en un solo objetivo: la gestión de recursos, (Grainger, 2012).

A pesar de la implementación de la agenda 21 desde 1992 y de los esfuerzos de muchos países, es hasta el año 2010 donde se acuñó el término de economía verde haciendo alusión al crecimiento económico en función de la capacidad del recurso natural con el fin de asegurar la habitabilidad en el tiempo (Naredo y Gómez, 2012).

Aunque desde 1992, considerar elementos sociales, económicos y ambientales es necesario cuando de sostenibilidad y desarrollo sostenible se trata. Según Masera, Astier y López-Ridaura, 2000; el esfuerzo por evaluar la sostenibilidad ha conducido a 3 enfoques: (1) los que se limitan a las listas de indicadores de los 3 ámbitos de la sostenibilidad sin que quede claro cómo los 3 ámbitos se conjuntan para el análisis. (2) los que califican la sostenibilidad utilizando índices dejando de lado la complejidad del sistema o la identificación de aspectos de mayor importancia; (3) los marcos metodológicos con estructuras de criterios e indicadores.

Componentes del Desarrollo Sostenible

Siendo el Desarrollo Sostenible una condición compleja de estudiar, autores como Masera, Astier y López-Ridaura (2000) señalan que es esencial la definición de cada factor involucrado, para no perder de vista qué es lo que la sostenibilidad significa en el ecosistema que se pretende evaluar. Estos mismos autores enfatizan que dentro del *factor ambiental*, la sostenibilidad debe considerar los elementos de ecosistema, tales como conservación de biodiversidad de flora y fauna, productividad y resiliencia.

Dentro del *factor económico* debe considerar, entre otros, la relación costo-beneficio, inversión-ingreso, los precios de transacción y la calidad de vida, donde se analiza las demandas del mercado y la presión sobre el recurso, (Masera, Astier y López-Ridaura 2000).

Mientras que el *factor social* debe involucrar el análisis del tipo de beneficiarios y la cantidad de beneficiados, niveles de organización y los mecanismos de resolución de conflictos, (Masera, Astier y López-Ridaura 2000).

Manejo Forestal Sostenible

En el ámbito internacional relacionado con política forestal, los gobernantes de la mayoría de los países reconocen en los planes nacionales de desarrollo forestal, la

importancia del Manejo Forestal Sostenible (Van Gossum, Arts, De Wulf y Verheyen, 2011); o sea, un sistema de manejo que intenta equilibrar el desarrollo social, económico y los valores ecológicos asociados a los bosques, para las actuales y futuras generaciones, (Hickey, 2008). El Manejo Forestal Sostenible se ha convertido en el paradigma dominante para la discusión de la gestión forestal y la protección en el mundo, abordando entonces la ordenación forestal sostenible económica, ecológica y los componentes sociales que forman parte de la silvicultura, (Cubbage, Díaz, Yapura, y Dube, 2010).

Así, desde entonces, los procesos de manejo y ordenación forestal se han inclinado más por considerar elementos biológicos relacionados con silvicultura, como factor determinante para lograr la sostenibilidad, (Armitaje, 1999), esto mismo es reafirmado por Maesa, Fontaine, Rongé, Hermy y Muys, (2011), quienes indican que el Manejo Forestal Sostenible fue interpretado inicialmente como la sostenibilidad del aprovechamiento del bosque, basado en un aprovechamiento forestal mejorado donde se aseguraba el equilibrio de la producción entre cosechas. Según Quesada, 2006, por ejemplo, en Costa Rica, el Manejo Forestal Sostenible en bosque natural es un concepto que se incluyó después de los años 90, pues hasta el año 1996 se prohibió el cambio de uso de la tierra, con la emisión de la Ley Forestal 7575; y a partir de 1996, los bosques tropicales ubicados en las zonas bajas calientes y húmedas, son los que han permitido escribir la historia del manejo forestal del bosque para esta región tropical de Mesoamérica.

El Manejo Forestal de los bosques naturales en Costa Rica considera permitir la extracción de madera de los bosques siempre que se garantice que las acciones de aprovechamiento se van a realizar utilizando Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad, según lo establecido en la Ley Forestal y en el decreto ejecutivo No 34559-MINAE (Leyes y Decretos, 2008) y la resolución R-SINAC-021-2009, (Leyes y Decretos, 2009) ambas actualmente vigentes.

No obstante que los aspectos silviculturales del bosque son de gran relevancia para alcanzar la sostenibilidad, tomar atención además sobre elementos como la tenencia de la tierra, la organización y de participación, elementos económicos y conocimiento de las normas que regulan ese manejo forestal es de gran relevancia, (Sotto y Ennals, 1999; Pires y Fidélis, 2015).

Formas de evaluar la sostenibilidad del Manejo Forestal Sostenible

Stupak, Lattimore, Titus y Smith (2011) consideran que para que los sistemas de manejo forestal sean sostenibles, las normas y procedimientos deben ser eficaces en garantizar la sostenibilidad de la producción y por ello deben existir condiciones fundamentales que lo permitan como lo son: marcos institucionales para la aplicación efectiva de las leyes nacionales e internacionales, no existencia de aprovechamiento ilegal de los bosques y derechos de tenencia claros.

Transformar el concepto de sostenibilidad en indicadores operativos para su evaluación, no es fácil, aunque varios países del mundo han dado prioridad para su definición, (López-Ridaura, Van Keulen, Van Ittersu, y Leffelaar, 2005). En los últimos años, los estudios empíricos han empezado a cuantificar la importancia económica de los bosques a nivel doméstico, (Rayamajhi, Smith-Hall y Helles, 2012) y la necesidad de diversificar los ingresos en los hogares rurales hace que el Manejo Forestal Sostenible sea una actividad socialmente aceptable para ellos. (Tesfaye, Roos, Campbell y Bohlin, 2011).

Una de las formas de demostrar la sostenibilidad en el manejo son los esquemas de certificación de los bosques, los cuales son un proceso estandarizado de evaluación que incluye el etiquetado de los productos y que asegura que la madera de ese producto, procede de bosques bien manejados bajo el concepto de sostenibilidad, (McGinley y Cubbage, 2011).

Otras formas sugieren la adopción obligatoria de Principios Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (PCI's). Este es el caso de Costa Rica, donde el Manejo Forestal

Sostenible sólo es permitido si existe un Plan de Manejo Forestal que cumpla con criterios de sostenibilidad certificados de previo, (Leyes y Decretos, 1996). Para lo cual se han aprobado Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad que sirven de base para la elaboración del Plan de Manejo.

Según el Decreto 25721-MINAE Reglamento a la Ley Forestal 7575 (Leyes y Decretos, 1997) el Manejo Forestal Sostenible en Costa Rica se define como

“(...) la administración del recurso forestal orientada a asegurar que todos los bienes y servicios derivados de los bosques abastezcan las necesidades actuales; mientras que al mismo tiempo aseguren su capacidad y contribución continua para las futuras generaciones. El manejo forestal abarca los aspectos administrativos, legales, técnicos, económicos, sociales y ambientales de la conservación, protección y uso de los bosques. Implica varios grados de intervención humana deliberada, que van desde acciones que intentan salvaguardar y mantener los bosques y sus funciones, a acciones destinadas a favorecer especies, o grupos de especies, valoradas económica o socialmente para mejorar la producción de bienes y servicios.”

La evaluación de ese manejo forestal se hace a través de la ejecución del plan de manejo forestal y tal como reportó Castañeda, (2004); las prácticas de Manejo Forestal están orientadas a cumplir los principios, criterios e indicadores de sostenibilidad oficiales, donde queda deficiente aún el control del Estado y el compromiso de ejecutores y propietarios, así como los elementos sociales y económicos.

En el año 2015, la FAO realizó en toda Latinoamérica un análisis de los casos de ejemplaridad en Manejo Forestal, en el caso de Costa Rica se eligieron 10 casos como ejemplares con el fin de presentar a la sociedad en general que las buenas prácticas forestales son posibles de aplicar; no obstante, la metodología de evaluación aplicada revisa los elementos ecosistémicos pero no los sociales, ni los

económicos de esa sostenibilidad y desarrollar técnicas que permitan incluir estos dos últimos en las evaluaciones deben ser una prioridad mundial si se quiere asegurar la sostenibilidad.

En México se ha desarrollado un sistema de evaluación de sostenibilidad mediante metodologías multiescala. Este sistema conocido como MESMIS fue desarrollado por varias instituciones mexicanas con el objetivo de proveer de un sistema de evaluación de sostenibilidad para sistemas complejos de interacción entre lo social, económico y ambiental para actividades productivas integrales en agrosistemas, que ha sido aplicado a nivel de estudios de caso en México y Latinoamérica, (López-Ridaura, Maserá y Astier, 2002).

A nivel mundial Costa Rica ha sido “punta de lanza” en el tema de sostenibilidad forestal, siendo el único país del mundo que revirtió los procesos de deforestación y pasó de tener 26% de cobertura forestal antes de los años 1980 a tener una cobertura forestal de 52% en el 2015. Aún con este avance en la cantidad de cobertura, el país no ha medido el grado de sostenibilidad de las actividades de manejo forestal realizadas.

La propuesta que hace la presente investigación es elaborar una metodología que permita evaluar el grado de sostenibilidad que alcanza los bosques naturales manejados, de tal forma que sea posible cuantificar esa sostenibilidad utilizando los 3 pilares base, lo que le permitirá no solo afianzar la posición mundial como país que respeta la sostenibilidad sino que le permitirá además, demostrar la sostenibilidad de las actividades del Manejo Forestal en nuestros bosques ante los sectores internos, principales críticos de estas actividades de producción.

El diseño de esta metodología permitiría efectuar futuras evaluaciones de esa sostenibilidad, lo que aportaría para enfocar mejor las políticas de Manejo Forestal Sostenible del Estado costarricense e implementar mejoras a los procedimientos de cuantificación de ese Manejo Forestal Sostenible.

Además, contribuiría a mejorar las técnicas del manejo forestal sostenible y a orientar acciones socio-económicas y biofísicas en torno a la actividad productiva del bosque.

La generación de esta metodología fortalecería acciones políticas y técnicas de control y cuantificación de la sostenibilidad.

Experimentos de Escogencia en evaluación de la sostenibilidad

Los experimentos de escogencia son métodos económicos utilizados tradicionalmente para realizar valoraciones de mercado. En el mercado se pueden distinguir tanto valores de uso como de no uso, estos últimos son menos tangibles y podrían estar motivados por el deseo de heredar activos actuales a las futuras generaciones (Vega, D. y Alpízar, F. 2011), la sostenibilidad podría considerarse uno de estos.

La intención de utilizar un método de valoración por preferencias establecidas, dentro de los cuales se encuentra el experimento de escogencia (Merino-Castello, 2003; Prada, Vásquez y Soliño, 2005) para evaluar la sostenibilidad, es que los usuarios pueden expresar sus preferencias sobre uno o varios escenarios hipotéticos de sostenibilidad, para ver cuál escenario se considera más o menos sostenible a partir de los puntos críticos definidos. La utilidad de este tipo de experimento está en su facilidad, pues no requiere mayor conocimiento cognitivo de parte del grupo experto para realizarla; no obstante que con ellos se puede reflejar situaciones reales del mercado sobre la apreciación de la sostenibilidad, lo cual se considera consistente con la línea de la economía del bienestar (Merino-Castello, 2003; Vega, D. y Alpízar, F. 2011).

De esta forma se ha propuesto utilizar este tipo de experimento que genera un modelo que permite estimar la sostenibilidad de una unidad de manejo en función de variables de fácil acceso y que se corresponde a los tipos de modelos

probabilísticos, una técnica que previamente no se ha utilizado para estimar la sostenibilidad.

Modelos de regresión

Los modelos de regresión también permiten generar sistemas de cálculo que podrían estimar la sostenibilidad de las unidades de manejo. A partir de la cuantificación de diferentes variables se puede escoger un conjunto de variables que predicen la sostenibilidad como variable dependiente. En este caso el modelo de regresión más apropiado es el de regresión logística en el tanto algunos de las variables corresponden con indicadores de respuesta discreta (Berlanga, 2014).

Este sistema de generación de modelo, también ha sido utilizada en esta investigación como un insumo que aporta a la definición de la sostenibilidad por unidad de manejo.

2- Objetivo general

Diseñar una metodología de evaluación de la sostenibilidad para el manejo de los bosques naturales de la Región Norte, Costa Rica.

Objetivos específicos

1. Identificar el conjunto de indicadores dentro de cada factor principal social, económico y biofísico que aporte al modelo de sostenibilidad en el manejo de los bosques naturales.
2. Proponer y validar un sistema de cuantificación de los indicadores sociales, económicos y ecosistémicos que permita evaluar la sostenibilidad.
3. Crear un modelo de evaluación de sostenibilidad que permita calificar el nivel de sostenibilidad que se alcanza a nivel de unidad de manejo.

3- Metodología

3.1. Área de Estudio

Para realizar este estudio se ha elegido la región Norte de Costa Rica. En este sector se ha concentrado la extracción del 97,5% del volumen de madera aprobado en Planes de Manejo Forestal en bosque (9 474 m³), autorizados por el Estado para todo el país, los cuales han sido elaborados bajo la normativa que exige el cumplimiento de Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad, (SINAC, 2016), y que se creó bajo el concepto de manejo forestal sostenible.

Los bosques de la región Norte, fueron en su mayoría aprovechados antes del año 1998. Como referencia, en 1998 la madera total autorizada para extracción en el bosque alcanzó 248 363 m³ para todo el país, (Campos, Camacho, Villalobos, Rodríguez y Gómez, 2001). Siendo las 3 principales zonas de extracción el Norte, el Caribe y el Sur del país.

Antes del año 1998 los bosques fueron aprovechados con un plan de manejo forestal que no tenían contemplado el cumplimiento de indicadores de sostenibilidad, pero sí obedecía a un plan de manejo forestal con aprovechamiento mejorado. En el área de estudio, la Escuela de Ingeniería Forestal estableció parcelas permanentes de muestreo en el año 1994 y 1995, en 3 inmuebles con bosques representativos de la región, al momento de establecer estas parcelas los bosques se encontraban sin aprovechar, todos los inmuebles están en la Zona de Vida Bosque muy Húmedo Tropical. En estos sitios se realizaron mediciones anuales posteriores al aprovechamiento, en los años 1995 al 1998. La primera medición es de gran utilidad para definir la Línea Base de Ecosistema.

En este momento ya han pasado más de 15 años desde los primeros aprovechamientos y la mayoría de estos bosques fueron sometidos a una segunda cosecha, con autorizaciones legales de parte del Estado utilizando Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad.

3.2. Identificación de un conjunto de indicadores para utilizar en la evaluación

Basado en las propuestas de Moctezuma-Malagón, González-Esquivel, De la Lanza-Espino e Islas (2008) y de Maesa, Astier y López-Ridaura, (2000); se recomendó definir

- I. ¿Cuáles son las dimensiones que deben considerarse al evaluar la sostenibilidad de los bosques naturales manejados?
- II. ¿Cuáles atributos delimitan la sostenibilidad de los bosques naturales manejados?
- III. ¿Cuáles son los Principios, Criterios e Indicadores que deben utilizarse para evaluar la sostenibilidad del bosque natural manejado?
- IV. ¿Cuáles son los elementos o atributos críticos que si se presentan ponen en riesgo la existencia de las unidades de bosque manejados como unidades sostenibles?

Para lograr definir los 4 aspectos indicados anteriormente se utilizó el método Delphi en dos rondas; además, se utilizó el sistema de estructura jerárquica ampliamente conocida como Principios, Criterios e Indicadores (PCI's) para la identificación del conjunto de indicadores.

El método Delphi es una metodología cualitativa, es una herramienta útil para la toma de decisiones, con el fin de asegurar preferencias mutuas y consistentes utilizando un grupo de expertos (Sackman 1975; Navrud y Strand, 2016). En el presente estudio se definió un grupo experto de 35 personas, donde se esperó una incidencia superior al 80% en la primera ronda y un 80% en la segunda ronda.

Con esta técnica se abordó la definición de las cuatro interrogantes antes indicadas. Para la definición que los expertos hicieron de los indicadores indispensables por

utilizar en una evaluación de la sostenibilidad del bosque natural manejado, se utilizó como punto de partida los indicadores económicos, sociales y del ecosistema que ya se han utilizado a nivel mundial para demostrar la sostenibilidad del manejo forestal en los bosques. Los indicadores ecosistémicos se seleccionaron bajo la base que establece el Decreto 34559-MINAE (Leyes y Decretos, 2008) sobre Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad, actualmente vigente para Costa Rica.

Para la definición de las dimensiones y los atributos de la sostenibilidad, así como la definición de los elementos críticos para la sostenibilidad, se utilizó como referencia la propuesta del modelo MESMIS utilizado en México desde el año 2000, El método Delphi se aplicó en rondas sucesivas y anónimas, con el fin de lograr consenso con la máxima autonomía posible, de parte de cada participante. Esto permitió evitar el efecto “líder”; además, el abordaje en rondas trató de disminuir el espacio intercuartil precisando la mediana en cuando a la decisión que se toma, (Astigarraga, 2003).

El grupo experto seleccionado contó con la participación de dueños de bosque, funcionarios del Sistema Nacional de Áreas de Conservación, profesionales forestales independientes, miembros de la comisión de sostenibilidad forestal y académicos. Una vez identificados los elementos críticos para la sostenibilidad de las unidades de bosque natural manejado, se aplicó un experimento de escogencia.

Este experimento de escogencia fue aplicado al grupo experto y fue diseñado con el fin de determinar el valor intangible que le conceden a la sostenibilidad del bosque natural manejado, a partir de ciertos elementos críticos. El objetivo de esto fue pronosticar mediante un modelo, y a juicio de los usuarios directos, cuál escenario de manejo del bosque es más sostenible. Con este fin, se le suministró al panel experto un total de doce tarjetas. Estas tarjetas contenían 5 atributos que se consideraron críticos para la sostenibilidad, cada atributo podía presentarse en

diferentes niveles y con ese conjunto se modeló en 4 unidades de manejo hipotéticas.

Las alternativas de elección que se le presentó a los expertos en la segunda ronda requirieron del uso de un diseño ortogonal o factorial completo, 4 de los atributos utilizados se evaluarían en 3 niveles y uno de ellos en 2 niveles. Por tanto, la cantidad de alternativas o combinaciones posibles se eleva a $3^4 \cdot 2 = 162$ elecciones. Lo que implica aproximadamente 40 elecciones de 4 alternativas.

Con el fin de disminuir al máximo las elecciones, sin disminuir la calidad de la información, se utilizó un diseño factorial fraccionado, que consistió en utilizar un subconjunto del diseño factorial completo que no considere todas las interacciones entre atributos. Según Prada, Vásquez y Soliño, (2005) la consecuencia de esta simplificación es mínima lográndose explicar más del 80% de la variabilidad de los datos. Esta optimización de opciones se utiliza normalmente en este tipo de experimentos basados en el criterio de Optimalidad-D, (Vega, y Alpízar, 2011).

Finalmente, la información se presentó a los expertos en 12 tarjetas, cada una con 4 unidades de manejo hipotéticas, con la intención de explicar el efecto de los atributos y niveles seleccionados sobre la probabilidad de elegir una alternativa en lugar de otra en cada grupo de opciones dadas, tal como lo proponen Vega y Alpízar, (2011).

El cuestionario aplicado en la primera ronda se presenta en el anexo 1 y el utilizado en la segunda ronda se presenta en el anexo 2 de este documento.

3.3. Sistema de cuantificación de indicadores

Con fundamento en la propuesta MESMIS de Maesa, Astier y López-Ridaura (2000), para la cuantificación de los indicadores se siguieron los siguientes pasos:

- 1) Revisión documental: incluyó la revisión de informes de regencia, información del plan de manejo, documentos de propiedad e informes técnicos variados.

- 2) Mediciones: información actualizada de parcelas permanentes de muestreo, y muestreos temporales para cuantificar los indicadores de ecosistema.
- 3) Encuestas: parte de la información económica y social debió cuantificarse a través de información obtenida por encuestas directas a los actores del proceso de manejo forestal sostenible.
- 4) Una vez terminada la cuantificación se integraron los resultados utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, gráficas o mixtas, entre otras.

Se recabó información de los períodos 2012 al 2017 para el 100% de los planes de manejo aprobados en la Zona Norte de Costa Rica.

La línea base de ecosistema se definió con información de parcelas permanentes de muestreo que se localizan en el área de estudio definida, en fincas que fueron objeto de Manejo Forestal Sostenible. Las parcelas permanentes fueron establecidas antes del aprovechamiento y cuentan con 3 mediciones posteriores al aprovechamiento y se les realizó una medición durante la ejecución de esta investigación.

3.4. Modelo de evaluación de la sostenibilidad

Se generaron dos modelos de evaluación, el primero corresponde con un experimento de escogencia que generó un modelo probabilístico, para este caso se utilizó el método Delphi en dos rondas sucesivas. En este caso se le presentó a una muestra representativa de expertos forestales, que incluyó propietarios de bosque, ingenieros forestales, funcionarios estatales, entre otros, un cuadro de jerarquización de unidades de manejo según ciertos atributos. A cada uno de ellos se les enfrentó a 12 tarjetas de elección, cada una con cuatro unidades de manejo forestal descritas por un conjunto de cinco atributos (detalle de lo consultado en el Capítulo 3). En cada conjunto de opciones, los expertos clasificaron las unidades de manejo de 1 (la más sostenible) a 4 (la menos sostenible). Se parte del supuesto

que los expertos ($i = 1, \dots, I$) son racionales y maximizan su utilidad cuando eligen entre un conjunto de alternativas ($j = 1, \dots, J$) en cada conjunto de elección (C). Para cada alternativa j del conjunto de elección, la función de utilidad indirecta experta (U_{ij}) depende de i) un elemento determinista (V_{ij}) y ii) un componente estocástico o aleatorio (ε_{ij}), que el investigador no puede observar.

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

En términos de inferencia probabilística, la probabilidad de elección es:

$$P(U_{ik} > U_{ij}) = P[(V_{ik} - V_{ij}) > (\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ik})] \quad k \neq j, k, j \in C \quad (2)$$

Beggs et al. (1981) desarrollaron el modelo econométrico para analizar la información obtenida del Ranqueo Contingente. Solo se utilizaron los mejores rangos para el análisis como lo sugirieron Caparrós et al. (2008), Scarpa et al. (2011), Akaichi et al. (2013) o Varela et al. (2014), entre otros. La especificación de parámetros aleatorios supone que los valores de preferencia individual β varían en la población con densidad $f(\beta|\Omega)$, donde Ω denota los parámetros de densidad. Por lo tanto, la probabilidad de que el experto haya observado las mejores clasificaciones [y_1, y_2, \dots, y_T] se calcula resolviendo la ecuación 3 utilizando 1000 repeticiones y secuencias de Halton en simulaciones (Train, 2009; Hensher et al., 2005).

$$P_i[y_1, y_2, \dots, y_n] = \int \dots \int \prod_{t=1}^T \left[\frac{e^{\alpha_j + S_{ij}\beta_i}}{\sum_{k=1}^J e^{\alpha_k + S_{ik}\beta_i}} \right] f(\beta | \Omega) d\beta \quad (3)$$

La segunda opción de modelo consistió en la generación de un modelo matemático utilizando regresión logística, consiste en un modelo de la forma:

$$S = PSA + G + DISTOFIC + CTLA + I136 + I212 + I711 \quad (4)$$

Donde:

S: sostenibilidad

PSA: es variable asociada a la existencia de PSA a la unidad de manejo en algún período del ciclo de corta

G: se refiere al área basal de la unidad de manejo en m^2/ha

DISTOFIC: es la distancia en km de la unidad de manejo a la oficina encargada del control por parte del Estado.

CTLA: se refiere a las condiciones técnicas legales y administrativas enfrentadas durante la tramitología del aprovechamiento de la unidad de manejo

I136, I212 e I711: corresponden con indicadores de sostenibilidad seleccionados y cuantificados para cada unidad de manejo a partir del conjunto de indicadores posible a utilizar en una evaluación de sostenibilidad.

Para la generación de este modelo se utilizó información de toda la población de Unidades de Manejo de la Zona Norte que fueron objeto de Manejo Forestal legal durante el período evaluado; sin embargo, como la población es pequeña, no se cuenta con una base de datos de tamaño apropiado para realizar la validación del modelo. Por este motivo se utilizó la técnica de análisis de sensibilidad como técnica de validación cruzada que permite la validación de la estabilidad del modelo.

Capítulo 1

Conjunto de indicadores de referencia para la evaluación del Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Naturales de Costa Rica

Conjunto de indicadores de referencia para la evaluación del Manejo Forestal Sostenible de los Bosques Naturales de Costa Rica

Resumen

A partir de un conjunto de indicadores de referencia, se diseñó una herramienta para la evaluación “*ex post*” de la sostenibilidad de unidades de bosques naturales manejados en Costa Rica. Este conjunto se desarrolló utilizando una estructura jerárquica de principios, criterios e indicadores de sostenibilidad. La lista de referencia resultante consta de 5 principios, 12 criterios y 30 indicadores, clasificados como esenciales por un grupo de expertos en manejo forestal en Costa Rica. El conjunto de indicadores permite estudiar las dimensiones y atributos que delimitan la sostenibilidad de los ecosistemas. El procedimiento de selección y la probable contribución de este conjunto al manejo forestal aborda, en primer lugar, las condiciones económicas, sociales, ecosistémicas e institucionales de Costa Rica. Sin embargo, el conjunto de indicadores es útil para otras regiones del mundo, previa adaptación de los umbrales a las condiciones locales del ecosistema. Adicionalmente, la dimensión ecosistémica (productividad, estabilidad, adaptabilidad) se ratifica como condición de primer orden para la sostenibilidad, pero los expertos refuerzan la idea de que la dimensión institucional (equidad y gobernanza) es un desafío para la evaluación de la sostenibilidad.

Palabras claves: método Delphi, bosque húmedo tropical, sostenibilidad, *ex post*

Abstract

Based on a set of reference indicators, a tool was designed for the evaluation “*ex post*” of sustainability of units of managed natural forests in Costa Rica. This set was developed using a hierarchical structure of principles, criteria and indicators of sustainability. The resulting reference list consists of 5 principles, 12 criteria and 30 indicators, classified as essential by a group of experts in forest management in

Costa Rica. The set of indicators allows studying the dimensions and attributes that delimit the sustainability of the ecosystems. The selection procedure and the likely contribution of this set to forest management addresses, firstly, the economic, social, ecosystemic and institutional conditions of Costa Rica. However, the set of indicators is useful for other regions of the world, previous adaptation of the threshold values to the local conditions of the ecosystem. Additionally, the ecosystemic dimension (productivity, stability, adaptability) is ratified as a condition of first order for the sustainability, but the experts reinforce the idea that the institutional dimension (equity and governance) is a challenge for the evaluation of sustainability.

Key words: Delphi method, tropical humid forest; sustainability, *ex post*

1- Introducción

La importancia que el Manejo Forestal Sostenible (MFS) representa en los planes nacionales de desarrollo forestal y en el campo de las políticas forestales internacionales es reconocida internacionalmente (Van Gossum et al., 2011). El MFS se entiende como un sistema de manejo que tiene por objetivo lograr el equilibrio en el desarrollo de los valores sociales, económicos y ecológicos asociados a los bosques, para las generaciones presentes y futuras (Hickey, 2008).

El MFS se ha convertido en el paradigma dominante para la discusión de la gestión forestal y la protección en el mundo, abordando la ordenación forestal sostenible, económica, ecológica y los componentes sociales que forman parte de la silvicultura, (Cubbage, Diaz, Yapura, y Dube, 2011), donde Costa Rica no ha sido la excepción.

A pesar de esto; según Maesa, Fontaine, Rongé, Hermy y Muys (2011), el MFS ha sido interpretado inicialmente como la sostenibilidad del aprovechamiento, donde se asegure el equilibrio de la producción entre cosechas. Según Quesada, (2006), en Costa Rica, el MFS es un concepto que se incluyó a partir del año 1990.

La planificación del manejo forestal ha estado dominada por sistemas de Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad, (Holvoet, 2004; Santopuoli, Ferranti, Marchetti, 2016) que se refieren mayoritariamente al ecosistema, pero el concepto de sostenibilidad también se basa en dimensiones sociales y económicas, como lo establece su definición más esencial, (WCED, 1987). En este sentido, Stupak et al. (2011) sostienen que los estándares y procedimientos deben ser eficientes para lograr sistemas de MFS y asegurar la sustentabilidad de la producción. Pero para ello existen condiciones fundamentales, como marcos institucionales para la aplicación eficiente de las leyes nacionales e internacionales, ausencia de explotación ilegal de bosques y claros derechos de propiedad, entre otros. Entonces, si el marco institucional es el que posibilita los procesos de sustentabilidad, la forma en que lo haga podría condicionar que el manejo forestal sea sustentable, (Campos & De Camino, 2009). De esta manera, la gobernanza se vuelve cada vez más importante ya que es la clave para promover el MFS. En este sentido, el conocimiento técnico es importante, pero por sí solo insuficiente. Por tanto, el MFS no tendrá éxito si los recursos están mal gobernados, (Ávila-Akerberg, 2016).

Como en otros países, el marco de la gobernanza forestal es complejo en Costa Rica, ya que involucra una diversidad de leyes, regulaciones, planes, programas y estrategias. Además, la implementación corresponde a unidades diferenciadas y descentralizadas, tanto gubernamentales como del poder ejecutivo y legislativo. Pero actores relevantes, como propietarios de bosque, comunidades locales, organizaciones de la sociedad civil, ONG, sector privado y academia, entre otros, también juegan un papel importante, (Ávila-Akerberg, 2016). Costa Rica se ha caracterizado por una gobernanza débil relacionada con el sector forestal y una baja remuneración económica que de alguna manera induce a algunas personas a realizar prácticas insostenibles en sus bosques, (Abarca-Valverde; Meza-Picado y Méndez-Gamboa, 2020 y Navarro y Bermudez, 2006). Sin embargo, el

fortalecimiento de la gobernanza forestal podría cambiar el paisaje no solo del ecosistema sino también de la sociedad y la economía en torno a los bosques.

Los conjuntos de Principios, Criterios e Indicadores (PCI) se han utilizado en la planificación del manejo, (Günter et al., 2012) y no tanto en la evaluación de cómo se está realizando el manejo forestal, tampoco se ha evaluado si el manejo es realmente sostenible, excepto cuando ese manejo se ha realizado en el contexto de la certificación forestal. Esta es la situación en Costa Rica, donde la formulación del plan de manejo respeta los requisitos de la normativa sobre el aprovechamiento en bosques naturales, pero no se han realizado evaluaciones posteriores a las cosechas a pesar de que tiene una historia de 30 años desde que el concepto de MFS se empezó a aplicar. En el caso de certificación forestal, para la evaluación se utilizan conjuntos de indicadores de referencia, que no son diferentes a listas estructuradas que pueden utilizarse en diferentes contextos y condiciones, (Van Cauwenbergh et al., 2007; Maesa et al., 2011).

En el mundo, la sostenibilidad se ha evaluado utilizando esquemas de PCI vinculados a la certificación forestal, (Blumroeder et al, 2018). En los esquemas forestales certificados, las evaluaciones son periódicas y se concentran en la evaluación para el mantenimiento de la certificación, mientras que el monitoreo es realizado por una unidad certificada. Por el contrario, un país como Costa Rica, que no exporta madera, utiliza esquemas nacionales de PCI de cumplimiento obligatorio, planifica la cosecha con estos PCI, pero no evalúa la sostenibilidad en el largo plazo, (Salas-Garita y Soliño, 2019). En Costa Rica, el número de proyectos de MFS certificados en bosques es mínimo, (Chavarría, 2014) y hay PCI disponibles para planificar, pero no para evaluar después de pasar 2 ó 3 cosechas en el bosque. Estos PCI contienen actualmente un alto predominio de indicadores de la dimensión ecológica, pero no de la dimensión económica y social. Si se utiliza ese mismo conjunto de referencias se estaría evaluando predominantemente el ecosistema y se estaría dejando de lado los elementos sociales y económicos, tan importantes en la sostenibilidad, (Salas-Garita y Soliño, 2019), de esta forma la silvicultura que

no satisface las necesidades de las poblaciones locales, tiene pocas posibilidades de ser sostenible, (Kimmins 2003 y Serrano-Dávila, M et al., 2008), incluso si se maneja para satisfacer los ecosistemas.

Con el objetivo de construir un conjunto de indicadores útiles, pero no necesariamente rígidos, se propone un marco de indicadores de referencia para evaluar la sostenibilidad “*ex post*” en los bosques naturales que se fundamente en dos sentidos: la estructura jerárquica y la propia definición de los indicadores, (Failing y Gregory, 2003), considerando conjuntamente las dimensiones ecológica, social y económica.

De tal forma y con el fin de evitar los errores comunes que se han cometido en el pasado a la hora de proponer marcos de referencia de indicadores, los cuales tienen que ver con términos y conceptos no coherentes en la jerarquía de los conjuntos de referencia propuestos, (Holvoet y Muys, 2004), se propone una estructura de Principios, Criterios e Indicadores (PCI) útiles para evaluar la sostenibilidad de los bosques naturales que ya han sido manejados, que abarque la dimensión del ecosistema, la social y la económica, (Lammerts van Bueren y Blom, 1997) pero también elementos institucionales.

2- Materiales y métodos

2.1. Sitio de Estudio

En Costa Rica, el MFS del bosque sólo es permitido si existe un Plan de Manejo Forestal que cumpla con criterios de sostenibilidad certificados de previo, (Leyes y Decretos, 1996), en este sentido Costa Rica tiene aprobado una norma que detalla los Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad que sirven de base para la elaboración del Plan de Manejo.

La Zona Norte de Costa Rica (Figura 1) es donde la mayoría del manejo forestal del bosque se ha documentado, registrando el 97,5% del total de los aprovechamientos ejecutados en los últimos 5 años a nivel nacional (SINAC, 2016).

A pesar de la experiencia del país en la generación de técnicas de manejo forestal a nivel regional y de la amplia experiencia en la aplicación de PCI en la elaboración de planes de manejo forestal para bosque, no se han realizado evaluaciones de la sostenibilidad de los bosques naturales manejados. Dada la cantidad de experiencias de MFS del bosque se ha elegido la Zona Norte de Costa Rica como base para la generación de esta metodología.

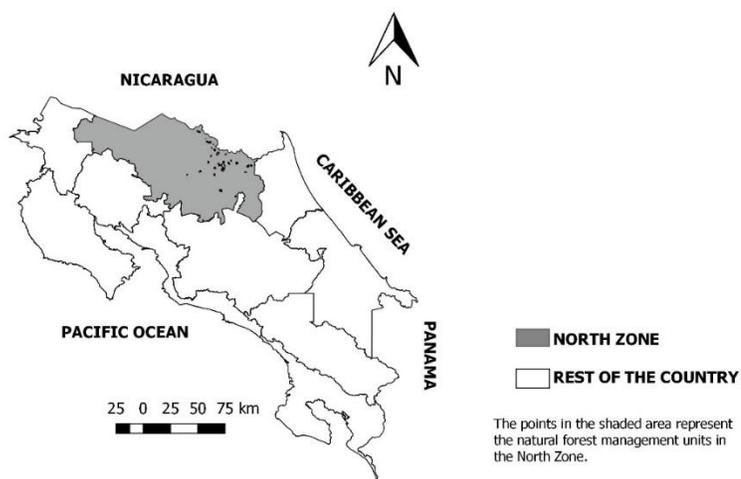


Figura 1. Ubicación de la Zona Norte de Costa Rica correspondiente al sitio de estudio.

2.2. Elección de los indicadores a utilizarán en una evaluación ex post

Dimensiones de la sostenibilidad en una evaluación

Teniendo en cuenta la definición tradicional de sostenibilidad, y más específicamente, la definición de Desarrollo Sostenible, que la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de las Naciones Unidas (WCED) presentó, las dimensiones económica, social y ecosistémica han sido omnipresentes, delimitando el concepto, (WCED, 1987; López-Ridaura et al., 2005). Costa Rica dio un giro desde 2008, delimitando los principios de sostenibilidad aplicados a los bosques naturales manejados a tres principios con una correspondencia predominantemente ecosistémica. Considerando el concepto sostenibilidad, se consultó a un panel de expertos sobre qué dimensiones (ecosistémica, económica y social), bajo los estándares nacionales, deben ser consideradas en una evaluación de la sostenibilidad de un bosque natural manejado.

Atributos de sostenibilidad en una evaluación

Además de las dimensiones, este estudio también delimitó los atributos de los sistemas sostenibles, es decir, de los bosques naturales manejados. La identificación de estos atributos permite definir un punto de partida para delinear el PCI, (López-Ridaura et al., 2005).

Estructura jerárquica

El primer nivel jerárquico se refiere al Principio, este corresponde con el nivel superior o más general, (Maesa et al., 2011) que es requerido para garantizar la sostenibilidad, el cual se redacta como un objetivo. El segundo nivel es el Criterio, el cual corresponde con aquello que debe lograrse con el fin de garantizar que el Principio se cumpla. El criterio está redactado como un objetivo más específico, pero no agrega operatividad, (Lähtinen, et al. 2014). El tercer nivel lo constituye el de los Indicadores, este es el nivel más básico de la estructura y es el que permitirá

cuantificar la ausencia o presencia de algún elemento que se ha considerado fundamental, con el fin de asegurar la sostenibilidad, (Van Cauwenbergh et al., 2007 y Lähtinen et al., 2014).

Selección de los indicadores base

Costa Rica implementó el MFS en la normativa, como una obligación, desde el año 1996 a través de la Ley Forestal No 7575. El trabajo con PCI se implementó desde 1998 de manera oficial con la emisión del decreto ejecutivo No 27388-MINAE. El resumen histórico de la normativa que ha estado vigente en Costa Rica en materia de PCI se presenta en el cuadro 1.

En la actualidad, para Costa Rica rigen los PCI emitidos a través del Decreto No 34559-MINAE. El acceso al aprovechamiento es voluntario, pero es obligatorio ajustarse a los PC una vez que se decide entrar. Un resumen de todos los PCI utilizados en Costa Rica en los últimos 20 años se encuentra en el Apéndice A.

Cuadro 1. Resumen de la normativa emitida por Costa Rica en materia de Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad en los últimos 20 años.

Normativa	Año	Principios	Criterios	Indicadores	Cambios incluidos*
Decreto Ejecutivo N° 27388-MINAE	1998	9	30	51	Incluye las dimensiones de ecosistema, social y económica
Decreto Ejecutivo N° 30763-MINAE	2000	8	24	92	Modifica algunos detalles de la norma, pero mantiene la esencia de la propuesta anterior.
Decreto Ejecutivo N° 34559-MINAE	2008	3	8	23	Predomina la dimensión ecosistema, elimina algunos indicadores ecosistémicos que eran propios de un manual de procedimientos, elimina los PCI relacionados con la

					dimensión social y económica y se concentra en elementos del ecosistema, agrega indicadores relacionados con el registro institucional, se convierte en un sistema muy documental
--	--	--	--	--	---

*No incluye elementos de evaluación "ex post" todo se refiere a la fase de planificación.

El Plan de Manejo se diseña en función de estos PCI, donde un ingeniero forestal en calidad de regente responsable de la ejecución de un aprovechamiento aprobado, reporta detalles del aprovechamiento, no así de lo que sucede en la unidad de manejo, luego de este. La Administración Forestal del Estado, como autoridad estatal, acepta los reportes de los regentes forestales y ejecuta visitas periódicas de control y protección, durante el tiempo que se ejecuta el aprovechamiento, y actúa en caso de denuncias interpuestas por terceros. No cuenta el Estado con una metodología de evaluación del cumplimiento de los PCI después de que se da el aprovechamiento, no se remiten informes anuales, ni periódicos, que reporten el grado de cumplimiento de los PCI, ni tampoco si el manejo forestal, como un todo, es sostenible.

Para el diseño de un marco operativo de indicadores a utilizar en evaluación *ex post*, se revisó las listas de PCI que se han utilizado durante estos últimos 20 años. De esta fase se compilaron en total 166 indicadores, agrupados en 7 Principios y 23 Criterios (ver Anexo A). Luego, se aplicó el método Delphi para identificar el conjunto de PCI esenciales para ser utilizados *ex post* para evaluar la sostenibilidad.

Uso del método Delphi para la elección del conjunto de PCI's útiles para evaluar sostenibilidad del bosque natural bajo manejo

El método Delphi se utilizó por primera vez en la década de los 60's y fue desarrollado con la intención de predecir de forma sistemática e interactiva un

aspecto de interés basado en un panel de expertos (Dalkey y Helmer, 1963 y Navrud y Strand, 2016). Se ha considerado como una herramienta útil para la toma de decisiones, con el fin de asegurar preferencias mutuas y consistentes entre los expertos participantes (Sackman 1975; Navrud y Strand, 2016).

En este caso, el método Delphi se aplicó en dos rondas sucesivas. En la segunda ronda, el proceso se detuvo ya que se estimó que se alcanzó el consenso esperado sobre los indicadores de sostenibilidad a ser utilizados en una evaluación “*ex post*”. Donde se está logrando que el rango intercuartílico relativo (Landeta, 1999) sea menor a 0,70, como sugiere Soliño, (2003).

La aplicación del método Delphi llevó las siguientes etapas: (1) definición del grupo de expertos a partir del objetivo de consulta fijado, (2) elaboración del cuestionario utilizado en la ronda 1 (Anexo 1), (3) aplicación del cuestionario de ronda 1, (4) análisis de resultados a partir de las respuestas de la ronda 1, (5) elaboración del cuestionario 2 a partir de los resultados de la primera ronda y para aplicar en la segunda ronda (retroalimentación controlada, anexo 2), (6) aplicación del cuestionario en ronda 2, (7) análisis de resultados y definición final de los indicadores relevantes por utilizar.

Panel de expertos

El panel de expertos estuvo integrado por dos propietarios forestales privados, ocho funcionarios estatales que autorizan y supervisan los PM, tres expertos forestales que habían participado en el diseño de los PCI utilizados en la planificación de las actividades de manejo en los últimos 20 años, diez ingenieros forestales privados a cargo de la planificación y ejecución del MFS, dos supervisores de los profesionales a nivel nacional y cinco académicos expertos en MFS. Los expertos se clasificaron en 5 grupos: funcionarios públicos, académicos, profesionales forestales, propietarios forestales y consultores. El grupo de expertos elegido inicialmente incluyó a 35 personas, de las cuales 30 expertos asistieron a la convocatoria para

participar en la primera ronda y 23 expertos en la segunda ronda. Los resultados de la primera ronda de expertos se presentaron en la segunda ronda en lo que se conoce como "retroalimentación controlada" en la aplicación Delphi. A lo largo de las encuestas, la identidad de los participantes se mantuvo en el anonimato.

Selección final de PCI

Luego de revisar las repeticiones entre principios, criterios e indicadores entre normas, se sometió a escrutinio de los expertos, 60 indicadores agrupados en 7 principios y 22 criterios (ver Anexo A). La normativa costarricense establece que el manejo forestal sostenible de los bosques se logra cuando *“los bienes y servicios derivados de los bosques abastecen las necesidades actuales; mientras que al mismo tiempo aseguran su capacidad y contribución continua para las futuras generaciones.”*, (Leyes y Decretos Costa Rica, 2008) la cual es coherente con la definición de Naciones Unidas (WCED, 1987). Utilizando el método Delphi, el panel experto fue consultado sobre los siguientes aspectos, los cuales son parte de la definición de: (1) atributos que corresponden con el manejo forestal sostenible, (2) dimensiones de la sostenibilidad que deberían ser utilizados al evaluar el manejo forestal ex post; (3) principios, criterios e indicadores indispensables para realizar la evaluación y (4) elementos críticos que si están presentes colocan a la unidad de manejo forestal en riesgo para lograr la sostenibilidad.

Al panel de expertos se le ofrecieron opciones de respuesta para definir, de la lista, los aspectos esenciales a considerar. Solo en la primera ronda, cada experto tuvo la oportunidad de agregar elementos que consideraba indispensables pero que no estaban incluidos en la lista. Estos nuevos elementos fueron consultados con todos los participantes en la segunda ronda. Los resultados de la segunda ronda permitieron consensuar los indicadores a utilizar en la evaluación. Se preguntó a los expertos, en la primera ronda del método Delphi, qué atributos consideraban críticos para la sostenibilidad (ver pregunta 6 en la sección 2.2.3). De este grupo se eligieron cinco atributos clasificados como los más importantes.

2.3. Análisis de los datos

Para analizar la información recolectada de las entrevistas en las rondas 1 y 2, respecto a la determinación del conjunto de PCI, se utilizó el programa estadístico SPSS v22. Los resultados se organizaron en cuadros de distribución de frecuencias. En cuanto a la definición de los valores de importancia, se calcularon la mediana y los percentiles. El rango relativo intercuartílico (RRI) se calculó como medida de dispersión. El proceso iterativo se detendría cuando se alcanzara el consenso. El consenso se alcanzaría cuando el rango relativo intercuartílico alcanza un valor por debajo de 0,7, como sugiere Soliño, (2003). Los indicadores finalmente elegidos fueron los que alcanzaron el consenso del panel de expertos.

3. Resultados

3.1. Dimensiones de la sostenibilidad en una evaluación

La conclusión del panel de expertos fue que para evaluar la sostenibilidad se necesitan las 3 dimensiones tradicionales: ecosistémica, económica y social.

Si bien estas 3 dimensiones mantienen su presencia, el grupo de expertos agrega, como discriminación positiva, la evaluación del marco institucional, entendiendo el marco institucional como la gobernanza a cargo del manejo forestal.

El grupo experto definió la importancia de cada dimensión de la sostenibilidad de la siguiente manera, el Ecosistema 0,3, la dimensión Económica y Social con un peso de 0,25 cada uno y la dimensión Institucional con una importancia relativa 0,20 sobre un total de 1.

3.2. Atributos de sostenibilidad en una evaluación

El panel de expertos estableció que los atributos tradicionales que contribuyen a la sostenibilidad de los bosques naturales manejados en la Zona Norte de Costa Rica

son productividad (35% de las respuestas), estabilidad (20%) y adaptabilidad (15%), figura 2. Pero también agregó los atributos de equidad (15%) y gobernanza (15%).

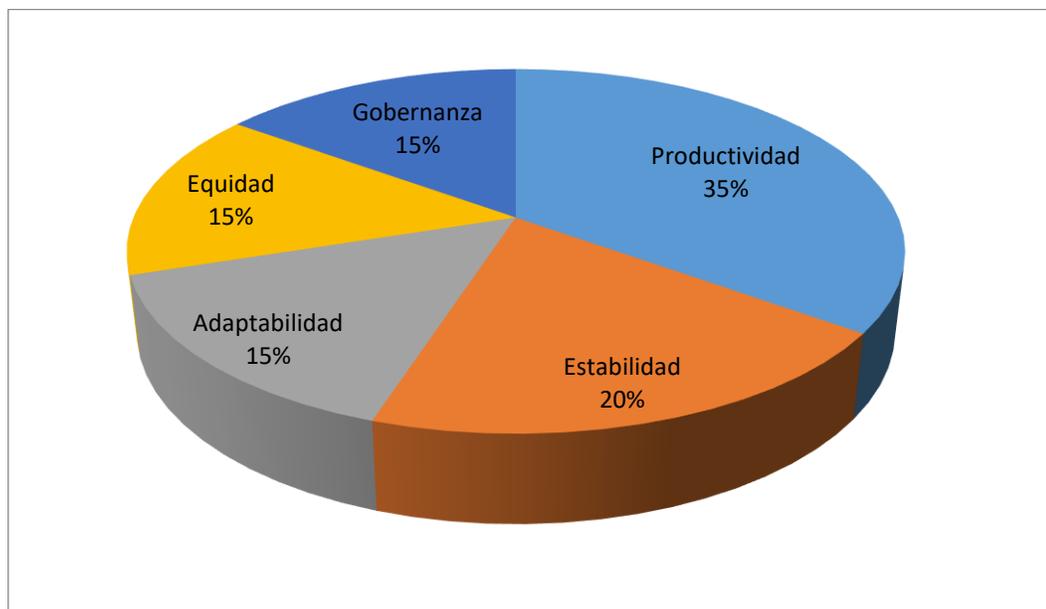


Figura 2. Distribución del promedio de la importancia relativa otorgada a cada atributo que debe ser considerado en una evaluación de sostenibilidad de bosques naturales manejados en la Zona Norte de Costa Rica.

Adicionalmente, este panel consideró que el atributo *productividad* está más relacionado con la dimensión económica y el atributo *equidad* con la dimensión social. Los atributos *estabilidad*, *productividad* y *adaptabilidad* se han relacionado con la dimensión ecosistema y, finalmente, *estabilidad* y *equidad* con la dimensión institucional. El Cuadro 2 presenta la opinión de los expertos sobre las relaciones entre atributos y dimensiones. Este resultado es de relevancia para entender las relaciones entre las dimensiones y los atributos porque al final, los PCI's deben representar las dimensiones, pero también considerando la representación de estos atributos, ya sea para agregarlos o quitarlos de un conjunto de referencia que podría ser útil en una evaluación *ex post* del manejo forestal.

Cuadro 2. Opinión de expertos sobre el nivel de relación entre atributos y Dimensiones de sostenibilidad en una evaluación del bosque natural manejado para Zona Norte Costa Rica.

<i>Atributo</i>	<i>Dimensiones (lectura por columna)</i>			
	<i>Económica</i>	<i>Social</i>	<i>Ecosistema</i>	<i>Institucional</i>
	<i>Importancia otorgada a la relación</i>			
<i>Productividad</i>	0,96	0,13	0,17	0,00
<i>Estabilidad</i>	0,04	0,09	0,57	0,44
<i>Adaptabilidad</i>	0,00	0,13	0,17	0,04
<i>Equidad</i>	0,00	0,48	0,09	0,35
<i>Gobernanza</i>	0,00	0,17	0,00	0,17

3.3. Conjunto de indicadores de referencia de Principios, Criterios e Indicadores para la evaluación

El proceso desarrollado en este estudio encontró que a pesar de que el sistema de PCI vigente incluye 3 principios, 8 criterios y 23 indicadores, los expertos consideran indispensable utilizar 5 principios, 12 criterios y 30 indicadores en las evaluaciones de bosques manejados. Esto indica que, si bien los PCI actualmente vigentes son aceptados al momento de planificar un MFS, para una evaluación *ex post* de la sostenibilidad del bosque natural, los expertos optan por un conjunto diferente. La información proporcionada por los expertos al respecto puede entenderse como una solución de compromiso dada su experiencia en PCI en las últimas décadas. El cuadro 3 muestra tanto la opinión de los expertos sobre la importancia en términos relativos, como la dimensión de sostenibilidad y los atributos que más se relacionan con cada indicador, por ejemplo, las dimensión económica, social, ecosistémica e institucional que representan, así como en términos de gobernanza, productividad, estabilidad, adaptabilidad y equidad. Es de destacar que los principios relacionados con el ecosistema alcanzan un consenso del 100% entre los expertos, quienes los consideran críticos en la evaluación; estos principios son los que se refieren al mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo y el papel del bosque en la protección del suelo y el agua, y el control de las actividades

humanas que puedan afectar la integridad del bosque. Entre los principios considerados “críticos”, los beneficios forestales, el monitoreo y la evaluación recibieron el menor apoyo para ser utilizados; sin embargo, entre ellos, los indicadores relacionados con el mantenimiento de registros recibieron el mayor apoyo. Los indicadores que obtuvieron la mayor calificación para ser considerados críticos son los que se refieren al principio de seguridad jurídica y monitoreo en el tiempo y el espacio y están relacionados con el monitoreo espacial de las unidades de manejo y tenencia clara de la tierra.

Cuadro 3. Principios, Criterios e Indicadores de sostenibilidad considerados por el grupo experto como indispensables para una evaluación de sostenibilidad del bosque natural manejado en la Zona Norte de Costa Rica.

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicador									
1. Sobre seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal	2	0,00	0,83	2	0,00	0,91	0,00		
<i>1.1. Seguimiento espacial</i>	2	0,50	0,73	2	0,00	1,00	-0,50		
1.1.1. La AFE lleva un registro geográfico de las unidades de manejo forestal.	2	0,50	0,63	2	0,00	0,96	-0,50	Institucional	Gobernanza
1.1.2. Durante el ciclo de corta las áreas boscosas mantienen sus características de extensión, forma perimetral y localización de acuerdo con lo establecido en el registro geográfico de las unidades de manejo forestal	2	0,50	0,60	2	0,00	0,91	-0,50	Institucional Ecosistema	Gobernanza

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicator									
1.1.3. La ubicación y las colindancias del área de bosque están claramente definidas en el terreno y concuerdan con la documentación catastral del o los inmuebles	1	1,00	0,5	2	0,00	0,91	-1,00	Ecosistema Institucional Social	Gobernanza
1.2. Tenencia clara	2	0,50	0,67	2	0,00	0,96	-0,50		
1.2.1. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un título de propiedad, o contrato de arrendamiento legalmente inscrito, o derecho de posesión legalmente reconocido	2	0,50	0,67	2	0,00	0,87	-0,50	Institucional Social	Gobernanza
1.2.2. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un plano debidamente catastrado	1	1,00	0,5	2	0,00	0,87	-1,00	Institucional Social	Gobernanza
1.2.3. La unidad de manejo forestal no presenta conflictos de tenencia	2	0,00	0,80	2	0,00	0,91	0,00	Social Institucional	Gobernanza
1.3. Seguimiento en el tiempo	2	0,00	0,67	2	0,00	0,96	0,00		
1.3.1. La AFE lleva un registro documental del historial de la unidad de manejo de bosque, asociado al registro geográfico, que permite verificar en cualquier momento la cronología y el tipo de actividades realizadas y por ejecutar	2	0,50	0,57	2	0,00	0,91	-0,50	Institucional Social	Gobernanza
1.3.2. La información contenida en el registro documental de la unidad, sobre planes de manejo y otra información relevante, cuenta con la aprobación de la AFE	2	0,50	0,67	2	0,00	0,91	-0,50	Institucional	Gobernanza

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicator									
1.3.3. Los planes de manejo y sus respectivos cronogramas de actividades aprobados son respetados en el tiempo, tanto por el interesado como por la AFE, para garantizar la seguridad jurídica del manejo del bosque	2	0,50	0,57	2	0,50	0,70	0,00	Ecosistema Institucional	Gobernanza
1.3.4. El plan de manejo aprobado cumple con lo establecido en el Código de Prácticas	2	0,50	0,63	2	0,00	0,91	-0,50	Ecosistema	Productividad Estabilidad
1.3.5. Existe un registro de todas las actividades realizadas durante la ejecución del aprovechamiento	1	1,00	0,30	2	0,00	0,78	-1,00	Institutional Social Ecosistema	Gobernanza
1.3.6. La ejecución del aprovechamiento respeta los elementos aprobados por la AFE dentro de Plan de Manejo y sus modificaciones	2	0,50	0,67	2	0,00	0,91	-0,50	Ecosistema Institucional Social	Productividad Estabilidad Gobernanza
2. Sobre el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo	2	0,50	0,70	2	0,00	1,00	-0,50		
<i>2.1. Manejo por tipo de bosque</i>	2	0,50	0,70	2	0,00	0,87	-0,50		
2.1.2. La prescripción de manejo es consistente con las limitaciones y capacidades productivas del tipo de bosque presente en la unidad de manejo forestal	2	0,00	0,20	2	0,00	0,96	0,00	Ecosistema Económica Social	Productividad Estabilidad Adaptabilidad Gobernanza
<i>2.2. Mantenimiento de la condición disetánea del bosque natural</i>	2	0,50	0,67	2	0,00	0,96	-0,50		

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicador									
2.2.1. El bosque mantiene un área basal por hectárea superior o igual al valor de referencia por tipo de bosque para las especies comerciales y no comerciales en el área efectiva de manejo	1	1,00	0,50	2	0,50	0,70	-0,50	Ecosistema	Productividad Estabilidad
2.2.2. La abundancia de los individuos del gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras se mantiene en una proporción inferior o igual al valor de referencia	1	1,00	0,47	2	0,50	0,57	-0,50	Ecosistema	Productividad Estabilidad
3. Sobre la función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades humanas que puedan afectar la integridad del bosque	2	0,00	0,77	2	0,00	1,00	0,00		
<i>3.1. Protección de la calidad del agua</i>	1	1,00	0,50	2	0,00	0,87	-1,00		
3.1.1. La infraestructura establecida para el manejo forestal no presenta signos de que altere la calidad del agua en el sitio	1	1,00	0,47	2	0,00	0,87	-1,00	Ecosistema Social	Productividad Estabilidad
3.1.2. Las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos (Artículo 33 Ley Forestal 7575) ubicados dentro del área de bosque no presentan signos de estancamiento, u obstrucción causados por las acciones directas del manejo forestal	2	0,50	0,57	2	0,50	0,74	0,00	Ecosistema Social	Productividad Estabilidad
3.1.3. No hay evidencias de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de	2	0,50	0,60	2	0,00	0,78	-0,50	Ecosistema Social	Productividad Estabilidad

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicator									
las actividades de manejo									
3.2. Protección del suelo	1	1,00	0,40	2	0,50	0,74	-0,50		
3.2.1. Los caminos primarios y patios de acopio tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y la sedimentación excesiva en las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos	2	0,50	0,60	2	0,00	0,87	-0,50	Ecosistema Social	Productividad Estabilidad
3.2.2. Los caminos primarios y los patios de acopio están ubicados técnicamente y no abarcan un área mayor a un 2% del área efectiva de manejo	1	1,00	0,47	2	0,50	0,70	-0,50	Ecosistema	Productividad Estabilidad
3.2.3. Al concluir el aprovechamiento, los caminos primarios públicos quedan habilitados para su uso y en un estado igual o mejor al de la condición de inicio del aprovechamiento inmediatamente después.	1	1,00	0,47	2	0,50	0,65	-0,50	Ecosistema Social Económica	Gobernanza
3.3. Protección del bosque contra alteraciones que lo pongan en riesgo	2	0,50	0,67	2	0,00	0,91	-0,50		
3.3.1. No hay eliminación del sotobosque (socola) o quemas intencionales dirigidas al cambio de uso. Asimismo, dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola, actividades de pastoreo, u otras actividades que pongan en peligro la permanencia en el	2	0,00	0,87	2	0,00	0,96	0,00	Ecosistema	Productividad Estabilidad

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicator									
tiempo de los bosques manejados.									
3.3.2. En zonas de alta y mediana incidencia de riesgo de incendios forestales, según la clasificación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se establecen medidas preventivas (rondas cortafuegos) para el control de incendios forestales que promuevan la permanencia en el tiempo de los bosques manejados	2	0,50	0,53	2	0,50	0,78	0,00	Ecosistema	Productividad Estabilidad
3.3.3. 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, basándose en información de parcelas permanentes o en información secundaria verificable	2	0,50	0,60	2	0,00	0,78	-0,50	Ecosistema Económica	Productividad Estabilidad Adaptabilidad
6. Beneficios del Bosque	2	0,50	0,67	2	0,50	0,74	0,00		
6.2. Viabilidad financiera	1	1,00	0,47	2	0,00	0,78	-1,00		
6.2.1. En el plan de manejo se demuestra que los ingresos por los bienes y los servicios del aprovechamiento serán mayores que los costos en lo que incurre el propietario.	1	1,00	0,40	2	0,50	0,52	-0,50	Económica Social	Equidad
6.3. Diversidad en la producción	1	1,00	0,43	2	0,50	0,52	-0,50		

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana *	RRI ₁	Categoría: Indispensable **	Mediana *	RRI ₂	Categoría: Indispensable **			
Indicator									
6.3.2. El plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cumple con las disposiciones de la legislación vigente y los tratados internacionales ratificados por el país.	2	0,50	0,53	2	0,50	0,74	0,00	Ecosistema Institucional Social	Gobernanza
7. Monitoreo y Evaluación	2	0,50	0,67	2	0,00	0,78	-0,50		
<i>7.1. Monitoreo del manejo</i>	2	0,50	0,57	2	0,00	0,87	-0,50		
7.1.1. Existe un registro consolidado que incluye: volumen de producción y número de trozas por especie, por área de aprovechamiento anual y periodo de aprovechamiento, verificable con las respectivas guías de transporte y que concuerde con lo reportado en los informes de regencia.	2	0,50	0,67	2	0,00	0,96	-0,50	Institucional Ecosistema Social	Gobernanza-Productividad Estabilidad
7.1.3. Existe evidencia de que los tocones de los árboles cortados (X) están marcados con su respectivo número del censo, según la lista de árboles de corta y el mapa base de aprovechamiento.	2	0,50	0,53	2	0,50	0,74	0,00	Institucional Social	Gobernanza
7.1.4. En los registros de la AFE se mantienen disponibles los informes de regencia requeridos	2	0,50	0,57	2	0,00	0,91	-0,50	Institucional Social	Gobernanza
<i>7.4. Evaluación en el tiempo, del manejo forestal</i>	1	1,00	0,45	2	0,50	0,61	-0,50		

Principio	I Ronda			II Ronda			VAR(IRR)	Dimensión	Atributo
	Mediana*	RRI ₁	Categoría: Indispensable**	Mediana*	RRI ₂	Categoría: Indispensable**			
Indicator									
7.4.1. Existe un plan de monitoreo de la Unidad de Manejo que contempla aspectos de la condición del bosque después del aprovechamiento e impacto social de las operaciones.	1	1,00	0,47	2	0,50	0,52	-0,50	Ecosistema Social Institucional	Productividad Estabilidad Adaptabilidad

* La mediana está acotada para cada PCI, entre 0 y 2 (0 = no necesario, 1 = deseable y 2 = indispensable), ** Importancia relativa otorgada por los expertos solo para la categoría indispensable.

El resultado muestra que, en la segunda ronda, la dispersión es menor que en la primera ronda. La variación del RRI toma un signo negativo y, en algunos casos, disminuye al 100%. La importancia relativa otorgada por los expertos en la segunda ronda, solo para la categoría indispensable, es siempre superior a la primera ronda. Solo unos pocos PCI cambian la mediana entre rondas.

Los expertos coinciden en que, aunque los riesgos a los que se enfrenta una unidad de manejo son múltiples, gran parte de su influencia depende de las condiciones de las unidades de manejo. No hay duda de que el riesgo más importante para la sostenibilidad del bosque es la deforestación, expresada como cambio de uso del suelo, que en el caso de Costa Rica está prohibida. Los expertos señalan que otros factores de riesgo importantes para la sostenibilidad son las variaciones e inflexibilidades técnicas, legales y administrativas, así como las variaciones de procedimiento entre oficinas. A los riesgos se suma el alto costo de las labores de manejo, el bajo rendimiento productivo y la alta dependencia de los productores del financiamiento para realizar el manejo forestal. El cuadro 4 incluye un resumen de la importancia relativa del riesgo que los expertos otorgan a un conjunto restringido de atributos y los elementos consecuentes.

Cuadro 4. Importancia relativa que los expertos le atribuyen a diferentes atributos asociados a la posibilidad de que si se presentan colocan a una unidad de manejo

en una condición tal que podría considerarse que la sostenibilidad del bosque natural se pone en riesgo.

Atributo	Elemento	<i>Sí se considera riesgo (%)</i>
Productividad	Bajo rendimiento	78,30
	Baja calidad de productos	56,50
	Alto costo de las labores de Manejo Forestal	87,00
	Ausencia al Pago por Servicio Ambiental	13,00
Estabilidad	Pérdida de suelo o degradación	52,20
	Deforestación (cambio de uso)	95,70
	Contaminación de suelo y agua	65,20
	Daños producidos por pesticidas	17,40
	Inestabilidad de precios de productos	73,90
	Variaciones técnicas, legales y administrativas	87,00
Adaptabilidad	Alto precio de los insumos	30,40
	Alta dependencia de financiamiento externo	65,20
	Inflexibilidad técnica, legal y/o administrativa	95,70
Equidad	Migración de la población	0,00
	Diferencias sociales en la comunidad	17,40
	Pérdida del valor de la tierra con bosque	95,70
	Variación en el trámite entre oficinas del Estado	65,20
Gestión	Deterioro de la organización comunal	0,00
	Falta de organización de los productores	52,20
	Alto endeudamiento de los productores (dependencia de financiamiento)	69,60

4. Discusión

4.1. Dimensiones de la sostenibilidad en una evaluación

La sostenibilidad de los sistemas forestales tiene 3 dimensiones, (Müller, 1996): económica, social y ecosistémica. La posición contundente de los expertos costarricenses reafirma este aspecto cuando señala que para poder evaluar la sostenibilidad es necesario considerar las mismas 3 dimensiones. Esto reafirma que la sostenibilidad es un concepto derivado del concepto macro, “Desarrollo Sostenible, introducido por la Comisión de Ambiente y Desarrollo de Naciones

Unidades en el conocido informe “Nuestro Futuro Común” (WCED, 1987). En consecuencia, referirse a la “Sostenibilidad” es referirse al concepto de “Desarrollo”, (Menéndez, 2005). En este sentido Fricker, (1998) citando a Viederman, (1995) indica que “(...) *la sostenibilidad es una visión del futuro (...)*” y por tanto el desarrollo entonces involucra el concepto de desarrollo económico, progreso social y protección ambiental, que se traducen en las dimensiones que se involucran.

No obstante, según los resultados obtenidos, los mismos expertos nacionales introducen la dimensión *institucional* como una dimensión de la sostenibilidad por evaluar. Esto es nuevo, pero tiene sentido, pues el apoyo a esta decisión se puede entender sobre la base de que la sostenibilidad es un proceso que incluye las personas y las instituciones, (Munier, 2005 y Diaz-Balteiro; González-Pachón y Romero, 2017) lo que significa dimensiones sociales e institucionales al mismo tiempo, (Sepúlveda *et al.*, 2002). Los beneficios y los perjuicios de utilizar en el presente, el ecosistema, pero apuntando al futuro, se manifiestan de forma colectiva, (Ostrom, 2008 y Ostrom 2002). En otras palabras, las instituciones son factores clave que explican el desarrollo económico y la gestión del medio natural, tal y como ha demostrado la nueva economía institucional a lo largo de las últimas décadas, (Caballero-Miguez, 2011). La sostenibilidad también está condicionada por la gobernanza, (Padmanabhan and Beckmann 2009, Querol, 2005 y Caballero, 2015) y es desde este concepto que se justifica la inclusión de la dimensión institucional en una evaluación de sostenibilidad, como una discriminación positiva de un elemento social de relevancia.

El estudio de las instituciones relacionadas con el manejo forestal requiere de análisis del cambio institucional, marco político, normas legales, derechos de propiedad, mecanismos de gobernanza, participación de los usuarios y formulación de políticas (Caballero, 2015). El conjunto de PCI para la evaluación del MFS aborda varios de estos temas, como el marco político, las normas legales y la participación de los usuarios. Además, es importante resaltar que cuando la gobernanza limita los derechos de propiedad en estos ecosistemas, se promueve el beneficio del

propio ecosistema y de la sociedad en general. Sin embargo, relega los beneficios sociales y económicos del bosque, que se ven fuertemente afectados por las restricciones de uso. Esto afecta especialmente a los propietarios de bosques y las comunidades aledañas al bosque, ya que para ellos los beneficios sociales son escasos o invisibles. La repercusión más evidente es la falta de rentabilidad del MFS, (Navarro y Bermúdez, 2006). Un desequilibrio en las acciones que permiten la sostenibilidad económica y social puede resultar en una frágil sostenibilidad, ya que a largo plazo el recurso que no genera beneficios no es realmente sostenible. Desde esta perspectiva, Gibson, Mc Kean y Ostrom, (2000) señalan que diversas disciplinas tienden a coincidir en que los usuarios de recursos naturales de pequeño tamaño son potencialmente capaces de auto organizarse para gestionar estos recursos de forma eficaz. En este caso, el manejo de los bosques podría enfocarse en el enfoque de paisaje y no en la propiedad individual, por lo que el MFS tiene más oportunidades de ser sostenible desde la perspectiva social y económica, pero el marco institucional debe permitirlo con anticipación, brindando los cambios reglamentarios y de procedimiento necesarios.

Por otra parte, el peso o importancia relativa de las dimensiones de la sostenibilidad dentro de una evaluación no es un tema que comúnmente los investigadores aborden, pues más bien la importancia de estos se ha dado al nivel de indicadores, dado que es posible que no todas las variables que caracterizan un sistema sostenible tengan la misma importancia, (Morán, Campos y Louman, 2006); es por ello que no resulta extraño que los expertos concluyan que el peso de cada dimensión, en un evaluación, es equitativa, es decir que una no se considera más importante que otra. El verdadero peso de cada dimensión será evidente cuando se concrete la cuantificación de los diferentes indicadores y será un tema de abordaje para próximos resultados relacionados con este que aquí se presenta.

4.2. Atributos de la sostenibilidad en una evaluación

En el presente estudio se han identificado como atributos relevantes la *productividad, estabilidad, adaptabilidad, equidad y gestión*. Éstos concuerdan con los atributos más utilizados en la construcción de los PCI's a nivel mundial. Autores como Conway, 1994; Smyth y Dumanski, 1993; Mitchel *et al.*, 1995; ICSA, 1996; Kessler, 1997; Masera *et al.*, 1999; Capillon y Genevieve, 2000; López-Ridaura *et al.*, 2005; Astier *et al.* 2008; Nahed, 2008; García *et al.*, 2009; Aguilar-Jiménez, Tolón Becerra y Lastrea-Bravo, 2011; y Llovet *et al.*, 2016 han utilizado una lista de hasta 30 atributos diferentes para definir la sostenibilidad, dentro de los cuáles se ha identificado que los 5 atributos elegidos por los expertos costarricenses concuerdan con los mismos 5 más utilizados a nivel mundial. Los resultados de la importancia relativa que el grupo de expertos le da a cada atributo serán útiles a la hora de cuantificar los indicadores en campo, como lo señalan Mendoza *et al.* (1999), Louman *et al.* (2005) y Morán *et al.* (2006). Esto podría permitir determinar la importancia de cada indicador antes de plantearse modificarlos o eliminarlos de la lista final de indicadores a utilizar en campo, (Salas-Garita y Soliño 2019).

Su identificación y definición han sido útiles en evaluaciones que se han realizado en México y otros países con el sistema de evaluación MESMIS, el cual fue diseñado para evaluar la sustentabilidad en sistemas agrícolas y que se ha mantenido en uso por más de 20 años, (López-Ridaura *et al.*, 2005). Su identificación permite, al mismo tiempo, la validación parcial de los PCI considerados en este estudio, ya que permite comparar la correspondencia entre los PCI y los atributos definidos, en relación con los PCI finalmente elegidos como indispensables para la evaluación.

4.3. Conjunto de referencia de Principios, Criterios e Indicadores para la evaluación

Utilizar indicadores para determinar la sostenibilidad ya no es una herramienta tan nueva, (Gutiérrez-Fernández, Cloquell-Ballester y Cloquell-Ballester, 2012) pues

desde hace ya casi 30 años se utilizan los sistemas jerárquicos basado en propuestas de Principios, Criterios e Indicadores.

Costa Rica inició la definición de sus primeros Principios Criterios e Indicadores de Sostenibilidad dentro del proceso de Lepaterique en América Central hacia el año 1997 (Castañeda, 2000); no obstante, más adelante continuó su proceso separado y oficialmente publicó sus primeros Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad nacionales en el año 1998, producto de la discusión del sector forestal público y privado.

Con esta normativa, Costa Rica impuso tal rigor técnico y legal para el MFS que desanimó a los propietarios de bosques, (Morán et al., 2006). Si bien se ha tenido conciencia sobre el desarrollo y revisión de los PCI para Costa Rica, su formulación y utilización se ha orientado a las etapas de planificación del manejo forestal aplicado en los bosques naturales del país.

Con el presente estudio se contribuye a crear un sistema similar, pero de utilidad en términos de evaluación. Morán *et al.* (2006) han señalado en el pasado que estos sistemas de estructura jerárquica son útiles en la evaluación de la sostenibilidad, donde los métodos Delphi para el abordaje de expertos se cuentan entre los utilizados.

Los resultados obtenidos en el presente estudio confirman no solo que la estructura jerárquica será de utilidad para el conjunto referencial de PCI propuestos en el Cuadro 3, sino que la gran cantidad de indicadores elegidos representa la variabilidad y la complejidad característica del bosque natural tropical. No obstante, la propia formulación de los PCI no es suficiente, la validación del conjunto de referencia resultante hasta el momento es de gran necesidad con el fin de confirmar, eliminar o modificar uno o varios de los indicadores propuestas hasta esta etapa del estudio (Maesa *et al.*, 2011; Lähtinen, *et al.*, 2014).

Tal como lo señala Barrantes, (2006), la construcción de un conjunto de indicadores de referencia para sostenibilidad incluye seleccionar el fenómeno que se va a evaluar, recopilar información que se relacione con él, definir las variables que son de utilidad en análisis e interpretación de ese fenómeno. En este sentido, este conjunto de referencia obtenido, al nivel de indicadores puede dar cuenta, por ejemplo, de cantidades, proporciones, tasas o índices, o simplemente cumplimiento o no de una característica determinada. Estos indicadores son cuantitativos, aunque también se recopilan indicadores de orden cualitativo. Es importante aclarar que los indicadores no pretenden limitarse a aspectos de productividad o resultado, como tradicionalmente se ha pensado, sino que además están orientados a dar cuenta de la resiliencia, la estabilidad y la equidad, (IICA 1996). A nivel mundial, el conjunto de referencia más utilizado es el de PCI, que han sido de utilidad para monitorear, reportar y evaluar la sostenibilidad del manejo forestal, entre otros muchos campos, (Lammerts van Bueren y Blom; 1997 y Morán *et al.*, 2006). Y en este proceso se confirma que para Costa Rica con la experiencia generada en MFS, este sistema de conjunto jerárquico de PCI sigue siendo predominante para evaluar su sostenibilidad.

La participación de un panel de expertos en el proceso de generación de PCI a través del método Delphi representa una gran ventaja frente a otras técnicas, como talleres y mesas de discusión, donde el efecto líder en la toma de decisiones es más fuerte.

La variación de la mediana es menor entre rondas, esto confirma la homogeneidad del panel de expertos. Además, en la segunda ronda, la dispersión de las respuestas -VAR (RRI) - se ha reducido considerablemente. Como señala Soliño (2003), este resultado se produce por el uso de retroalimentación controlada, esto también indica que se alcanzó el consenso y la estabilidad de las respuestas, por lo que en la segunda ronda se da por terminado el proceso iterativo del método Delphi, logrando también lo sugerido por Soliño, (2003) al establecer consensos cuando el VAR (RRI) $<0,70$.

El uso del método Delphi permitió seleccionar y validar, a partir de una gran variedad de PCI, el conjunto de indicadores de sostenibilidad que se deberían utilizar en una evaluación de sostenibilidad del bosque natural manejado. Los expertos lograron definir este conjunto en rondas sucesivas y anónimas destinadas a alcanzar el consenso entre los participantes, de la forma más autónoma posible. Esto permitió evitar el efecto “líder”; además, el abordaje en rondas trató de disminuir el espacio intercuartil precisando la mediana en cuando a la decisión que se toma tal como lo ha sugerido Astigarraga, (2003).

Aunque se confirma un conjunto de PCI como referencia para evaluar la sostenibilidad, es importante reconocer posibles cambios en el futuro. La importancia relativa de un factor específico no es constante. Puede diferir de un momento a otro. Podría deberse a las diferencias en las actitudes sociales o al surgimiento de una nueva metodología o tecnología que pueda ayudar a actualizar los indicadores actuales.

También es importante señalar que cuando se utilizan estas técnicas, es necesario estar completamente abierto a considerar que, los diferentes marcos regulatorios a nivel mundial y regional, cambian con el tiempo y se adaptan y es por eso que los tomadores de decisiones deben revisar periódicamente los conjuntos de PCI de referencia para adecuarlos a las particularidades de un país, una región o un continente, de acuerdo con los cambios sociales, económicos, ecosistémicos e institucionales de los tiempos y estos cambios deben ocurrir de manera oportuna para ser consistentes con los avances de la dimensiones involucradas.

5. Conclusiones

La confirmación de que una evaluación de sostenibilidad del bosque natural manejado deba realizarse utilizando la dimensión económica, social y ecosistémica, agregando la dimensión institucional como una forma de discriminación positiva del componente social de gobernanza, da seguridad de la integralidad que debe tener

una evaluación del grado de sostenibilidad que puede alcanzar una unidad de bosque natural manejado.

La generación de los atributos de sostenibilidad permite delimitar el tipo y amplitud de los indicadores a utilizar en una evaluación de sostenibilidad. Asimismo, el hecho de que los atributos de sostenibilidad resultantes de este estudio correspondan a los 5 atributos más utilizados en esquemas de PCI desarrollados a nivel mundial, da certeza de que el conjunto de indicadores generados incluye los elementos esenciales en una evaluación de este tipo.

El uso de conjuntos de referencia de PCI da certeza de que los elementos de sostenibilidad a evaluar se corresponden en diferentes niveles con los aspectos mínimos esenciales que deben utilizarse para tal fin. La abundancia de indicadores lleva a la conclusión de que los elementos a verificar son numerosos. Por otro lado, los desafíos en el uso de indicadores se deben a la naturaleza compleja de los conceptos de “sostenibilidad” y “desarrollo sostenible”. Esta abundancia de elementos puede resultar en altos costos de inversión para llevar a cabo las evaluaciones, más costos adicionales de las actividades de manejo en caso de que las evaluaciones para demostrar la sostenibilidad se vuelvan obligatorias. Desde esta perspectiva, el conjunto de PCI que aquí se propone debe considerarse deseable, aunque no se utilicen todos los indicadores para realizar la evaluación. En consecuencia, se sugiere que, a partir del conjunto de referencias propuesto, se realice una nueva evaluación de los indicadores en función de su cuantificación, con el objetivo de desarrollar un filtro para determinar el número mínimo de indicadores esenciales para realizar la evaluación de la sostenibilidad de un bosque natural manejado. Se pueden generar modelos econométricos para predecir la sostenibilidad de una unidad forestal natural gestionada, basándose en algunos atributos considerados elementos críticos de la sostenibilidad; sin embargo, su utilidad no puede generalizarse; más bien, se circunscribe a las condiciones de manejo que permanecen inalteradas en un período de tiempo dado, de acuerdo con

las tradiciones y estándares de acción relacionados con el manejo forestal de una región en particular.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por el financiamiento del proyecto “***Diseño de una metodología para evaluar el manejo sostenible de los bosques***”.

Al panel de experto que participó de forma motivada y de manera desinteresada para la generación base de este estudio, entre ellos funcionarios estatales, de ONG´s académicos, profesionales independientes y dueños de bosque.

6. Referencias

1. Abarca-Valverde, P.; Meza-Picado, V.; Méndez- Gamboa, J. (2020) Evaluación de tratamientos silviculturales en la sostenibilidad de bosques tropicales en la Región Huetar Norte, Costa Rica. *Revista Forestal de Ciencias Ambientales*. 54(1): 140-166.
2. Aguilar-Jiménez, C. E., Tolón-Becerra, A., & Lastra-Bravo, X. (2011). Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Universidad Nacional de Cuyo, 43(1), 155-174.
3. Astier, M.; Masera, O. & Galván-Miyoshi, Y. (2008). Evaluación de sustentabilidad. Un enfoque dinámico y multidisciplinario. SEA, CIGA, ECOSUR, CIECO, UNAM, GIRA, Mundiprensa, Fundación Instituto de Agricultura Ecológica y Sustentable, España. Primera edición. Valencia, España, p. 210.
4. Astigarraga, E. (2003). El método Delphi. San Sebastián, Spain: Universidad de Deusto, p. 14.
5. Ávila-Akerberg, A.; Aranda-Cardoso, E.; Hernández-González, K. (2016) La gobernanza forestal y los objetivos de biodiversidad, cambio climático y desarrollo sustentable en México. México, pp. 82.

6. Barrantes, G. (2006). Identificación y uso de variables e indicadores. Conceptos básicos y ejemplos. Recuperado de <http://www.ips.or.cr/Publicaciones/Indicadores%20para%20el%20Desarrollo%20Sostenible.pdf>, p 7.
7. Blumroeder, J. S., Hobson, P. R., Graebener, U. F., Krueger, J. A., Dobrynin, D., Burova, N., ... & Ibisch, P. L. (2018). Towards the evaluation of the ecological effectiveness of the principles, criteria and indicators (PCI) of the forest stewardship council (FSC): Case study in the Arkhangelsk region in the Russian federation. *Challenges in Sustainability*, 6(1), 20-51.
8. Caballero, G. (2015). Community-based forest management institutions in the Galician communal forests: A new institutional approach. *Forest Policy and Economics*, 50, 347-356.
9. Caballero-Miguez, G. (2011). Economía de las instituciones: de Coase y North a Williamson y Ostrom. *EKONOMIAZ. Revista Vasca de Economía*, 77 (02), 14-51.
10. Campos, J. J; De Camino, R. (2009) Políticas e institucionalidad necesarias para la gestión sostenible de los recursos naturales en América Latina. FAO, pp. 32.
11. Capillon, A. & Genevieve, D. (2000) 'Framework for diagnosis of the sustainability of agriculture, from the plot up to the regional level', in W. Doppler and J. Calatrava (eds.), *Technical and Social Systems Approaches for Sustainable Rural Development*, Germany, Margraf Verlag, pp. 124–128.
12. Castañeda, F. (2000). Criterios e indicadores de la ordenación forestal sostenible: procesos internacionales, situación actual y perspectivas. *Unasyva* No. 203. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales* 51(4) Recuperado de: http://www.fao.org/docrep/x8080s/x8080s06.htm#P0_0
13. Chavarría I. (2014) Evaluación de los recursos forestales mundiales 2015, Informe nacional Costa Rica. FAO, p 113.
14. Conway, G.R. (1994) 'Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability, and equitability', *Journal for Farming Systems Research-Extensions* 4 (2), 1–14.

15. Cubbage, F., Diaz, D., Yapura, P., & Dube, F. (2010). Impacts of forest management certification in Argentina and Chile. *Forest Policy and Economics*, 12, 497-504.
16. Dalkey N & Helmer O. (1963). An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Manag Sci* 9(3):458–467.
17. Diaz-Balteiro, L., González-Pachón, J., & Romero, C. (2017). Measuring systems sustainability with multi-criteria methods: A critical review. *European Journal of Operational Research*, 258(2), 607-616.
18. Failing, L. & Gregory, R. (2003). Ten common mistakes in designing biodiversity indicators for forest policy. *Journal of Environmental Management* 68, 121–132, doi: 10.1016/S0301-4797(03)00014-8.
19. Fricker, A. (1998). Measuring up to sustainability. *Futures*, 30(4), 367-375.
20. García, G.P., Mesías-Díaz, F. J., Escribano-Sánchez, M., & Pulido-García, F. (2009). Evaluación de la sostenibilidad en explotaciones de dehesa en función de su tamaño y orientación ganadera. *ITEA*. Vol 105(2) 117.141.
21. Gibson, C.C., McKean, A.M., Ostrom, E. (2000). *People and Forests: Communities, Institutions and Governance*. The MIT Press, p 251.
22. Günter, S., Louman, B., & Oyarzún, V. (2012). Criterios e indicadores para mejorar la capacidad de monitoreo de los bosques y promover el manejo forestal sostenible: intercambio de ideas para los procesos de Montreal y América Latina. Turrialba, Costa Rica, CATIE. Boletín técnico, 54, p. 64.
23. Gutiérrez-Fernández, F., Cloquell-Ballest, V. A., & Cloquell-Ballester, V. (2012). Propuesta De Un Sistema De Indicadores De Sostenibilidad Para Áreas Naturales Con Uso Turístico, Validado Mediante Consulta a Terceros. *Revista Turismo y Sociedad*. 13. 55-83.
24. Hickey, G. (2008). Evaluating sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(2), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.011>
25. Holvoet, B. & Muys, B. (2004). Sustainable forest management worldwide: A comparative assessment of standards. *International Forestry Review*, 6 (2), 99-122. DOI: 10.1505/ifor.6.2.99.38388.

26. ICSA (Interamerican Council for Sustainable Agriculture). (1996) Seeds for the Future. Sustainable Agriculture and Natural Resources in the Americas, Mexico, Interamerican Council for Sustainable Agriculture.
27. IICA. (1996) Diseño de Indicadores de Sostenibilidad para América Latina y el Caribe. COMUNIICA, 1 (3), pp. 13.
28. Kessler, J.J. (1997) Strategic environmental analysis (SEAN). A Framework for Planning and Integration of Environmental Care in Development Policies and Interventions. AID Environment, Advice and research in for Development and Environment. The Netherlands.
29. Kimmins, J. (2003). Old growth forest. An ancient and stable sylvan equilibrium, or a relatively transitory ecosystem condition that offers people a visual and emotional feast? Answer-it depends. *Forestry Chronicle* 79(3):429-440.
30. Landeta, J. (1999) El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre. Editorial Ariel, 223 pp.
31. Lähtinen, K., Myllyviita, T., Leskinen, P., & Pitkänen, S. K. (2014). A systematic literature review on indicators to assess local sustainability of forest energy production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 1202-1216. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.060>.
32. Lammerts van Bueren, E. & Blom, E.M. (1997) Hierarchical Framework for the formulation of sustainable forest management standards. Principles criteria indicators. Wageningen, NL, The Tropenbos Foundation, p. 82.
33. Leyes y Decretos. (1996). Asamblea Legislativa. Ley Forestal No 7575. Costa Rica.
34. Leyes y Decretos. (2008). Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos. Costa Rica.
35. Llovet, E. A. J.; Hechavarría, M. & Arias, C. (2016). Evaluación de la sostenibilidad del sistema productivo agrícola de la Cooperativa de Crédito y servicio (CCSF) U. G. Valera del municipio Bayamo. *Revista Granma Ciencia*. 20(2), p. 9.

36. López-Ridaura, S., Van Keulen, H., Van Ittersum, M. & Leffelaar, P. A. (2005). Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environment, development and sustainability*, 7(1), 51-69.
37. Louman, B; Garay, M; Yalle, S; Campos, JJ; Locatelli, B; Villalobos, R; López, G; Carrera, F. (2005). Efectos del pago por servicios ambientales y la certificación forestal en el desempeño ambiental y socioeconómico del manejo de bosques naturales en Costa Rica. Serie técnica. Informe técnico. No. 338. Colección Manejo Diversificado de Bosques Naturales. Publicación No. 30. Turrialba, CR, CATIE, pp.31.
38. Maesa, W., Fontaine, M., Rongé, K., Hermy, M., & Muys, B. (2011). A quantitative indicator framework for stand level evaluation and monitoring of environmentally sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 11, 468-479.
39. Maser, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (2000). El marco de evaluación MESMIS. *Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural*. Omar M. y S. López-Ridaura (eds.). GIRA AC/Mundi-Prensa/PUMA, México, 14-44.
40. Mendoza, GA; Macoun, P; Prabhu, R; Sukadri, D; Purnomo, H; Hartanto, H. & Mendoza, G.A. (1999). Guidelines for Applying Multi-criteria Analysis to the Assessment of Criteria and Indicators. Bogor, ID, CIFOR. Criteria and indicators Toolbox series 9, pp. 85.
41. Menéndez, A. (2005). Sostenibilidad y gobernanza. *Arbor*, 181(715), 317-331.
42. Mitchell, G., May, A. & McDonald, A. (1995) 'PICABUE: A methodological framework for the development of indicators of sustainable development', *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 2, 104–123.
43. Morán, M., Campos, J.J. & Louman, B. (2006) *Uso de Principios, Criterios e Indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el*

- manejo de los recursos naturales. Serie técnica. Informe técnico/CATIE; No. 347. Turrialba, C.R. p. 27.
44. Müller, S. (1996). ¿Cómo medir la sostenibilidad? Una propuesta para el área de la agricultura y de los recursos naturales. San José, CR, IICA, BMZ/GTZ, pp. 55.
 45. Munier, N. (2005) Introduction to sustainability. Road to a better future. Springer, Dordrecht. Netherlands, pp.452.
 46. Nahed, T. J. (2008). Aspectos metodológicos en la evaluación de la sostenibilidad de sistemas agrosilvopastoriles. Rev. Avances Invest. Agropec, 12(3), 3-19.
 47. Navarro G.; Bermúdez G. (2006) Análisis económico del impacto de las restricciones técnicas y legales sobre la rentabilidad del manejo bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. SINAC-FAO-TCP/COS/3003, pp. 51.
 48. Navrud, S., & Strand, J. (2016). Valuing Global Ecosystem Services: What Do European Experts Say? Applying the Delphi Method to Contingent Valuation of the Amazon Rainforest. Environmental and Resource Economics, 1-21. DOI: 10.1007/s10640-017-0119-6.
 49. Ostrom, E. (2008). Institutions and the Environment. Economic affairs, 28(3), 24-31.
 50. Ostrom, E., Dietz, T. E., Dolšák, N. E., Stern, P. C., Stonich, S. E., & Weber, E. U. (2002). The drama of the commons. National Academy Press. p 238.
 51. Padmanabhan, M., Beckmann V. (2009) Institutions and Sustainability: Introduction and Overview. In: Beckmann V., Padmanabhan M. (eds) Institutions and Sustainability. Springer, Dordrecht, pp.1-24.
 52. Querol, C. (2005) Gobernanza para un desarrollo sostenible en Cataluña; Conceptos, requerimientos institucionales y elementos de análisis", <http://webs.uvigo.es/dialogos/biblioteca/cataluna.pdf>.
 53. Quesada, R. (2006). Editorial: Bosques naturales en Costa Rica y su Manejo. Revista Forestal Mesoamericana Kurú 9, 1-2.

54. Sackman, H (1975) Delphi critique: expert opinion. *Forecasting and group process*. D.C. Heath, Lexington, pp.142.
55. Salas-Garita, C., & Soliño, M. (2019). Estimating the Sustainability of Managed Natural Forests in Costa Rica—A Hybrid Delphi & Choice Experiment Approach. *Forests*, 10(10), 832.
56. Santopuoli, G.; Ferranti, F.; Marchetti, M. (2016) Implementing Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management in a Decentralized Setting: Italy as a Case Study. *J. Environ. Policy Plan.* 2016, 18, 177–196.
57. Sepúlveda S, Chavarría H, Castro A, Rojas P, Picado E. & Bolaños D. (2002). Metodología para estimar el nivel de desarrollo sostenible en espacios territoriales, IICA, p. 11.
58. Serrano-Dávila, M.; Campos, J.; Villalobos, R., Galloway, G and Herrera, B. (2008) Evaluación y planificación del manejo forestal sostenible a escala de paisaje en Hojanca. Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 363. Turrialba, Costa Rica, p. 2.
59. SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2016). SINAC en números: informe anual de estadísticas SEMEC 2015. Comps. B Pavlotzky, G. Rojas. San José, CR, pp. 101.
60. Smyth, A.J. & Dumanski, J. (1993) FESLM: An International Framework for Evaluating Sustainable Land Management, World Soil Resources Report No. 73, Rome, FAO, p 85.
61. Soliño, M. (2003). Nuevas políticas silvo-ambientales en espacios rurales de la Red Natura 2000: una aplicación a la región atlántica de la Península Ibérica. *Forest Systems*, 12(3), 57-72.
62. Stupak, I., Lattimore, B., Titus, B., & Smith, C. (2011). Criteria and indicators for sustainable forest fuel production and harvesting: A review of current standards for sustainable forest management. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3287-3308.
63. Van Cauwenbergh, N., Biala, K., Biolders, C., Brouckaert, V., Franchois, L., Garcia Ciudad, V., Hermy, M., Mathijs, E., Muys, B., Reijnders, J., Sauvenier, X., Valckx, J., Vanclooster, M., Van der Veken, S., Wauters, E. & Peeters, A. (2007).

SAFE—a hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120, 229–242, doi:10.1016/j.agee.2006.09.006.

64. Van Gossum, P., Arts, B., De Wulf, R. & Verheyen, K. (2011). An institutional evaluation of sustainable forest management in Flanders. *Land use Policy*, 28, 110-123.
65. Viederman, S. (1995) Knowledge for sustainable development: What do we need to know? *A Sustainable World: Defining and Measuring Sustainability*, ed. T. Trzyna. IUCN, Sacramento, pp. 37.
66. WCED. World Commission on Environment and Development. (1987) *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press (edición en castellano: *Nuestro futuro común*, Madrid, Alianza Editorial).

Anexo A. Principios, Criterios e Indicadores elegidos para el trabajo del panel experto.

Principio
<i>Criterio</i>
Indicador
1 Sobre seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal
<i>1.1. Seguimiento espacial</i>
1.1.1. La AFE lleva un registro geográfico de las unidades de manejo forestal
1.1.2. Durante el ciclo de corta las áreas boscosas mantienen sus características de extensión, forma perimetral y localización de acuerdo con lo establecido en el registro geográfico de las unidades de manejo forestal
1.1.3. La ubicación y las colindancias del área de bosque están claramente definidas en el terreno y concuerdan con la documentación catastral del o los inmuebles
<i>1.2. Tenencia clara</i>
1.2.1. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un título de propiedad, o contrato de arrendamiento legalmente inscrito, o derecho de posesión legalmente reconocido
1.2.2. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un plano debidamente catastrado
1.2.3. La unidad de manejo forestal no presenta conflictos de tenencia
<i>1.3. Seguimiento en el tiempo</i>
1.3.1. La AFE lleva un registro documental del historial de la unidad de manejo de bosque, asociado al registro geográfico, que permite verificar en cualquier momento la cronología y el tipo de actividades realizadas y por ejecutar
1.3.2. La información contenida en el registro documental de la unidad, sobre planes de manejo y otra información relevante, cuenta con la aprobación de la AFE

Principio
<i>Criterio</i>
Indicador
1.3.3. Los planes de manejo y sus respectivos cronogramas de actividades aprobados son respetados en el tiempo, tanto por el interesado como por la AFE, para garantizar la seguridad jurídica del manejo del bosque
1.3.4. El plan de manejo aprobado cumple con lo establecido en el Código de Prácticas
1.3.5. Existe un registro de todas las actividades realizadas durante la ejecución del aprovechamiento
1.3.6. La ejecución del aprovechamiento respeta los elementos aprobados por la AFE dentro de Plan de Manejo y sus modificaciones
2. Sobre el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo
<i>2.1. Manejo por tipo de bosque</i>
2.1.1. La unidad de manejo es ubicada en el contexto del paisaje forestal circundante, lo cual permite vincularla con los tipos de bosque presentes en la zona y, relacionarla con el estado de otras masas de bosques del mismo tipo.
2.1.2. La prescripción de manejo es consistente con las limitaciones y capacidades productivas del tipo de bosque presente en la unidad de manejo forestal
<i>2.2. Mantenimiento de la condición disetánea del bosque natural</i>
2.2.1. El bosque mantiene un área basal por hectárea superior o igual al valor de referencia por tipo de bosque para las especies comerciales y no comerciales en el área efectiva de manejo
2.2.2. La abundancia de los individuos del gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras se mantiene en una proporción inferior o igual al valor de referencia
<i>2.3. Simulación de la dinámica del bosque</i>
2.3.1. El área de bosque impactada por el aprovechamiento forestal está distribuida uniformemente y no es mayor al 15% del área total productiva
2.3.2. El área basal cosechada y dañada por el aprovechamiento forestal no supera el 20% del área basal de todos los individuos con DAP mayor o igual a 30 cm. cuando no se cuenta con registros del historial de la unidad de manejo que justifiquen una intervención superior; y de hasta un 30% cuando se pueda justificar con base en los registros de la unidad de manejo
2.3.3. En presencia de tratamientos silviculturales, el área basal reducida solo podrá exceder un 10% adicional del área basal de todos los individuos con DAP mayor o igual a 30 cm
3. Sobre la función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades humanas que puedan afectar la integridad del bosque
<i>3.1. Protección de la calidad del agua</i>
3.1.1. La infraestructura establecida para el manejo forestal no presenta signos de que altere la calidad del agua en el sitio
3.1.2. Las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos (Artículo 33 Ley Forestal 7575) ubicados dentro del área de bosque no presentan signos de estancamiento, u obstrucción causados por las acciones directas del manejo forestal
3.1.3. No hay evidencias de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de las actividades de manejo
<i>3.2. Protección del suelo</i>
3.2.1. Los caminos primarios y patios de acopio tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y la sedimentación excesiva en las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos
3.2.2. Los caminos primarios y los patios de acopio están ubicados técnicamente y no abarcan un área mayor a un 2% del área efectiva de manejo
3.2.3. Al concluir el aprovechamiento, los caminos primarios públicos quedan habilitados para su uso y en un estado igual o mejor al de la condición de inicio del aprovechamiento inmediatamente después.

Principio
<i>Criterio</i>
Indicador
3.3. Protección del bosque contra alteraciones que lo pongan en riesgo
3.3.1. No hay eliminación del sotobosque (socola) o quemas intencionales dirigidas al cambio de uso. Asimismo, dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola, actividades de pastoreo, u otras actividades que pongan en peligro la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.
3.3.2. En zonas de alta y mediana incidencia de riesgo de incendios forestales, según la clasificación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se establecen medidas preventivas (rondas cortafuegos) para el control de incendios forestales que promuevan la permanencia en el tiempo de los bosques manejados
3.3.3. 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, basándose en información de parcelas permanentes o en información secundaria verificable
3.3.4. 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
4. Derechos de los Trabajadores y Relaciones Comunes
4.1. Salud y seguridad de los trabajadores
4.1.1. Hay evidencias de que los trabajadores contaron con el equipo mínimo de seguridad laboral, la capacitación y la supervisión requeridos para disminuir los riesgos en salud ocupacional
4.1.2. Hay evidencia que demuestra el cumplimiento de la normativa legal vigente y los tratados internacionales aprobados por la Asamblea Legislativa, en materia de salud y seguridad para los trabajadores, en lo que se refiere a higiene, condiciones laborales, seguros y riesgos profesionales.
4.1.3. Hay evidencias de que la mano de obra extranjera, estuvo debidamente autorizada para trabajar en el país y cuenta con las mismas condiciones y garantías que los trabajadores nacionales
4.2. Beneficios para las comunidades
4.2.1. En el plan de manejo se identifican y protegen los bienes comunales de vital importancia, como caminos, nacientes de agua y tomas de agua para abastecimiento de acueductos, áreas de protección de ríos y quebradas; así como, áreas de recarga acuífera y sitios de importancia histórica, cultural o ecológica, cuando estas estén oficialmente establecidas
4.2.2. Se demuestra que la población local tiene oportunidades de trabajar en las operaciones de manejo forestal
4.3. Comunicación con la comunidad
4.3.1. Cuando los bienes comunales de vital importancia se vean afectados por el manejo forestal, se establecen los mecanismos de comunicación adecuados entre los representantes de la comunidad y los responsables del manejo forestal
4.3.2. Se aplican los mecanismos jurídicos de derecho administrativo constitucional y común o de acuerdo voluntario entre las partes para la resolución de conflictos entre los responsables del manejo y la comunidad cuando corresponde.
5. Derechos de las Comunidades Indígenas
5.1. Respeto por la propiedad indígena
5.1.1. El manejo forestal no amenaza ni limita, directa o indirectamente, el uso de los recursos y los derechos de propiedad de las comunidades indígenas
5.2. Manejo Forestal consultado
5.2.1. El plan de manejo cuenta con el visto bueno del representante legal de la Asociación de Desarrollo Integral según acuerdo de la JD correspondiente.

Principio
<i>Criterio</i>
Indicador
5.2.2. Los informes de regencia de ejecución del plan de manejo están avalados y firmados, además del propietario, por el representante legal de la Asociación de Desarrollo Integral
5.3. Respecto por los sitios en relación con sus costumbres
5.3.1. En el plan de manejo se identifican claramente los sitios especiales de interés para las comunidades indígenas y se ubican en el mapa base
5.3.2. En el plan de manejo se definen acciones para proteger los sitios de especial significado para las comunidades indígenas
5.3.3. Las actividades de aprovechamiento forestal no causan daños a los sitios especiales identificados en el plan de manejo
5.3.4. En el plan de manejo se respetan o se protegen árboles y otras especies vegetales de especial interés para los indignas
6. Beneficios del Bosque
6.1. Manejo forestal y rentabilidad
6.1.1. En el plan de manejo se identifican los bienes y los servicios del bosque de interés económico para el propietario
6.1.2. En el plan de manejo se describen las directrices aplicables para el uso y el procesamiento óptimo de los productos forestales identificados de interés económico para el propietario.
6.1.3. Se minimizan los residuos maderables asociados con las operaciones de aprovechamiento y de transformación "in situ".
6.2. Viabilidad financiera
6.2.1. En el plan de manejo se demuestra que los ingresos por los bienes y los servicios del aprovechamiento serán mayores que los costos en lo que incurre el propietario.
6.2.2. Existe un análisis financiero que demuestra la viabilidad del manejo forestal para un plazo igual a un ciclo de corta.
6.3. Diversidad en la producción
6.3.1. Existe un plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque que el propietario desee aprovechar cuando corresponda.
6.3.2. El plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cumple con las disposiciones de la legislación vigente y los tratados internacionales ratificados por el país.
6.3.3. En los casos que corresponda, se demuestra que el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cuenta con los permisos y la supervisión profesional requeridos por la legislación vigente.
7. Monitoreo y Evaluación
7.1. Monitoreo del manejo
7.1.1. Existe un registro consolidado que incluye: volumen de producción y número de trozas por especie, por área de aprovechamiento anual y periodo de aprovechamiento, verificable con las respectivas guías de transporte y que concuerde con lo reportado en los informes de regencia.
7.1.2. En caso de aprovecharse productos no maderables, existen los registros de la producción.
7.1.3. Existe evidencia de que los tocones de los árboles cortados (X) están marcados con su respectivo número del censo, según la lista de árboles de corta y el mapa base de aprovechamiento.
7.1.4. En los registros de la AFE se mantienen disponibles los informes de regencia requeridos
7.2. Ajustes en el tiempo
7.2.1. Los informes de regencia incluyen información sobre los efectos del manejo en los caminos vecinales, nacientes y corrientes de agua de uso comunitario y sitios de importancia histórica y cultural cuando corresponde.

Principio
Criterio
Indicador
7.2.2. Existen registros de los casos, causas y resoluciones de los conflictos con las comunidades, ocasionados por el manejo forestal, cuando estos se presentan.
7.2.3. En los informes de regencia existen registros sobre la mano de obra local empleada.
<i>7.3. Evaluación del impacto del aprovechamiento</i>
7.3.1. Se hacen los ajustes necesarios al plan de manejo con base en los resultados de las evaluaciones periódicas.
<i>7.4. Evaluación en el tiempo, del manejo forestal</i>
7.4.1. Existe un plan de monitoreo de la Unidad de Manejo que contempla aspectos de la condición del bosque después del aprovechamiento e impacto social de las operaciones.

El presente capítulo fue publicado como artículo científico, disponible en la siguiente referencia:

Salas-Garita, C., & Soliño, M. (2021). Set of reference indicators for the evaluation of sustainable management of natural forests in Costa Rica: The relevance of the institutional dimension. *Ecological Indicators*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106979>

Capítulo 2

Cuantificación de los indicadores sociales, económicos y ecosistémicos que permiten evaluar la sostenibilidad

Cuantificación de los indicadores sociales, económicos y ecosistémicos que permiten evaluar la sostenibilidad

Resumen

En Costa Rica se ha regulado el manejo forestal de los bosques naturales de manera rigurosa utilizando un esquema jerárquico de Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (PCI's). Estos sistemas son complejos y tradicionalmente se han utilizado en evaluación *ex-ante* del manejo forestal, pero no se han utilizado en la evaluación *ex-post* de los bosques manejados. Crear sistemas de evaluación que permitan evaluar la sostenibilidad con pocos criterios es muy deseable, pero de relevancia es contar con sistemas validados. En el presente estudio se procedió a cuantificar y validar un esquema jerárquico de indicadores para utilizar en evaluación *ex post*. El primer paso fue la cuantificación de 30 indicadores de sostenibilidad definidos en estudios previos como posibles de utilizar en evaluación de este tipo. Luego, cada indicador se sometió a validación utilizando 3 criterios: accesibilidad a la información, costo de acceso y pertinencia del indicador en relación con la unidad de manejo. A partir de la cuantificación de los indicadores se logró validar un total de 25 indicadores. Los indicadores validados representan las dimensiones ecosistémica, social, institucional y económica sobre las que se fundamenta la sostenibilidad. Se definió; además, línea base de ecosistema para las variables área basal arriba de 30 cm de diámetro y proporción de especies heliófitas efímeras arriba de 10 cm de diámetro, esta línea base se construyó por tipos de bosque según los valores de referencia mínima y máxima que establecen la normativa costarricense.

Palabras clave: Parcelas permanentes de muestreo, evaluación, *ex post*.

Abstract

In Costa Rica, natural forest management has been regulated rigorously using a hierarchical scheme of Principles, Criteria and Indicators of Sustainability (PCI's). These systems are complex and have traditionally been used in *ex-ante* evaluation

of forest management in Costa Rica, but have not been used in *ex-post* evaluation of managed forests. Creating evaluation systems that allow evaluating sustainability with few criteria is very desirable, but more important is to have validated systems. In the present study we proceeded to quantify and validate a hierarchical scheme of indicators to use in *ex post* evaluation, the first step was the quantification of 30 sustainability indicators defined in previous studies as possible to use in evaluation of this type. Each indicator was then validated using 3 criteria: accessibility to information, cost of access and relevance of the indicator in relation to the management unit. From the quantification of the indicators, a total of 25 indicators were validated which represent the ecosystem, social, institutional and economic dimensions on which sustainability is based. Ecosystem baseline was also defined for the variables basal area above 30 cm in diameter (*dbh*) and proportion of ephemeral heliophilic species above 10 cm in diameter (*dbh*), this baseline was constructed by forest types according to the minimum and maximum reference values.

Keywords: Permanent sampling plots, evaluation, *ex post*

1- Introducción

El uso de los bosques naturales en Costa Rica en los años 60's y por dos décadas se realizó sin considerar componentes técnicos, (Fournier, 1995 y Quesada, Acosta, Garro y Castillo, 2012). En los años 80's con la participación de ingenieros forestales se empezó a realizar intervenciones denominadas aprovechamientos forestales y para el final de la misma década se produjeron cambios en la Ley Forestal y en las técnicas de aprovechamiento, considerando el aprovechamiento forestal mejorado, (Orozco, Brumér y Quirós, 2006; Quesada, Acosta, Garro y Castillo, 2012) dejando por siempre enterrado el concepto de explotación forestal.

En el ámbito internacional relacionado con política forestal, los gobernantes de la mayoría de los países reconocen en los planes nacionales de desarrollo forestal, la importancia del Manejo Forestal Sostenible, (Van Gossum, Arts, De Wulf y

Verheyen, 2011); o sea, un sistema de manejo que intenta equilibrar el desarrollo social, económico y los valores ecológicos asociados a los bosques, para las actuales y futuras generaciones, (Hickey, 2008). El Manejo Forestal Sostenible se ha convertido en el paradigma dominante para la discusión de la gestión forestal y la protección en el mundo, abordando entonces la ordenación forestal sostenible económica, ecológica y los componentes sociales que forman parte de la silvicultura, (Cubbage, Díaz, Yapura, y Dube, 2010).

Desde entonces, los procesos de manejo y ordenación forestal se han inclinado más por considerar elementos biológicos relacionados con silvicultura, como factor determinante para lograr la sostenibilidad, (Armitaje, 1999), esto mismo es reafirmado por Maesa, Fontaine, Rongé, Hermy y Muys, (2011), quienes indican que el Manejo Forestal Sostenible fue interpretado inicialmente como la sostenibilidad del aprovechamiento del bosque, basado en un aprovechamiento forestal mejorado donde se aseguraba el equilibrio de la producción entre cosechas.

Según Quesada, (2006), por ejemplo, en Costa Rica, el Manejo Forestal Sostenible en bosque natural es un concepto que se incluyó después de los años 1990, pero hasta el año 1996 se prohibió el cambio de uso de la tierra, con la emisión de la Ley Forestal 7575; y a partir de 1996, los bosques tropicales ubicados en las zonas bajas calientes y húmedas, son los que han permitido escribir la historia del manejo forestal del bosque para esta región tropical de Mesoamérica.

El Manejo Forestal de los bosques naturales en Costa Rica considera permitir la extracción de madera de los bosques siempre que se garantice que las acciones de aprovechamiento se van a realizar utilizando Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad, según lo establecido en la Ley Forestal y en el decreto ejecutivo No 34559-MINAE (Leyes y Decretos, 2008) y la resolución R-SINAC-021-2009, (Leyes y Decretos, 2009) ambas actualmente vigentes.

No obstante que los aspectos silviculturales del bosque son de gran relevancia para alcanzar la sostenibilidad, tomar atención además sobre elementos como la tenencia de la tierra, la organización y de participación, elementos económicos y

conocimiento de las normas que regulan ese manejo forestal es de gran relevancia, (Sotto y Ennals, 1999 y Pires y Fidélis, 2015).

A pesar de que Costa Rica ha utilizado los PCI's para planificar el manejo forestal, no se han realizado evaluaciones de ese manejo para comprobar si realmente los bosques que han sido manejados hasta por 2 y cosechas y más, están alcanzando la sostenibilidad. Para poder evaluar esa sostenibilidad no sean elaborado metodologías *ex post* y en consecuencia se ha limitado la evaluación a la fase únicamente de la elaboración del plan de manejo.

En este sentido el presente estudio pretende utilizar un marco de referencia ya propuesto por Salas y Soliño (2021) como base para la evaluación *ex post* de la sostenibilidad y con esa base proceder a cuantificar y validar con información de campo, los indicadores propuestos, con miras a validar el marco de referencia que se propone y con ello generar la información necesaria para la elaboración de un protocolo de evaluación de la sostenibilidad en unidades de manejo forestal manejadas en la Zona Norte de Costa Rica.

2- Materiales y métodos

2.1. Sitio de Estudio

El área del presente estudio se centra en la Zona Norte de Costa Rica (Figura 3), donde se ha ejecutado la mayor cantidad de planes de manejo forestal en el bosque natural. Las estadísticas del país indican que el 97,5% del total de los aprovechamientos autorizados en los últimos 5 años a nivel nacional se realizaron en esta región, la cual cubre una extensión de 490 021,54 ha. De este bosque maduro se ha sometido a MF 5 445 ha a través de PM durante el período 2012-2018.

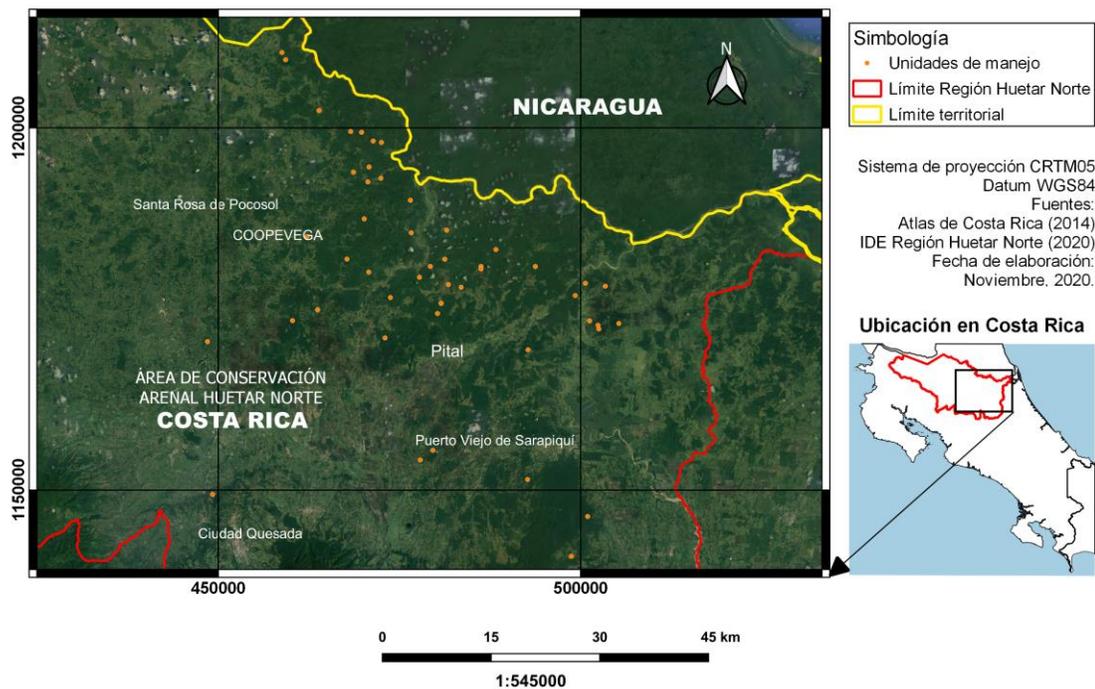


Figura 3. Localización de la Zona Norte de Costa Rica correspondiente al área de estudio.

2.2. *Sitios de muestreo*

Por las características de la Zona Norte y la cantidad de planes de manejo autorizados en el período 2012-2017, se recurrió a la toma de datos del 100% de las unidades de manejo de bosque natural autorizadas en el período. En la Figura 1 los puntos negros representan la ubicación de cada una de las 50 unidades de manejo evaluadas.

Se excluyó de esta cuantificación 24 planes de manejo que fueron aprobados en la Zona Norte antes de la ocurrencia del Huracán Otto en el noviembre de 2016 y que no habían sido ejecutados, o habían sido parcialmente ejecutados, al momento de ocurrencia del huracán. La razón para no considerarlos en la cuantificación es porque estas unidades de manejo finalmente ejecutaron planes de

aprovechamiento de madera caída y no planes de manejo forestal. Por las características de estos aprovechamientos forestales se decidió no incluirlas ya que no es posible cuantificar por separado los efectos en la composición y estructura de los bosques por efectos del huracán de los efectos únicamente de la aplicación del manejo forestal.

2.3. Variables cuantificadas

Se seleccionó como variables de cuantificación todos los indicadores de sostenibilidad seleccionados por Salas y Soliño (2021) como indicadores indispensables y deseables.

A partir de esta lista de indicadores y con fundamento en la propuesta MESMIS de Maserá, Astier y López-Ridaura (2000), para la cuantificación de los indicadores se siguieron los siguientes pasos:

1. Revisión documental: incluyó la revisión de informes de regencia, información del plan de manejo, documentos de propiedad e informes técnicos variados.
2. Mediciones: información actualizada de parcelas permanentes de muestreo, y muestreos temporales para cuantificar los indicadores de ecosistema, cuando estas existieron y estuvieron disponibles.
3. Encuestas: parte de la información económica y social debió cuantificarse a través de información obtenida por encuestas directas a los actores del proceso de manejo forestal sostenible o bien información obtenida de los planes de manejo cuando esta existiera.
4. Una vez terminada la cuantificación se integraron los resultados utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, gráficas o mixtas, entre otras.
5. En total se sometieron a cuantificación para cada unidad de manejo 30 indicadores considerados indispensables.

Para determinar el grado de sostenibilidad se utilizó criterio experto:

Sostenibilidad: de forma independiente, mediante criterio experto, se determinó si la unidad de manejo era sostenible o no. Para el criterio experto una sola persona conversó con el funcionario que aprobó cada plan de manejo, luego conversó o leyó los informes de control y protección emitidos por otros funcionarios estatales que supervisaron la actividad y finalmente leyó los informes regenciales presentes en el expediente que para tal fin lleva la Administración Forestal del Estado (AFE), con esa información emitió un juicio de experto y determinó si la unidad de manejo era sostenible o no.

Para determinar si un indicador se cumple o no, en cada unidad de manejo evaluada, se localizó información específica del expediente que la AFE conserva en las diferentes oficinas, en el cual se revisó de manera exhaustiva los contenidos del expediente, en algunos casos se visitó la unidad de manejo, en otros casos se tuvo acceso a informes regenciales ubicados en la AFE. Además, se revisó la base de datos de FONAFIFO y se conversó con algunos regentes para determinar si la unidad de manejo tuvo una o varias veces acceso al beneficio de PSA. Luego con la información recopilada se determinó si el indicador se cumplía o no al 100%, se cumplía parcialmente o había alguna razón para no realizar la cuantificación, todo esto utilizando la siguiente escala.

Sí: la información del indicador fue localizada, es cuantificable y además se cumplió.

No: la información del indicador fue localizable, fue cuantificada y el indicador no se cumplió.

Parcial: la información del indicador fue localizable, fue cuantificada y el indicador fue cumplido parcialmente.

N/Ev: Significa que no existe información que permita evaluar el indicador en el 100% de la unidad de manejo

NI: significa que en algunas unidades de manejo es posible localizar información para evaluar el indicador, pero para otras la información no está presente. Pueda ser que exista, pero la información no es pública.

N/A: para las unidades de manejo evaluadas el indicador no se evalúa porque la actividad no se hizo para esa unidad.

2.4. Definición de Línea Base

Se analizó además variables específicas de parcelas permanentes de muestreo con el fin de comparar el estado de los bosques en el tiempo. Las variables analizadas fueron área basal arriba de 30 cm de diámetro y proporción de especies del gremio ecológico heliófitas efímeras. Estas variables fueron analizadas en relación con los valores de referencia mínima por tipo de bosque, que establecen los Principios Criterios e indicadores de sostenibilidad y el Código de prácticas correspondiente, vigente al momento de aprobar el manejo forestal.

La diferencia entre sitios para el área basal y la proporción de especies heliófitas efímeras fue realizada mediante pruebas t ($\alpha=0,05$) utilizando el SPSS v 23.0 de IBM.

2.5. Análisis de información

En general para el análisis de información se elaboraron cuadros resumen y gráficos. Se determinó medias y promedios para la información relacionada con las unidades de manejo y los indicadores cuantificados, así como para los aspectos relacionados con las unidades de manejo evaluadas. En el caso de la línea base, para analizar la información se definió la línea base de ecosistema para las variables área basal mayor a 30 cm de diámetro y proporción de especies heliófitas efímeras a partir de 10 cm de diámetro, a partir de la información de parcelas permanentes, las mismas se compararon con las variables tomadas cuando se elaboró el plan de manejo, esa línea base se definió con información de parcelas permanentes de muestreo que se localizan en el área de estudio definida, en fincas que fueron objeto de Manejo Forestal Sostenible en los años 90's. Las parcelas permanentes fueron

establecidas antes del aprovechamiento. Solo en una de las unidades de manejo fue posible realizar una remediación medición durante la ejecución de esta investigación; no obstante, para efectos de la definición de la línea base no era indispensable contar con esa medición.

La validación de los indicadores se realizó en dos etapas, la primera etapa de validación estuvo a cargo de un panel experto y fue descrita en el capítulo uno cuando se definió el conjunto de indicadores, para la segunda etapa de validación se utilizaron los 3 criterios que se describen a continuación, para que el indicador sea válido de utilizar se definió que cumpla simultáneamente con los siguientes 3 criterios y niveles: fácilmente accesible, pertinente a la unidad de manejo, y de bajo costo, esto significa que requiere del 100% del porcentaje de validación para quedar debidamente válido, a pesar de que se está exigiendo el cumplimiento al 100% de los criterios de validación cada uno de ellos se le da un porcentaje de peso. La máxima nota posible corresponde a 1 y que representaría alcanzar el 100% del puntaje, cada criterio de validación tiene un peso ponderado diferente dependiendo del nivel de importancia que tenga

Accesible: Corresponde con el grado de facilidad que existe para ubicar la información a la que se refiere el indicador y se le da un peso de 0,2 con base 1.

Pertinente a la unidad de manejo: Se refiere a si el indicador está relacionado directamente con la unidad de manejo o se refiere a otros aspectos que trascienden la unidad de manejo. Se le asigna un peso de 0,6 con base 1.

Costo: Se refiere al costo en que se incurre en localizar la información a la que se refiere el indicador. Se le asigna un peso de 0,2 con base 1.

El detalle de los grados de valoración para la validación de cada indicador se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Detalle de la clasificación para los criterios de validación de los indicadores.

Criterio de validación	Clasificación		
Accesible	Fácilmente accesible (1): significa que la información está disponible, en formato digital o impreso, es pública y no hay que hacer un trámite mayor para poder acceder a la información, está disponible en informes o expedientes en un solo sitio	Moderadamente accesible (0,5): significa que la información es posible accesible, pero para obtener la información completa se debe recurrir a varias fuentes de información	Difícilmente accesible (0): la información para el indicador proviene de una fuente privada, no es completa, la veracidad de los registros existentes no es confiables o bien debe construirse de cero porque no existe.
Pertinente a la unidad de manejo	SI (1): la información del indicador está relacionadas directamente con aspectos de la unidad de manejo que se pretende evaluar.		NO (0): la información sobre el indicador se refiere a aspectos sobre la unidad de manejo que no condicionan la sostenibilidad como por ejemplo registros documentales, son relevantes pero su inexistencia no significa de facto que la unidad de manejo no sea sostenible.
Costo	ALTO (0): para obtener la información hay que construirla de cero a partir de visitas de campo a la unidad de manejo, el tiempo de recolección de la información del indicador supera una jornada de trabajo, además hay que complementar con información que ya está en registros escritos.	MODERADO (0,5): Para obtener la información del indicador hay que visitar más de una oficina pública y solicitar los permisos correspondientes	BAJO (1): para obtener la información basta con revisar registros en un único expediente en la oficina del SINAC que ha aprobado el plan. La recolección de la información demora minutos.

La base de datos y los gráficos fueron elaborada utilizando el programa Excel versión 1808 de Microsoft Office Professional Plus 2019.

3- Resultados

3.1. Aspectos generales relacionadas con el sitio de estudio

La población total de planes de manejo en bosque natural, aprobados durante el período 2012-2017 es de 50, la mayoría de ellos se ubican en la Subregión San Carlos-Chiles, en los cuadros del 6 al 8 se resumen las características de la población evaluada en cuanto a tamaño de fincas, planes de manejo por subregión,

profesionales asociados a la aprobación, profesionales asociados a la planeación y a la ejecución de planes de manejo en la Zona Norte del país.

Cuadro 6. Tamaño de fincas bajo plan de manejo en el período 2012-2017 aprobados en la Zona Norte de Costa Rica.

Área	Mínimo (ha)	Promedio (ha)	Máximo (ha)
Total de finca	15	226	1100
Plan de Manejo	9	109	418
Productiva	9	76	295
Protección	1	31	132
Otros usos	0	115	1000

El tamaño de finca promedio en producción es de 76 ha con áreas de protección promedio de 31 ha. La zona productiva se estima en un promedio de 72% de la propiedad con bosque.

Adicionalmente se identificó que en el período de estudio solo hubo 5 funcionarios estatales encargados de la aprobación de planes de manejo, 1 de ellos en la subregión San Carlos Los Chiles, 3 en la subregión Pital y 2 en la subregión Norte, (conocida como Sarapiquí), todos ellos ingenieros forestales, uno de ellos ha colaborado en la aprobación de Planes de Manejo de dos subregiones diferentes. Estos funcionarios demoran en promedio 7 meses para aprobar un plan de manejo. No obstante, el tiempo de aprobación no es igual entre oficinas. En el cuadro 7 se muestra el detalle por oficina de la duración en los procesos de aprobación según la subregión.

Cuadro 7. Tiempos de aprobación de los planes de manejo de bosque natural sometidos en el período 2012-2017 en 3 de las oficinas del Área de Conservación Arenal Huetar Norte, Costa Rica.

Subregión	Tiempo Promedio (meses)	Desviación	Tiempo Menor (meses)	Tiempo Mayor (meses)
San Carlos-Los Chiles	5,1	2,7	1	10
Pital	12,8	6,4	5	31
Norte	2,7	1,3	1	6
Promedio	7,0	5,8	1	31

En el caso de la oficina subregional de Pital el tiempo de aprobación es mayor con respecto a las demás subregiones y también es la subregión que presenta las mayores desviaciones en el tiempo de aprobación igual tendencia presenta el tiempo menor y el mayor de aprobación.

Con respecto a los profesionales que participaron en la elaboración y ejecución de los planes de manejo, se encontró que 7 ingenieros forestales independientes son los responsables de la elaboración de 18 planes de manejo y otros 7 ingenieros forestales asociados a organizaciones no gubernamentales (ONG 's) fueron los responsables de la elaboración de 32 planes de manejo en la Zona Norte, durante el período indicado.

Para la ejecución de los planes de manejo resueltos se identificaron 7 regentes independientes y otros 12 regentes asociados a ONG 's; no obstante, que los 7 regentes forestales independientes fueron los mismos que elaboran planes de manejo de forma independiente, en el caso de organizaciones, son 12 regentes asociados a la ejecución de los planes de manejo aprobados, estos regentes no necesariamente son los mismos que elaboran el plan de manejo.

La subregión con mayor cantidad de planes de manejo evaluados corresponde con San Carlos-Los Chiles, donde se localiza el 38% de las Unidades de Manejo evaluadas. En el cuadro 8 se muestran la distribución por subregión y por año de aprobación de las unidades de manejo bajo análisis.

Los años donde se tramitó más planes de manejo corresponden con los años 2012, 2014 y 2015, mientras que el año con menor cantidad de planes de manejo tramitados es el 2017. Esto último se debe a que a partir del 2017 en la Zona Norte no se han tramitado más planes de manejo tradicionales, sino que los permisos en bosque han sido de madera caída, debido a la afectación que las diferentes unidades de manejo sufrieron los embates del paso del huracán Otto en la región. En general en todas las subregiones se dieron afectaciones de diferente magnitud, de hecho, para el período de estudio se tramitaron en la práctica 73 Planes de Manejo, pero se excluyeron del análisis 23 debido a que se continuó el manejo con la extracción de madera caída por efecto del huracán y los mismos no han sido concluidos, además la extracción no está contemplando el diseño de manejo forestal original.

Cuadro 8. Distribución de Planes de Manejo correspondientes a Unidades de Manejo Forestal donde se cuantificaron indicadores en el período 2012-2017.

Subregión	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Total	%
Subregión San Carlos Los Chiles	2	2	5	7	3	0	19	38
Pital	3	2	4	4	3	0	16	32
Norte	5	1	3	3	1	2	15	30
Total	10	5	12	14	7	2	50	100

El total de volumen autorizado en estas 50 unidades de manejo de bosque es de 72 549,3 m³, correspondiente a 16 875 árboles distribuidos en más de 100 especies, todos con diámetros superiores a 60 cm. En el cuadro 9 se presentan un detalle por subregión, así como los promedio por hectárea. Este volumen representa menos del 50% del volumen total censando en las especies comerciales autorizadas y que están arriba de 60 cm de diámetro. Se excluyen además de este volumen el que aportan las especies vedadas, las especies poco frecuentes, las especies no comerciales, además de todos los individuos con diámetro inferior al mínimo de corta establecido.

Cuadro 9. Distribución del volumen y número de árboles autorizados para la corta en bosque natural durante el período 2012-2017 en la Zona Norte, Costa Rica.

Subregión	Total de árboles autorizados	Arb/ha	Volumen total autorizado (m ³)	Volumen autorizado (m ³ /ha)
Subregión San Carlos Los Chiles	9602	5	27 600,7	20,3
Pital	4451	4	23 429,8	16,5
Norte	2822	4	21 518,8	18,7
Total	16875	5	72 549,3	18,6

3.2. Variables cuantificadas

Se logró recabar información para cuantificar el 100% de los indicadores de sostenibilidad definidos como indispensables. En el cuadro 10 se resume la descripción asociada a la cuantificación referente a los indicadores.

Cuadro 10. Aspectos generales sobre los indicadores a utilizar en evaluaciones de sostenibilidad de bosques naturales manejados en Costa Rica que fueron cuantificados en planes de manejo ejecutados entre el 2012 y el 2018.

Descripción	Cantidad	%
Total de indicadores sometidos a consideración	71	100%
Total de indicadores considerados indispensables	30	42%
Total de indicadores indispensables cuantificados	30	100%

Importante señalar que un 40% de los indicadores indispensables se cumplieron en el 100% de las unidades de manejo evaluadas. Un 20% de los indicadores indispensables se cumplieron al 100% en el rango de 94-99,9% de las unidades de manejo evaluadas. Un 10% de los indicadores indispensables se cumplen parcialmente en el 100% de las unidades de manejo evaluadas. Un 26,7% de los indicadores indispensables se pudo evaluar cumplimiento del 100% solo entre el 22 y el 76% de las unidades de manejo, en el restante de los casos la información no está disponible en las unidades de manejo para verificar el cumplimiento del indicador, o no es posible reconstruir la información para saber sobre el

cumplimiento de los mismos. Solo 1 indicador seleccionado como indispensable (3,3%) no se cumplió en ninguna unidad de manejo, este indicador es documental y perteneciente a la dimensión institucional, este se refiere a que el Estado debe tener un registro geográfico que este asociado al registro documental, en este caso el registro documental existe en el 100% de los casos y el registro geográfico existe en el 100% de los casos, pero ambos registros no están asociados, es por ello que el indicador no se cumplió, es además un indicador que no tiene relación con la unidad de manejo.

En relación con la sostenibilidad, el criterio experto señala que de las 50 unidades de manejo evaluadas un 8 % fueron clasificadas como no sostenibles y un 92% como sostenibles. El detalle del cumplimiento de los indicadores puede observarse en el cuadro 13.

Los resultados de la cuantificación serán útiles para la construcción de los modelos que permitan predecir la sostenibilidad de una unidad de manejo de bosque manejado en función de sus indicadores de sostenibilidad.

3.3. Definición de Línea Base

La línea base se definió con información del bosque natural sin intervención y se utilizan como estadístico de referencia el área basal por hectárea para todas las especies arriba de 30 cm de diámetro. En el cuadro 11 se muestran las referencias de esa línea base definidas para el área basal. Con esta línea base se estarían haciendo las comparaciones para las fincas que se cuantificarían en el objetivo dos del este estudio.

Cuadro 11. Línea base definida para el área basal de los bosques muy húmedos tropicales de la Zona Norte de Costa Rica.

Relieve	Tipo de bosque**	Área basal \geq a 30 cm de diámetro				Abundancia \geq 30 cm de diámetro (árb/ha)	Ubicación
		(m ² /ha)	% Error de muestreo	Límite inferior (m ² /ha) *	Límite superior (m ² /ha) *		
Plano ondulado	Pp	22,43^A	11,33	19,89	24,97	97,22	Pital-San Carlos
Lomerío	N/A	14,70^B	17,14	12,18	17,21	79,42	San Juan de Pococí
Inundable	Pc	26,37^A	24,66	19,86	32,87	89,42	Llanura de Sarapiquí
Lomerío	Qp	18,95^{AB}	21,24	14,93	22,98	84,01	Pital-San Carlos

*Al 95% de confianza, ** según Sesnie, (2008).

En el caso de las especies heliófitas efímeras, incluidas las especies indeterminadas, la línea base se ha definido como se presenta en el cuadro 12. Con esta información se procedió a realizar las comparaciones de los bosques que se muestrearon en este estudio.

Cuadro 12. Línea base definida para el porcentaje de especies heliófitas efímera en los bosques muy húmedos tropicales de la Zona Norte de Costa Rica.

Tipo de bosque**	Relieve	Abundancia \geq 10 cm de diámetro (árb/ha)	% Especies heliófitas efímeras	Límite inferior (%)*	Límite superior (%) *	% Error de muestreo*	Ubicación
Pp	Plano ondulado	436,36	13,11 ^A	11,55	14,68	11,94	Pital-San Carlos
N/A	Lomerío	493,50	12,33 ^A	10,64	14,01	13,63	San Juan de Pococí
Pc	Inundable	460,85	9,99 ^A	7,65	12,33	23,39	Llanura de Sarapiquí
Qp	Lomerío	487,41	5,16 ^B	4,25	6,14	18,16	Pital-San Carlos

*Al 95% de confianza.

En la cuantificación realizada de todos los indicadores se recolectó información sobre los valores de referencia de área basal y existencia proporcional de especies heliófitas efímeras, esta información es de utilidad para corroborar el cumplimiento de dos indicadores indispensables. En la figura 4 se muestra la condición de cada

Unidad de Manejo cuantificada por tipo de bosque según la clasificación de Sesnie (2008), con respecto a su valor de referencia mínimo o máximo según corresponda y con respecto a la línea base del bosque sin manejar que fue posible obtener gracias a la existencia de parcelas permanentes de muestreo.

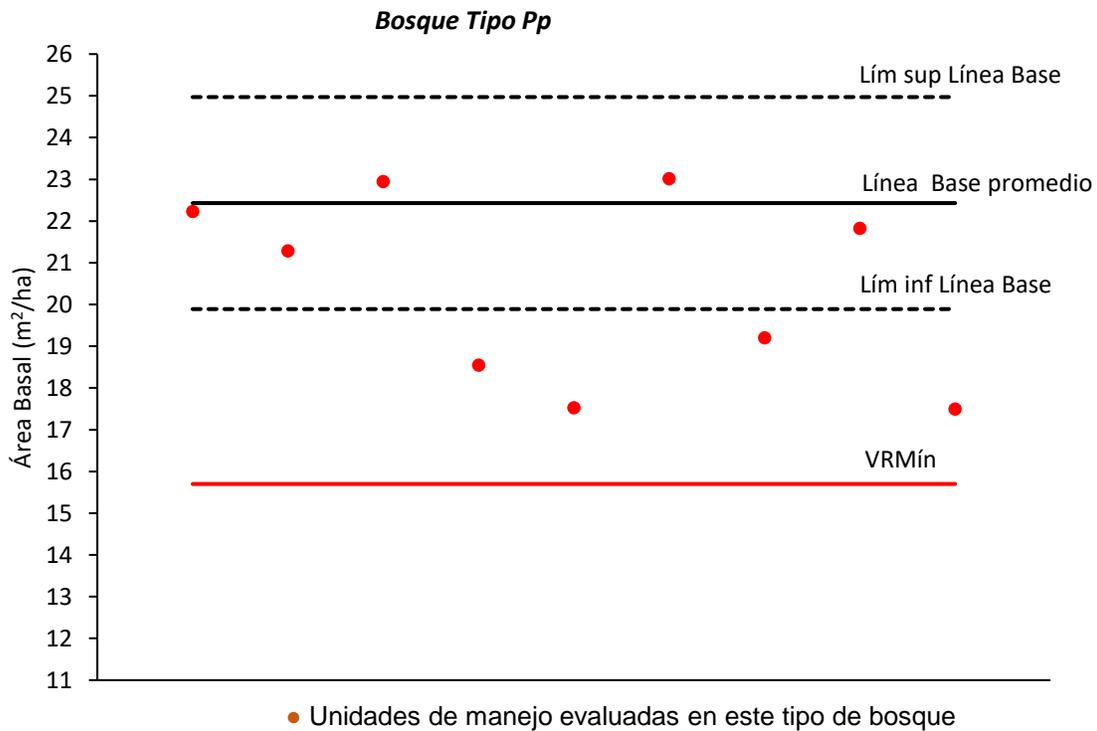


Figura 4. Distribución del área basal promedio de cada una de las Unidades de Manejo evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica que registran predominantemente el tipo de bosque Pp según Sesnie (2008), con respecto al valor de referencia mínimo y la línea base que se obtuvo para bosques no manejados de este tipo.

Puede observarse en este caso que todos los puntos están muy por encima del valor de referencia mínimo de área basal que la normativa establece para este tipo de bosque, cada punto refleja el área basal promedio que se registra en la unidad de manejo después de que ha pasado un ciclo de corta de 15 años. Cinco de las unidades de manejo evaluadas incluso registran áreas basales que se encuentran

dentro de los límites de confianza de la condición del bosque natural original antes de ser intervenido, lo que muestra su grado de recuperación.

En la Figura 5 se muestra la situación que se presenta en las unidades de manejo evaluadas del tipo de bosque Pc y Qp, con respecto al valor de referencia mínimo establecido para los respectivos tipos de bosque según el área basal por hectárea.

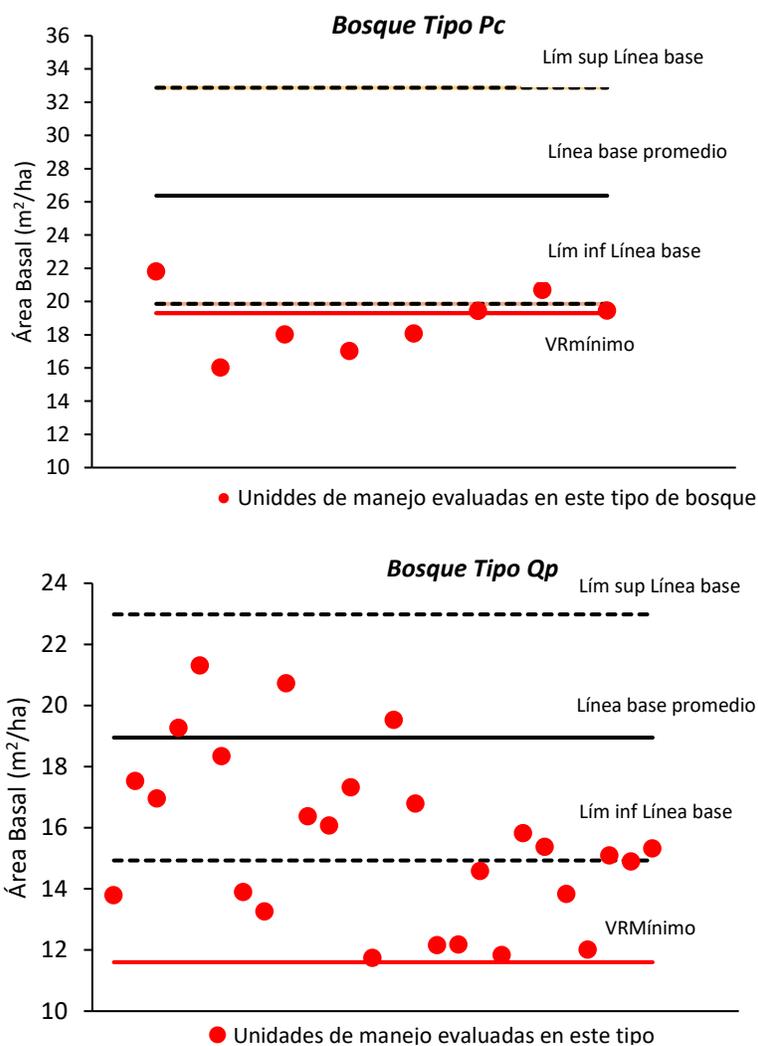


Figura 5. Distribución del área basal de límite inferior de cada una de la Unidades de Manejo, evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica que se ubican en los tipos de

bosque Pc y Qp según Sesnie (2008), con respecto al valor de referencia mínimo establecido en la normativa nacional.

Puede verse que, en todos los casos, las áreas basales de límite inferior obtenidas al 95% de confianza, superan el valor de referencia mínimo que la normativa ha establecido según los tipos de bosque predominantes en la región. También puede verse que el tipo de bosque predominante en las unidades de manejo que se evaluaron corresponden con bosques tipos Qp que corresponden con bosques con predominio de la especie *Qualea polychroma*, *Dipteryx panamensis*, *Vochysia ferruginea* y *Couma macrocarpa* y varias especies de palma. Más del 50% de las unidades de manejo del período evaluado se ubican en este tipo de bosque. Importante indicar que, aunque un alto porcentaje de las unidades de manejo forestal de la Zona Norte clasifican en el tipo Qp, los bosques no son puros del tipo de bosque, sino que son predominantemente del tipo clasificado.

En el caso de los bosques Pc, Pp y Qp, a los cuales se les pudo ubicar una línea base a partir de información de parcelas permanentes, se encontró que aquellas unidades de bosque que clasificaron con el tipo de bosque con una proporción de área mayor al 70 % en ese tipo de bosque, se ubican dentro de las bandas de confianza del promedio de la línea base, pero cuando clasifica en el tipo de bosque en una proporción menor a ese 70% se ubica sobre los valores de referencia mínimos establecidos por la normativa pero debajo de la banda inferior de confianza de la línea base definida.

En la Figura 6 puede observarse que los tipos de bosque menos comunes muestreados en el período de evaluación, en la Zona Norte, pertenecen al tipo Dg, este es un tipo de bosque con predominancia de las especies *Dialium guianense*, *Apeiba membranacea*. Además, se incluyó en este estudio 3 sitios de la Zona Norte que por su ubicación geográfica se encuentran fuera de las zonas de clasificación que Sesnie (2008) realizó. En ambos casos se observa con claridad que los bosques registraron áreas basales muy superiores al valor de referencia mínimo que la normativa ha establecido en estos casos.

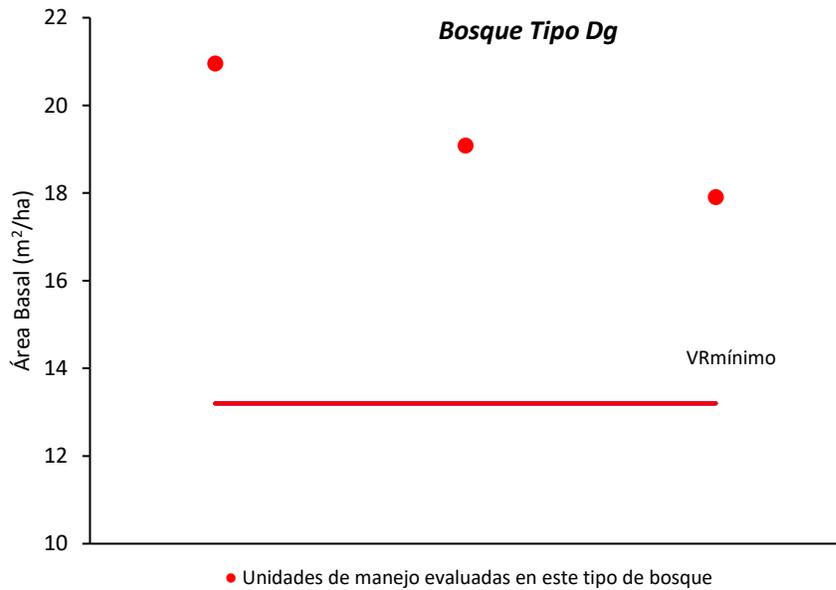
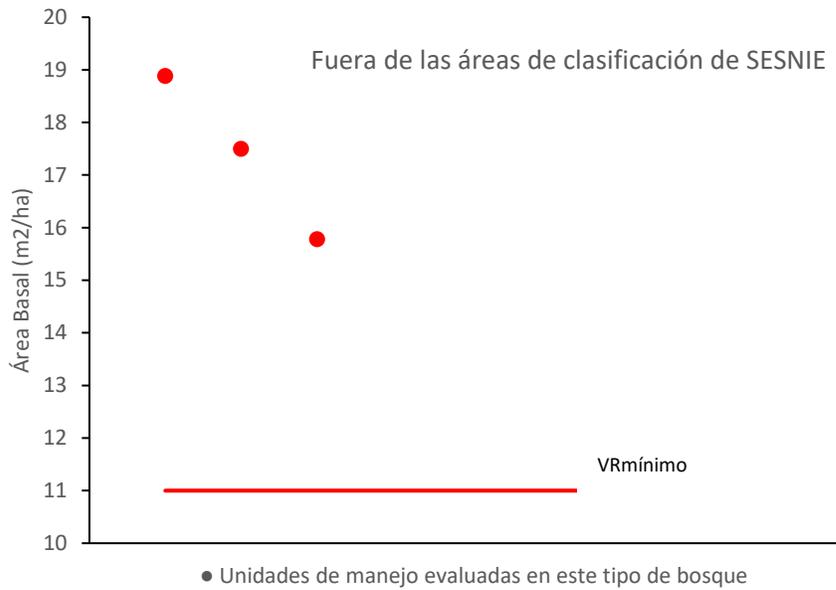


Figura 6. Distribución del área basal de límite inferior de cada una de la Unidades de Manejo, evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica que se ubican en los tipos de bosque Dg y las áreas fue de la clasificación de Sesnie (2008), con respecto al valor de referencia mínimo establecido en la normativa nacional.

En relación con los gremios ecológicos en la Figura 7 se ha graficado todas las unidades de manejo evaluadas y en ella se puede observar que la proporción de especies heliófitas efímeras no sobrepasa el 15% excepto en dos de los casos. Donde a pesar de que el estadístico no se cumple, aun así se aprobó el plan de manejo forestal.

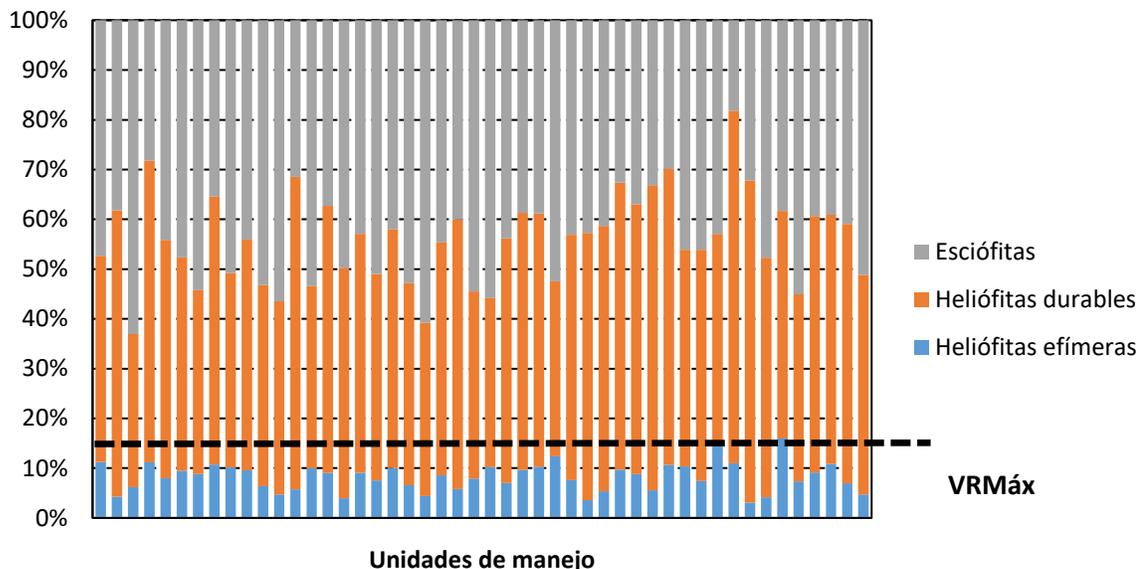


Figura 7. Proporción de especies por gremio ecológico para cada una de las unidades de manejo de bosque natural evaluadas en la Zona Norte de Costa Rica.

3.4. Validación de indicadores

En el proceso de validar indicadores se encuentra que solo 25 de los 30 indicadores originalmente propuestos por el panel experto es válidamente posible utilizar. En el cuadro 9 se presentan los resultados de la validación utilizando los 3 criterios definidos.

Cuadro 13. Validación de la posibilidad de uso de los indicadores propuestos por un panel experto como indispensables para evaluar la sostenibilidad de una unidad de manejo de bosque natural.

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
1.1.1. La AFE lleva un registro geográfico de las unidades de manejo forestal	Difícilmente	No	Alto	Institucional	0	No	Sí=0 No=100
1.1.2. Durante el ciclo de corta las áreas boscosas mantienen sus características de extensión, forma perimetral y localización de acuerdo con lo establecido en el registro geográfico de las unidades de manejo forestal	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Ecosistema	1	Sí	Sí=100
1.1.3. La ubicación y las colindancias del área de bosque están claramente definidas en el terreno y concuerdan con la documentación catastral del o los inmuebles	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Institucional Social	1	Sí	Sí=100
1.2.1. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un título de propiedad, o contrato de arrendamiento legalmente inscrito, o derecho de	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Social	1	Sí	Sí=100

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
posesión legalmente reconocido							
1.2.2. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un plano debidamente catastrado	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Social	1	Sí	Sí=100
1.2.3. La unidad de manejo forestal no presenta conflictos de tenencia	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Social	1	Sí	Sí=100
1.3.1. La AFE lleva un registro documental del historial de la unidad de manejo de bosque, asociado al registro geográfico, que permite verificar en cualquier momento la cronología y el tipo de actividades realizadas y por ejecutar	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Social	1	Sí	Sí=0 Parcial=100
1.3.2. La información contenida en el registro documental de la unidad, sobre planes de manejo y otra información relevante, cuenta con la aprobación de la AFE	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional	1	Sí	Sí=100

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
1.3.3. Los planes de manejo y sus respectivos cronogramas de actividades aprobados son respetados en el tiempo, tanto por el interesado como por la AFE, para garantizar la seguridad jurídica del manejo del bosque	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Ecosistema	1	Sí	Sí=100
1.3.4. El plan de manejo aprobado cumple con lo establecido en el Código de Prácticas	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema	1	Sí	Sí =94 Parcial=6
1.3.5. Existe un registro de todas las actividades realizadas durante la ejecución del aprovechamiento	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Institucional Social	1	Sí	Sí=88 Parcial=12
1.3.6. La ejecución del aprovechamiento respeta los elementos aprobados por la AFE dentro de Plan de Manejo y sus modificaciones	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Institucional Social	1	Sí	Sí=94 No=6%
2.1.2. La prescripción de manejo es consistente con las limitaciones y capacidades productivas del tipo de bosque presente en la	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Económica Social	1	Sí	Sí=94 Parcial=6

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
unidad de manejo forestal							
2.2.1. El bosque mantiene un área basal por hectárea superior o igual al valor de referencia por tipo de bosque para las especies comerciales y no comerciales en el área efectiva de manejo	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema	1	Sí	Sí=94 No=6
2.2.2. La abundancia de los individuos del gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras se mantiene en una proporción inferior o igual al valor de referencia	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema	1	Sí	Sí=96 No=4
3.1.1. La infraestructura establecida para el manejo forestal no presenta signos de que altere la calidad del agua en el sitio	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Social	1	Sí	Sí=100
3.1.2. Las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos (Artículo 33 Ley Forestal 7575) ubicados dentro del área de bosque no	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Social	1	Sí	Sí=98 No=2

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
presentan signos de estancamiento, u obstrucción causados por las acciones directas del manejo forestal							
3.1.3. No hay evidencias de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de las actividades de manejo	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Social	1	Sí	Sí=100
3.2.1. Los caminos primarios y patios de acopio tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y la sedimentación excesiva en las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Social	1	Sí	Sí=54 N/Ev=46
3.2.2. Los caminos primarios y los patios de acopio están ubicados técnicamente y no abarcan un área mayor a un 2% del área efectiva de manejo	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema	1	No	Sí=70 N/Ev=30
3.2.3. Al concluir el aprovechamiento, los caminos primarios públicos quedan habilitados	Difícilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Económica Social	0,8	No	Sí=26 N/I=74

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
para su uso y en un estado igual o mejor al de la condición de inicio del aprovechamiento inmediatamente después.							
3.3.1. No hay eliminación del sotobosque (socola) o quemas intencionales dirigidas al cambio de uso. Asimismo, dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola, actividades de pastoreo, u otras actividades que pongan en peligro la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema	1	Sí	Sí=68 No=2 N/Ev=30
3.3.2. En zonas de alta y mediana incidencia de riesgo de incendios forestales, según la clasificación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se establecen medidas preventivas (rondas cortafuegos) para el control	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema	1	Sí	Sí=100

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
de incendios forestales que promuevan la permanencia en el tiempo de los bosques manejados							
3.3.3. 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, basándose en información de parcelas permanentes o en información secundaria verificable	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Económica	1	Sí	Sí=100
6.2.1. En el plan de manejo se demuestra que los ingresos por los bienes y los servicios del aprovechamiento serán mayores que los costos en lo que incurre el propietario.	Difícilmente	Sí	Alto	Económica Social	0,6	No	Sí=10 N/I=90
6.3.2. El plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cumple con las disposiciones de la legislación vigente y los	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Institucional Social	1	Sí	N/A=100

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
tratados internacionales ratificados por el país.							
7.1.1. Existe un registro consolidado que incluye: volumen de producción y número de trozas por especie, por área de aprovechamiento anual y periodo de aprovechamiento, verificable con las respectivas guías de transporte y que concuerde con lo reportado en los informes de regencia.	Fácilmente	Sí	Bajo	Ecosistema Institucional Social	1	Sí	Sí=76 Parcial=24
7.1.3. Existe evidencia de que los tocones de los árboles cortados (X) están marcados con su respectivo número del censo, según la lista de árboles de corta y el mapa base de aprovechamiento.	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Social	1	Sí	Sí=100
7.1.4. En los registros de la AFE se mantienen disponibles los informes de regencia requeridos	Fácilmente	Sí	Bajo	Institucional Social	1	Sí	Sí=88 Parcial=12

Indicador	Accesible	Pertinente a la Unidad de Manejo	Costo	Dimensión	Calificación	Válido	Porcentaje de unidades de manejo que cumplen el indicador según nivel (%)
7.4.1. Existe un plan de monitoreo de la Unidad de Manejo que contempla aspectos de la condición del bosque después del aprovechamiento e impacto social de las operaciones.	Difícilmente	No	Alto	Ecosistema Institucional Social	0	No	Parcial=100

Los resultados de esta validación muestran que un 64% de los indicadores válidos pertenecen a las dimensiones ecosistema y social, un 56% a la dimensión institucional y un 8% a la económica. Solo 25 indicadores de 30 quedan finalmente validados para su uso en la fase de cuantificación. Los indicadores no validados en su mayoría corresponden con aquellos cuyo costo de localización de información es alto, o bien la información no es accesible por algún motivo. Solo en uno de los casos el indicador no queda validado por corresponder con un indicador que no es pertinente a la unidad de manejo.

4- Discusión

4.1. Aspectos generales relacionadas con el sitio de estudio

Los resultados brindan información de lo que ha sucedido en el período evaluado con respecto a las unidades de manejo forestal evaluadas y que registran aprovechamiento forestal entre el año 2012 y 2017. Las áreas promedio de manejo para cada unidad de manejo forestal alcanza 109 ha con un área productiva de 76 ha promedio. En la Zona Sur de Costa Rica entre 1997-1998, Barrantes et al (1999) registraron que las áreas promedio bajo manejo eran de entre 22 y 57 ha, mientras que Meza y Méndez, (2006) reportar manejo forestal en fincas de menos de 75 ha

en la Zona Norte de Costa Rica, por su parte, McGinley y Cabbage, (2011) indican que el área promedio de manejo en Costa Rica es inferior a las 50 ha. Esta diferencia a nivel nacional puede deberse a que las áreas productivas están en función del tamaño del bosque en propiedad privada y del tamaño de las zonas de protección que se registren, en Costa Rica las fincas privadas de la Zona Norte son de mayor tamaño que las registradas en otras zonas del país, tal como lo reporta el último censo agropecuario realizado en el 2017.

Diferentes autores, han discutido sobre los tiempos de aprobación de un plan de manejo en Costa Rica, en esta evaluación se encontró que hay una clara diferencia en los tiempos de aprobación, entre subregiones, una explicación de esto es que las unidades de manejo que se ubican dentro de áreas silvestres protegidas como es el caso de las unidades de manejo que corresponden a la subregión Pital, corresponden con inmuebles de dominio privado que, en su mayoría, están dentro del Parque Nacional Maquenque y en consecuencia debieron obtener dentro del proceso de aprobación del plan de manejo, una viabilidad de Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA), esa viabilidad se tramita en San José y demora varios meses en otorgarse, lo que aumenta los plazos de aprobación. Navarro y Bermúdez (2006) reportaron que el tiempo promedio de aprobación de los planes de manejo ronda los 4,2 meses. Este tiempo es similar al reportado por las subregiones San Carlos-Los Chiles y Norte, no así para el caso de la subregión Pital. La repercusión más importante que tienen los tiempos de aprobación se da directamente sobre la competitividad de la actividad, los costos asociados a tener que esperar un permiso aumentan la incertidumbre sobre la actividad y aumentan también el riesgo de que se den actividades ilegales. Camacho, (2015) señala que el prolongado tiempo que debe esperar un productor forestal por un permiso es una barrera sensible en el manejo forestal sostenible.

Sobre el volumen de aprovechamiento y su intensidad, es claro que antes de los Principios Criterios e Indicadores de sostenibilidad, los aprovechamientos forestales en bosque representaban más del 70% del volumen extraído en el país. En nuestros

días, el volumen de madera extraído del bosque no representa más de un 6,5% del volumen total. Esto es un cambio drástico en la fuente de materia prima del país. El principal motivo para este cambio está en la alta cantidad de restricciones legales que presenta el manejo sostenible de los bosques. Camacho, (2015) y Navarro y Bermúdez, (2006) enfatizan este aspecto de manera repetida en sus estudios dejando manifiesto que cuando la rentabilidad disminuye por estas barreras al manejo se pone en riesgo la misma sostenibilidad del bosque natural manejado. No obstante, Quirós (1998) ha señalado que los bosques que producen más de 10 m³/ha, son bosques rentables, presentándose la máxima rentabilidad en bosques con más de 18 m³/ha. En esta evaluación es claro que con estas referencias los bosques manejados en la Zona Norte son rentables, no obstante, podría estarse presentando un sacrificio importante de la rentabilidad a partir de la gran cantidad de restricciones que presenta el manejo, tal como apuntan Navarro y Bermúdez (2006). Esto es importante de atender porque podría repercutir de forma importante en la sostenibilidad de las unidades de manejo forestal que han sido manejadas, Salas-Garita y Soliño (2019) han encontrado que las condiciones legales técnicas y administrativas inflexibles es un aspecto que condiciona la sostenibilidad del manejo forestal en Costa Rica y esas condiciones legales, técnicas y administrativas están asociado a la labor de las instituciones, las políticas y la gobernanza en general.

4.2. Variables cuantificadas

Se pudo observar que 12 de los indicadores cuantificados se muestran cumplidos en el 100% de las unidades de manejo esto muestra que el nivel de ejecución de los planes de manejo forestal observa con detenimiento el cumplimiento de aspectos relacionados con la sostenibilidad. Sin embargo, también es importante hacer notar que estos indicadores no serán útiles para generar modelos, en el tanto no ofrecen variabilidad que nos permita explicar la sostenibilidad o no de una unidad de manejo forestal.

Debido a esta situación de la no variabilidad entre unidades de manejo tampoco se podría utilizar el indicador 1.1.1. que no se cumple en el 100% de las unidades de manejo. Se agregan a esta lista el indicador 6.3.2. que no pudo ser evaluado en ninguna unidad de manejo debido a la carencia de información y el indicador 1.3.1. que se cumplió parcialmente en el 100% de las unidades de manejo evaluadas. Esto significa que poco más del 53% de los indicadores no podrán ser usados en un modelo por no mostrar esa variabilidad requerida para demostrar las diferencias que pudieran explicar la sostenibilidad.

Por otra parte, un poco más del 46% de los indicadores evaluados se muestran cumplidos en un alto porcentaje de las unidades evaluadas lo que nos permite afirmar que en la ejecución del manejo forestal en Costa Rica se observa de forma estricta el cumplimiento de los mismos, lo que nos conduce a reafirmar no solo lo minucioso del control que se lleva sino el alto grado de calidad que se exige en las operaciones de manejo forestal relacionadas con la fase del aprovechamiento.

4.3. Definición de Línea Base

Dos de los indicadores de sostenibilidad que tradicionalmente han sido utilizados en Costa Rica, para la toma de decisiones sobre las cosechas son el área basal y la cantidad de individuos, ambos por hectárea. En el año 2008 con la emisión del Código de Prácticas actual, estos indicadores se mantienen; sin embargo, el indicador de abundancia se ha disgregado para analizarlo en función de la abundancia de los gremios ecológicos presentes, y muy especialmente de la proporción presente de especies pertenecientes al gremio ecológico de heliófitas efímeras. La razón de esta disgregación radica en el hecho de que los bosques, al ser un mosaico de sucesiones, presentan al mismo tiempo el estadio dinámico y el homeostático; en el primero es posible encontrar una alta proporción de especies heliófitas efímeras debido a que hay una alta tasa de crecimiento, producto normalmente de la actividad propia de cicatrización de claros, mientras que en

presencia de estadíos homestático la proporción de especies por gremio ecológico crece para los gremios de heliófitas durables y esciófitas parciales.

El estándar costarricense ha considerado que un bosque que ya ha sido aprovechado, puede ser aprovechado nuevamente si, entre otras cosas, al evaluar nuevamente su estructura y composición, este demuestra que ha recuperado el área basal y que la proporción de heliófitas efímeras es menor al 15% del total de individuos arriba de los 10 cm.

En sentido estricto lo que se quiere es verificar que el bosque que ya ha sido aprovechado, no solo haya recuperado su área basal, sino que además demuestre que las especies presentes tienen una proporción propia de los bosques maduros en cuanto a la proporción de especies por gremio ecológico. Si el bosque ha recuperado su área basal, pero tiene más del 15% de individuos perteneciente al gremio de heliófitas efímeras, entonces significa que la composición de las especies o se alteró sobre manera con las intervenciones anteriores y aún requiere de más tiempo para ser recuperado o bien la composición de las especies se alteró en tal nivel que la reposición de especies no se ha dado de forma adecuada, y por ende habría que esperar más tiempo para su recuperación.

En el presente estudio se ha cuantificado indicadores de unidades de manejo de bosque que han sido aprovechadas al menos una vez antes de que los PCI's existieran, es por ello que se ha recurrido a la información de parcelas permanentes de muestreo que tengan información antes de que el bosque fuera intervenido por primera vez. En este sentido las líneas base confirman varios aspectos, el primero es que demuestran que los bosques no intervenidos no presentan proporción de especies heliófitas arriba del 15% con respecto a las demás especies. Lo segundo que se confirma es que los bosques intervenidos una y dos veces no solo están retornando a las áreas basales originales con respecto a la línea base, sino que la composición de las especies por gremio, también está demostrando que el bosque se ha cicatrizado a niveles similares a los que se tenían en el bosque antes de su primera intervención.

El tercer elemento que se está demostrando es que al ser los bosques un mosaico de sucesiones, cuando la unidad de manejo clasifica en un 70% o más del área en el tipo de bosque según la clasificación de Sesnie (2008), las áreas basales de los bosques ya intervenidos, una vez transcurridos 15 años desde la última cosecha, están retornando a niveles muy cercanos a los que el promedio y las bandas de confianza del bosque intervenido tienen para el área basal. Es importante indicar que no se han encontrado estudios publicados para el trópico que hayan demostrado estos 3 hallazgos.

Otro elemento de gran relevancia en señalar es que en el 94% de los aprovechamientos autorizados en la Zona Norte durante el período de estudio cumplieron con ser aprobados para unidades de manejo forestal que presentaron área basal superior al valor de referencia mínimo fijado por la normativa y 96% de las unidades de manejo aprobadas para una segunda cosecha correspondieron con unidades de manejo cuyo valor de referencia mínimo de presencia de heliófitas efímeras se cumplió, siendo estadísticamente inferior al 15%. Para las unidades de manejo que no cumplieron con estos dos indicadores y que aun así recibieron una aprobación se revisó de manera explícita lo sucedido con los datos de campo y se comprobó que lo que sucedió es que se aplicó de forma equivocada la interpretación estadística a los resultados obtenidos, es decir, se aceptó hipótesis nula cuando en realidad debió rechazarse al momento de interpretar los resultados.

Especialmente importante para el caso de la Zona Norte es contar con monitoreo periódico de la línea base para el tipo de bosque Qp, pues ese tipo de bosque se presenta en el 52% de las unidades de manejo de la zona; además, es importante lograr obtener información de parcelas permanentes de muestreo para los bosques del tipo Dg y Ta para definir su línea base pues en estos tipos de bosque definidos por Sesnie (2008), no se ubicó para el presente estudio información; además, es importante lograr definir líneas base para otros tipos de bosque que quedan fuera de las zonas de clasificación de los bosques definidos por Sesnie, pues el valor de referencia mínimo que se ha establecido para esos tipos de bosque se considera

que podrían estar muy alejados del verdadero valor que debería considerarse como mínimo, lo que podría significar permitir perturbarlos más de lo que realmente se debería.

Es además relevante que el Estado y las organizaciones monitoreen parcelas permanentes en el tiempo pues ante los posibles efectos del cambio climático los valores de referencia para el área basal y la composición de especies por gremio ecológico de heliófitas efímeras podría modificarse por efecto de esta condición.

4.4. Validación de indicadores

Validar una variable significa que se está verificando la validez que la misma tiene en el contexto que se utiliza. No existen rangos de aceptabilidad predefinidos para este caso, Campos y Ortega (2017) señalan que alcanzar el 80% en criterios de validación para evaluaciones que pretenden acreditar sistemas de enseñanza es apropiado; sin embargo, en sistemas más severos como en el campo de la medicina Frosst, (2015) considera que la validación se debe otorgar a aquellos casos cuyos criterios muestren valores superiores al 95%. Para este caso, considerado el grado de relevancia que tiene la sostenibilidad se consideró que para que el indicador sea válido de alcanzar un valor 100% en los indicadores definidos. De los 30 indicadores que Salas y Soliño, (2021) recomiendan utilizar en evaluaciones de la sostenibilidad se encontró que en el proceso de validación solo 25 de ellos alcanzaron la nota de 100%, los indicadores 1.1.1., 3.2.2., 3.2.3., 6.2.1. y 7.4.1. no alcanzaron la nota de 100 y por ello no se consideran válidos, esto significa que para cuantificar el indicador la información es difícilmente accesible, tienen un alto costo para localizar o reconstruir la información o no son pertinentes a la unidad de manejo sobre la cual se desea evaluar la sostenibilidad y por ello queda descartado su uso en una evaluación de sostenibilidad.

Los 25 indicadores elegidos representan todas las dimensiones de sostenibilidad que tradicionalmente se han definido especialmente la ecosistémica, y la social y en menor grado la económica, la dificultad encontrada para definir más indicadores

económicos radica en el hecho que la información es altamente costosa de obtener, pues normalmente hay que construirla de cero.

5- Conclusiones

Si bien se ha logrado cuantificar los indicadores de 50 unidades de manejo en la Zona Norte de Costa Rica, no ha sido posible localizar la información completa en todos los casos. La razón más común ha sido la no accesibilidad de la información y el alto costo o la imposibilidad de reconstruir la información para cuantificar el indicador, a pesar de esto se ha logrado validar un 83,3% de los indicadores propuestos para ser utilizados en evaluación *ex post* de la sostenibilidad de unidades de manejo forestal en bosque.

Mantener un monitoreo periódico de las parcelas permanentes de muestreo es esencial para comparar estos resultados con el manejo forestal que se está llevando a cabo en los bosques; sin embargo, el costo asociado a este monitoreo debe ser procurado por el Estado, de preferencia en asocio con la academia, con el fin de que el costo de este monitoreo no se cargue a los costos del manejo forestal de cada unidad de manejo, dado que afectaría su rentabilidad.

Paralelo a esto, es esencial tener monitoreado todos los tipos de bosque que se han definido en el Código de Prácticas, este monitoreo permitiría, en el largo plazo, determinar si los valores de referencia mínimos establecidos para el área basal y los máximos para el gremio de heliófitas efímeras debe modificarse.

Lograda la validación de 25 indicadores y considerando las particularidades de algunos de ellos se recomienda utilizar estos resultados para la elaboración de modelos de predicción de la sostenibilidad lograda en las unidades de manejo forestal manejadas.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por el financiamiento del proyecto “***Diseño de una metodología para evaluar el manejo sostenible de los bosques***”.

A los funcionarios de las oficinas subregionales de San Carlos -Los Chiles, Pital y Norte del Area de Conservación Huetar Norte del SINAC quienes de forma desinteresada colaboraron en el suministro de información para llevar a cabo la cuantificación de información.

A los propietarios de fincas por permitir el acceso a las mismas para realizar comprobación de campo.

A los estudiantes Leonardo Alvarez Alcazar y Geovanny Alfaro Figueroa quienes colaboraron en la remediación de parcelas permanentes.

6- Referencias

1. Armitaje, L. (1999). Directrices para la ordenación de los bosques tropicales: producción de madera (No. CIDAB-SD391-F6e-135). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 135-330 p.
2. Barrantes, G., Jiménez, Q., Lobo, J., Maldonado, T., Quesada, M., & Quesada, R. (1999). Evaluación de los planes de manejo forestal autorizados en el periodo 1997–1999 en la Península de Osa. Cumplimiento de normas técnicas, ambientales e impacto sobre el bosque natural.
3. Camacho, A. (2015) Diagnóstico corto sobre las barreras que desalientan el manejo de bosques naturales en Costa Rica y propuestas de solución. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Forest Monitoring System for REDD+. Costa Rica. Available online: <https://onfcr.org.cyclope.ws/media/uploads/documents/diagnostico-corto-mfs-bosques-en-cr.pdf> (accessed on 20 November 2018).

4. Campo, S. y Ortega, M. C. (2017). Validación del cuestionario de autoevaluación para unidades administrativas y de servicios. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(2), 338-349. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052017000200338>.
5. Cubbage, F., Diaz, D., Yapura, P., & Dube, F. (2010). Impacts of forest management certification in Argentina and Chile. *Forest Policy and Economics*, 12, 497-504.
6. Fournier, L. A. (1985). El sector forestal de Costa Rica: antecedentes y perspectivas. *Agron. Costarr*, 9(2), 253-260.
7. Frosst, G., Hutcheon, J., Joseph, K. S., Kinniburgh, B., Johnson, C. & Lee, L. (2015). Validating the British Columbia Perinatal Data Registry: a chart re-abstractation study. *BMC pregnancy and childbirth*, 15(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12884-015-0563-7>.
8. Hickey, G. (2008). Evaluating sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(2), 109-114. doi:10.1016/j.ecolind.2006.11.011.
9. IBM. SPSS Statistic. SPSS 23.0 for windows, Chicago. USA. 2014.
10. Leyes y Decretos. (1996). Asamblea Legislativa. Ley Forestal No 7575. Costa Rica.
11. Leyes y Decretos. (2008). Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos. Costa Rica.
12. Leyes y Decretos. (2009). Ministerios de Ambiente y Energía. R-SINAC-021-2009. Código de Prácticas.
13. Maesa, W., Fontaine, M., Rongé, K., Hermy, M., & Muys, B. (2011). A quantitative indicator framework for stand level evaluation and monitoring of environmentally sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 11, 468-479.

14. Masera, O., Astier, M. and Lopez-Ridaura, S. (2000) Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS, Mexico, MundiPrensa-GIRA.
15. McGinley, K., & Cubbage, F. (2011). Governmental regulation and nongovernmental certification of forests in the tropics: Policy, execution, uptake, and overlap in Costa Rica, Guatemala, and Nicaragua. *Forest Policy and Economics*, 13, 206-220.
16. Meza, V., & Méndez, J. (2006). Segundas cosechas bajo un sistema policíclico de manejo para bosques húmedos tropicales. Región Huetar Norte, Costa Rica. In Congreso Latinoamericano IUFRO. (2, 2006, La Serena, CL). 2006. Congreso (pp. 1-13).
17. Navarro G, Bermúdez G. (2006). Análisis económico del impacto de las restricciones técnicas y legales sobre la rentabilidad del manejo bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. SINAC-FAO- TCP/COS/3003. 57 p.
18. Orozco, L.; Brumér, C.; Quirós, D. (2006) Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. Manual técnico / CATIE; no. 63. Turrialba, Costa Rica, pp 3-4.
19. Pires, S. M.; Fidélis, T. (2015) Local sustainability indicators in Portugal: assessing implementation and use in governance contexts. *Journal of Cleaner Production*, 86, pp.289-300.
20. Quesada, R. (2006). Editorial: Bosques naturales en Costa Rica y su Manejo. *Revista Forestal Mesoamericana*, 9, 1-2.
21. Quesada, R.; Acosta, LG.; Garro, M.; Castillo, M. (2012). Dinámica del crecimiento del bosque húmedo tropical, 19 años después de la cosecha bajo cuatro sistemas de aprovechamiento forestal en la Península de Osa, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 25(5), 55-66.

22. Quirós, D. (1998). Manejo sustentable de un bosque primario intervenido en la Zona Atlántica Norte de Costa Rica (Vol. 303). Bib. Orton IICA/CATIE.
23. Salas-Garita, C., & Soliño, M. (2019). Estimating the Sustainability of Managed Natural Forests in Costa Rica—A Hybrid Delphi & Choice Experiment Approach. *Forests*, 10(10), 832. <https://doi.org/10.3390/f10100832>.
24. Salas-Garita, C., & Soliño, M. (2021). Set of reference indicators for the evaluation of sustainable management of natural forests in Costa Rica: The relevance of the institutional dimension. *Ecological Indicators*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106979>
25. Sesnie, S. E., Gessler, P. E., Finegan, B., & Thessler, S. (2008). Integrating Landsat TM and SRTM-DEM derived variables with decision trees for habitat classification and change detection in complex neotropical environments. *Remote Sensing of Environment*, 112(5), 2145-2159.
26. Sotto J, G.; Ennals, A. (1999) El manejo local de bosques, un instrumento para el desarrollo rural. Documento de trabajo. FTTP/FAO, San José, Costa Rica.
27. Van Gossuma, P., Arts, B., De Wulf, R., & Verheyen, K. (2011). An institutional evaluation of sustainable forest management in Flanders. *Land use Policy*, 28, 110-123.

El presente capítulo está a la espera de ser aceptado para publicación en revista indexada.

Capítulo 3

Modelos de predicción de la sostenibilidad

Estimando la sostenibilidad de los bosques naturales manejados en Costa Rica: una aproximación desde el enfoque híbrido Delphi & experimento de escogencia.

Modelo de regresión logística para predecir la sostenibilidad de unidades de bosque natural manejado en Costa Rica.

Estimando la sostenibilidad de los bosques naturales manejados en Costa Rica: una aproximación desde el enfoque híbrido Delphi & experimento de escogencia.

Resumen:

El manejo forestal de los bosques naturales en Costa Rica permite la extracción de madera siempre que se garantice que las acciones de aprovechamiento cumplen diversos Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (PCI). Estos sistemas son jerárquicos y complejos y se utilizan *ex-ante* en la formulación y aprobación del Plan de Manejo, pero no se han utilizado *ex-post* en la evaluación de los bosques ya manejados. Crear sistemas de evaluación que permitan evaluar la sostenibilidad con pocos criterios es muy deseable y en ese sentido los experimentos de elección contribuyen a la simplificación del sistema inicial de toma de decisiones, complementando un sistema complejo de PCI que permiten realizar análisis pormenorizados de las unidades de manejo forestal. En este estudio se integró un experimento de elección en una aplicación Delphi y se logró identificar 5 variables clave para evaluar la sostenibilidad de los bosques naturales manejados. En orden de importancia, estas variables corresponden con condiciones técnicas, legales y administrativas, de financiamiento externo, rendimiento productivo, costos de elaboración del plan de manejo, y mecanismos de pagos por servicios ambientales. La definición de estas variables reafirma que las condiciones técnicas legales y administrativas son críticas no solo para la sostenibilidad, sino que podrían reflejar el tipo de gobernanza que se desarrolla en torno al manejo de los bosques.

Palabras clave: expertos, grupos de interés, preferencias establecidas, encuestas bosque húmedo tropical.

Abstract:

Management of natural forests in Costa Rica allows timber extraction as long it is guaranteed that the exploitation activities comply with diverse Sustainability

Principles, Criteria and Indicators (PCI). These are hierarchical and complex systems used *ex-ante* in the formulation and approval of the Management Plan, but that have not been used *ex-post* in the evaluation of already managed forests. Development of evaluation systems that allow evaluating sustainability with few criteria is highly recommended, and, in that sense the choice experiments contribute to simplification of the initial system of decision making, complementing a complex system of PCI that permits detailed analysis of the forest management units. In this study a choice experiment was included in a Delphi application and 5 key variables were identified to evaluate the sustainability of managed natural forests. These variables are, in order of importance: technical, legal and administrative conditions; external financing conditions; production performance; costs of preparing the management plan; and mechanisms of payment for environmental services. The definition of these variables confirms not only that the technical, legal and administrative conditions are critical for sustainability, but that they could reflect the type of governance involved in forest management.

Keywords: expert; stakeholder; stated preferences; survey; tropical humid forest.

1- Introducción

En el ámbito internacional relacionado con política forestal, los decisores políticos de la mayoría de los países reconocen la importancia del manejo forestal sostenible (MFS) (Van Gossum, Arts, De Wulf & Verheyen, 2011), o sea, un sistema de manejo que intenta equilibrar el desarrollo social, económico y los valores ecológicos asociados a los bosques, para las actuales y futuras generaciones (Hickey, 2008). Armitaje, (1999) y Maesa, Fontaine, Rongé, Hermy & Muys, (2011) indican que el MFS fue interpretado inicialmente como la sostenibilidad del aprovechamiento del bosque, basado en un aprovechamiento forestal mejorado donde se aseguraba el equilibrio de la producción entre cosechas. A pesar de que los aspectos silviculturales del bosque son de gran relevancia para alcanzar la sostenibilidad, con el paso de los años las dimensiones social y económica han ganado peso. Así, los

derechos de propiedad de la tierra, la organización y la participación, el conocimiento de las instituciones que regulan ese manejo forestal, los servicios ecosistémicos, etc. han adquirido un peso relevante (Sotto & Ennals, 1999 y Pires & Fidélis, 2015), de tal forma que el MFS se ha convertido en el paradigma dominante (Cubbage, Díaz, Yapura & Dube, 2010).

El Gobierno de Costa Rica ha reconocido desde los años 90 la importancia del desarrollo sostenible y en el Plan Nacional de Desarrollo Forestal (PNDF) desde su primera versión a inicios del milenio, señalaba que Costa Rica tiene un potencial de manejo forestal del bosque de 160 000 ha en manos de propietarios privados (Sage, 2004). Sin embargo, ese plan no incluyó ninguna política expresa de promoción o de atención al MFS, excepto por lo establecido en la Ley Forestal. Durante este período el MFS del bosque en todo el país no abasteció ni el 3% del volumen demandado e incluso en el 2010 llegó a ser tan solo 1,7% del total, (Barrantes, Paniagua & Salazar, 2011). Es claro que a pesar de que el PNDP 2001-2010 propuso la meta de que un 25% de la madera para el mercado nacional fuera del MFS de los bosques (MINAE, 2004), no se logró cumplirla. En aras de corregir esta deficiencia, el MFS fue abordado explícitamente en el PNDP 2011-2020 como una política (MINAE, 2011). Durante este período y desde el 2009 se ha mantenido un sistema de pagos por servicios ambientales (PSA) para manejo destinado específicamente a MFS en bosque y se cambió la normativa de PCI. Al amparo de este esquema, el aporte del MFS de los bosques se incrementó del 1,7% a 5,1% en el 2016 (Barrantes & Ugalde, 2017), aunque en términos de superficie representó una actuación de escasa magnitud en relación con el potencial señalado por Sage et al. (2006).

El Manejo Forestal (MF) de los bosques naturales en Costa Rica considera actualmente la extracción de madera de los bosques naturales siempre que se garantice que las acciones de aprovechamiento se van a realizar siguiendo Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (PCI), contemplados en un plan de manejo (PM). Los PCI en Costa Rica son complementados con un código de

buenas prácticas que establece la regulación técnica del MFS como actividad productiva y un manual de procedimientos que es útil para garantizar la sostenibilidad jurídica del manejo del bosque, definiendo el campo de acción de la Administración Forestal del Estado (AFE) (Camacho, 2015). Con este sistema, Costa Rica impuso complejos condicionantes técnicos y legales, lo que ha provocado un desincentivo para los propietarios del bosque a desarrollar un MFS (Morán, et al., 2006).

Ese sistema jerárquico ha resultado en la formulación y evaluación del PM para su aprobación, pero, salvo excepciones, no se ha procedido a la evaluación del MF ya ejecutado. Esto ha sido debido a los elevados costos de control y seguimiento, pues las actividades desarrolladas suelen estar recogidas en documentos escritos y no en sistemas digitales integrados. Todo ello convierte la evaluación de la sostenibilidad en algo laborioso y costoso, pudiendo superar los costos de transacción los propios beneficios del sistema. Es por ello que crear sistemas de evaluación que permitan tomar decisiones con pocos criterios es recomendable. En este sentido, los experimentos de elección discreta (EED) pueden contribuir a la simplificación del sistema inicial de toma de decisiones, sin tener que abandonar un sistema complejo de PCI que permita realizar análisis pormenorizados de las unidades de manejo forestal. Los EED se utilizan ampliamente para realizar valoraciones de programas multidimensionales, como lo es el MF (Hoyos, 2010).

Los EED permiten estimar valores de uso y de no uso, siendo estos últimos intangibles que podrían estar motivados por el deseo de heredar activos actuales a las futuras generaciones, o por motivos exclusivos de conservación (Vega & Alpizar, 2011). La sostenibilidad podría considerarse uno de estos intangibles.

Si bien la sostenibilidad es un aspecto que se discute de manera no despreciable en todo el mundo, (Mac Dicken, Sola, Hall, Sabogal, Tadoum & De Wasseige, 2015) no existen formas definitivas de medirla por completo, sino que se llega a aproximaciones. En este sentido, un EED podría contribuir al análisis de la

sostenibilidad de las unidades de manejo forestal con base en un conjunto limitado de criterios, que se suponen fundamentales para el común de las personas, sin entrar en aspectos sumamente complejos que requieren de sistemas de evidencias abundantes y posiblemente costosas de recopilar. Asimismo, los resultados de un EED podrían proporcionar información a los planificadores forestales para su toma de decisiones y diseño de políticas (Hicks, 2002; Chaikaew, Hodges & Grunwald, 2017).

Los aportes a través de EED, son muy abundantes y en variedad de aplicaciones a nivel mundial, aunque en el caso de Costa Rica no han sido herramientas tan utilizadas o, al menos, divulgadas. Algunas excepciones son estudios de preferencias para desarrollo de ecoturismo, (Hearne, & Salinas, 2002), transporte (Alpizar, & Carlsson, 2003), productos orgánicos, (Hearne, & Volcan, 2002), gestión ambiental, (Richardson, Kellon, Leon & Arvai, 2013), proyectos de energías renovables y de turismo recreativo, (Vega & Alpizar, 2011) y conservación de áreas protegidas (Alpizar, Martinsson & Nordén, 2015).

En este artículo se propone que la sostenibilidad del MFS, más allá de los fundamentos técnicos específicos y de la complejidad de cuantificarla a través de complejos sistemas jerárquicos como los PCI, es percibida de forma diferenciada por expertos forestales con base en un conjunto limitado de variables. De tal forma, la consideración de estas variables, cuantificadas en términos de preferencias sociales, permitiría obtener un indicador sintético sobre la sostenibilidad del Manejo Forestal de los bosques.

2- Materiales y métodos

2.1. Área de estudio

El área del presente estudio se centra en la Zona Norte de Costa Rica (Figura 8), donde se ha ejecutado la mayor cantidad de planes de manejo forestal en el bosque natural. Las estadísticas del país indican que el 97,5% del total de los

aprovechamientos autorizados en los últimos 5 años a nivel nacional se realizaron en esta región de 892 400 ha de las cuales 175 468 ha (19,7%) corresponde con bosque privado. De este bosque privado, 5 445 ha han sido objeto de MF con planes de PM durante el período 2012-2018. El MF representa 3,1% del área de bosque de la Zona Norte.

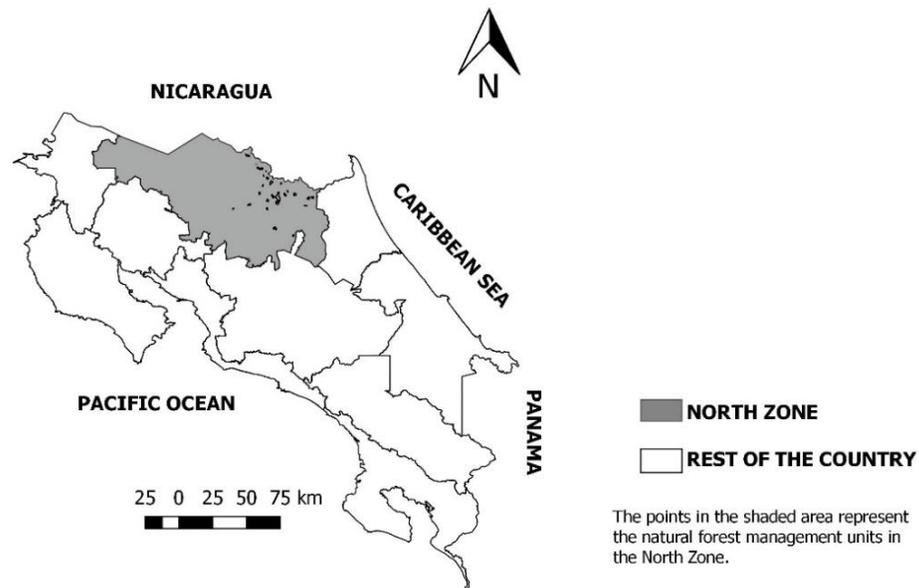


Figura 8. Localización de la Zona Norte de Costa Rica correspondiente al área de estudio.

2.2. La muestra

Este estudio se basa en las preferencias declaradas de un panel de expertos forestales que incluye a dos propietarios forestales privados, ocho funcionarios estatales que autorizan y supervisan los planes de manejo, tres expertos forestales que han participado en el diseño de los PCI utilizados en la planificación de la actividades de manejo en los últimos 20 años, diez ingenieros forestales privados a cargo de la planificación y ejecución del manejo forestal, dos fiscalizadores de los profesionales a nivel nacional y cinco académicos expertos en manejo forestal. Los

expertos participaron en dos rondas de encuestas, tras un proceso de consulta iterativo basado en el método Delphi (Dalkey & Helmer, 1963; Sackman 1975; Navrud & Strand, 2016). El panel de expertos estuvo compuesto por 30 personas en la primera ronda, de las cuales siete (un experto forestal, dos funcionarios estatales, un propietario privado y tres ingenieros forestales) abandonaron el panel en la segunda ronda de consultas. Los resultados de la primera ronda de expertos se presentaron en la segunda ronda, en lo que se conoce como “retroalimentación” controlada en la aplicación Delphi. Se presentaron los resultados medios y la dispersión de las respuestas asegurando siempre el anonimato de los participantes. La Figura 9 muestra el proceso de muestreo que se realizó en este estudio.

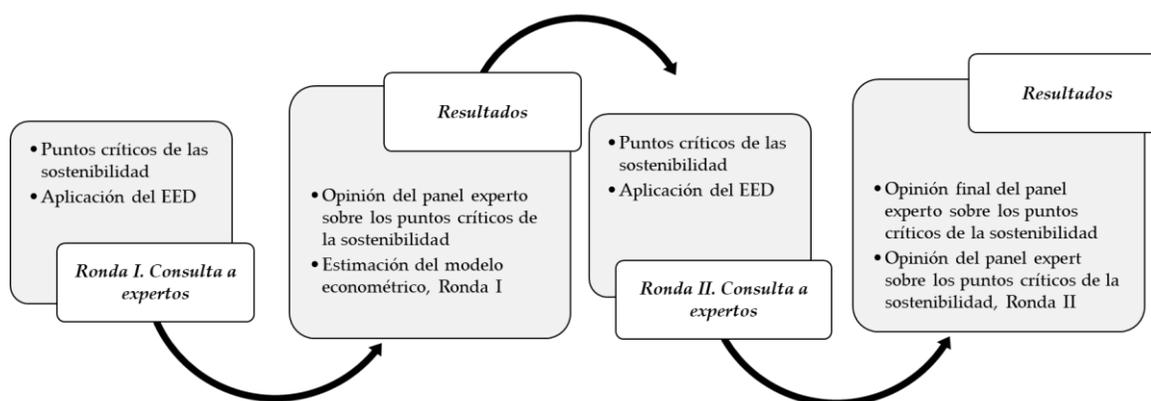


Figura 9. Proceso de muestreo siguiendo el Método Delphi aplicado en este estudio.

2.3. Experimento de Elección Discreta

La selección y definición de los puntos críticos a evaluar fueron cuestiones clave en el diseño del EED. En este sentido, Hoyos (2010) indica que, si bien los encuestados

pueden considerar diferentes tipos de puntos críticos, es importante que el EED capte aquellos que son comunes para la mayoría, para evitar consideraciones sobre puntos críticos omitidos. Para ello, se sugiere una exploración previa y el asesoramiento de expertos y grupos focales facilita la definición de los puntos críticos y sus respectivos niveles.

Se aplicó una encuesta iterativa de dos rondas para determinar los elementos que los expertos consideraron como puntos críticos para la sostenibilidad de la unidad de bosque manejo (UM). Se contemplaron diferentes dimensiones del MFS y, se les presentó una lista de posibles elementos. Cada elemento corresponde a los atributos de productividad, estabilidad, adaptabilidad, equidad y autogestión, siguiendo el marco MESMIS (Evaluación de la sostenibilidad de sistemas socioambientales complejos) López-Ridaura et al. (2005). En la primera ronda se preguntó a cada experto si consideraba esos elementos como puntos críticos y si era necesario agregar nuevos elementos (cuadro 1).

En esta primera ronda se diseñó un EED utilizando cinco elementos identificados en la literatura como relevantes para el estudio del MFS. Las tarjetas de elección que se le presentó a los expertos son resultado de un diseño pivotante basado en un criterio de D-eficiencia (Rose y Bliemer, 2012) realizado con el software Ngene. La Figura 10 muestra un ejemplo de las tarjetas utilizadas en el experimento de la primera ronda.

<i>Punto crítico</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Normal	Normal	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Normal	Normal	Alto
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Normal	Alta	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	No	Sí	Sí
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Figura 10. Ejemplo de una de las tarjetas de elección utilizadas en la ronda I del método Delphi. Cada experto seleccionó el orden de las unidades de manejo (UM) A a D, donde 1 representa la UM más sostenible y 4 la menos sostenible.

A partir de los resultados de la primera ronda, finalmente se determinaron los puntos críticos a incluir en el EED de la segunda ronda, así como los niveles para cada uno de ellos (cuadro 14). A diferencia del experimento de la primera ronda, los puntos críticos se seleccionaron con base en las opiniones del panel de expertos, que coincidió en gran medida con la revisión de la literatura realizada para la primera ronda. Las diferencias consistieron en el punto crítico “condiciones técnicas legales y administrativas para el manejo”, que no se incluyó en la primera ronda y el punto crítico “miembro de grupos organizados de productores”, que fue descartado en el experimento de elección de la segunda ronda. Asimismo, las consultas de expertos permitieron establecer los niveles de los puntos críticos de manera diferente a la primera ronda, algunos de ellos definidos cuantitativamente. Así, en la segunda ronda se propuso un nuevo experimento, siguiendo el mismo procedimiento de diseño experimental (pivotante y de D eficiencia) y formato de pregunta (ordenando de 1 a 4) de la primera ronda. La figura 11 muestra un ejemplo de una de las tarjetas utilizadas en la segunda ronda.

Cuadro 14. Puntos críticos y niveles utilizados en el experimento de escogencia en la primera y segunda ronda.

Puntos críticos	Niveles (Ronda I)	Niveles (ronda)
Rendimiento productivo: Los bosques manejados utilizan un Valor de Referencia Mínimo (VRM) de área basal dependiendo del sitio.	Bajo	10% más alto que el VRM
	Normal	Igual al VRM
	Alto	10% menos que el VRM
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo: costos incurridos por el promietario para la obtención del Plan de Manejo Forestal y costos de ejecución de la extracción de la madera	Normal	10% más alto que el promedio
	Alto	Igual al promedio
		10% menos que el promedio

Puntos críticos	Niveles (Ronda I)	Niveles (ronda)
Financiamiento Externo: cuando el propietario tiene la necesidad de conseguir un financiamiento externo para asumir la elaboración y la ejecución del Plan de Manejo Forestal.	Normal Alto	Sí No
Pago por Servicio Ambiental (PSA): Se refiere a las opciones reales que existen en el país para recibir PSA una vez cosechado el bosque. Las opciones corresponden a: PSA para bosques que además de las actividades de protección también ofrecen recursos hídricos; PSA para bosques que ofrecen protección; PSA para bosques gestionados y la última opción son los bosques que no reciben PSA.	Ausente Presente	74 \$/ha/año 60 \$/ha/año 46 \$/ha/año 0 \$/ha/año
Condiciones técnicas, legales y administrativas del plan de manejo: se refiere a los trámites o procedimientos relacionados con el otorgamiento de permisos y la supervisión que ejerce el Estado cuando se autorizan actividades a través de un plan de manejo forestal.	No se incluyó en el diseño experimental	Inflexible: Se percibe que el Estado aplica procedimientos y normas de manejo sin considerar las diferencias entre los bosques sometidos a manejo. Variable: los resultados del trámite varían según el funcionario del Estado o la oficina que se ocupa del proceso. Estable: Condiciones ideales, el usuario no percibe influencia del funcionario, ni de la oficina a cargo. El proceso de aprobación y la emisión de guías de transporte de madera se rige por las reglas pero muestra flexibilidad en cuanto a las particularidades del bosque.
Pertenencia a grupos de productores organizados: se refiere a la posibilidad de que los productores sean miembros de cooperativas, centros agrícolas, organizaciones no gubernamentales y asociaciones de productores, entre otros, y que le permite al productor contar con servicios técnicos y legales a través de estas organizaciones.	Sí No	No se incluyó en el diseño experimental

Punto Crítico	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo (con respecto al promedio)	↘ -10%	= 0%	↗ +10%	= 0%
Rendimiento productivo (con respecto al promedio)	↘ -20%	↘ -10%	↘ -10%	= 0%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el plan de manejo	Sí	Sí	No	No
Condiciones técnicas, legales y administrativas	Estable	Variable	Inflexible	Variable
Pago por Servicio Ambiental (por 5 años)	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año	74 \$/ha/año	0 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4			

Figura 11. Ejemplo de una de las tarjetas de elección utilizadas en la ronda II del método Delphi. Cada experto seleccionó el orden de las UM de la A a la D, donde 1 representa la UM más sostenible y 4 la menos sostenible.

2.4. Modelo y análisis de datos

Dos experimentos de ranqueo contingente (RC) fueron presentados a una muestra representativa de expertos forestales (propietarios, ingenieros forestales, funcionarios estatales, entre otros). El RC incluyó un análisis de Delphi de dos rondas que trató sobre la sostenibilidad de los bosques naturales en Costa Rica. Para ambos RC, cada encuestado se enfrentó a 12 tarjetas de elección, cada una con cuatro unidades de manejo forestal descritas por un conjunto de cinco atributos (cuadro 1). En cada conjunto de opciones, los expertos clasificaron las unidades de gestión de 1 (la más sostenible) a 4 (la menos sostenible). Se supone que los expertos ($i = 1, \dots, I$) son racionales y maximizan su utilidad cuando eligen entre un conjunto de alternativas ($j = 1, \dots, J$) en cada conjunto de elección (C). Para cada alternativa j del conjunto de elección, la función de utilidad indirecta experta (U_{ij}) depende de i) un elemento determinista (V_{ij}) y ii) un componente estocástico o aleatorio (ε_{ij}), que el investigador no puede observar.

$$U_{ij} = V_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

En términos de inferencia probabilística, la probabilidad de elección es:

$$P(U_{ik} > U_{ij}) = P[(V_{ik} - V_{ij}) > (\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{ik})] \quad k \neq j, k, j \in C \quad (2)$$

Beggs et al. (1981) desarrollaron el modelo econométrico para analizar la información obtenida del RC. Solo se utilizaron los mejores rangos para el análisis como lo sugirieron Caparrós et al. (2008), Scarpa et al. (2011), Akaichi et al. (2013) o Varela et al. (2014), entre otros. Por lo tanto, los modelos Logit de parámetros aleatorios (RPL) proporcionan una forma compatible de analizar los datos de elección discreta y tratar la heterogeneidad de preferencia no observada (Train, 2009). La especificación de parámetros aleatorios supone que los valores de preferencia individual β varían en la población con densidad $f(\beta|\Omega)$, donde Ω denota los parámetros de densidad. Por lo tanto, la probabilidad de que el experto haya observado las mejores clasificaciones $[y_1, y_2, \dots, y_T]$ se calcula resolviendo la ecuación 3 utilizando 1000 repeticiones y secuencias de Halton en simulaciones (Train, 2009; Hensher et al., 2005).

$$P_i[y_1, y_2, \dots, y_n] = \int \dots \int \prod_{t=1}^T \left[\frac{e^{\alpha_j + S_{ij}\beta_t}}{\sum_{k=1}^J e^{\alpha_k + S_{ik}\beta_t}} \right] f(\beta | \Omega) d\beta \quad (3)$$

3- Resultados

3.1. Actitud hacia puntos críticos

En la primera ronda se determinó qué elementos presentes en una unidad de manejo representaban los puntos críticos para su sostenibilidad, es decir, aquellos elementos que influían en la probabilidad de clasificar una unidad como sostenible. Es importante hacer notar que en primer lugar el experto evaluó los puntos críticos de forma aislada y cualitativa, pero en el EED estos mismos puntos críticos son

evaluados de forma conjunta, de forma que se realizan interacciones entre los mismos.

Consultados los expertos sobre cada punto (cuadro 15), se comprobó que un alto porcentaje concuerda con ciertos puntos críticos más que en otros. Por ejemplo, la inflexibilidad legal y administrativa representó el 90% de las respuestas, la variación en los procedimientos entre oficinas, el 53,3% de las respuestas y las variaciones técnicas, legales y administrativas, el 70% de las respuestas. Como este resultado (condiciones técnicas, legales y administrativas) fue propuesto en la primera ronda (no resultó de la revisión de la literatura), no se incluyó en la primera ronda del EED, pero la solidez de las opiniones del panel de expertos llevó a incluir este punto crítico en la segunda ronda del EED. También se muestra como crítico para la sostenibilidad la alta dependencia de financiación, lo que está relacionado con el alto endeudamiento de los productores (73,30% de las respuestas). Tanto el alto costo de las labores de manejo (63,30% de las respuestas) como el bajo rendimiento productivo (53,30% de las respuestas) fueron incluidos como puntos críticos por los expertos. Con total contundencia no fueron considerados como puntos críticos en la sostenibilidad, la migración de las poblaciones aledañas a los bosques hacia otros puntos del país, ni el deterioro de la organización comunal. Estos resultados se utilizaron como elementos a considerar en la definición de los puntos a evaluar en la segunda ronda del EED.

La deforestación que está relacionada con la pérdida del valor de la tierra que tiene bosque (73,3%) es considerada por el 80% de las opiniones como un punto crítico. Pero estos elementos no se utilizan en la segunda ronda como puntos críticos porque el cambio de uso de la tierra en Costa Rica está prohibido por Ley y, al estar prohibido, el solo hecho de que se identificara deforestación haría que toda la unidad de manejo fuera catalogada como insostenible. En esta misma línea, la pérdida de valor de la tierra que tiene el bosque se considera como punto crítico para la sostenibilidad, pero al estar nuevamente prohibido el cambio de uso, se descarta el uso de estos dos elementos en el EED de la segunda ronda.

Al contrario, resulta destacable que son pocos los expertos que consideran que la ausencia del pago por servicio ambiental es punto crítico en la sostenibilidad (13,3% de las respuestas cualitativas). Sin embargo, el atributo se volvió a utilizar en la segunda ronda debido a que (como se verá en el siguiente apartado) los resultados del experimento de la primera ronda muestran que este atributo fue estadísticamente significativo al 99%, como puede verse en el cuadro 3. Finalmente, ninguno de los expertos consideró necesario agregar puntos críticos a la lista seleccionada en la primera ronda del EED.

Cuadro 15. Opinión del panel experto sobre los puntos críticos de la sostenibilidad

<i>Atributo</i>	<i>Punto Crítico</i>	<i>Sí se considera riesgo (%)</i>	
		<i>Ronda I</i>	<i>Ronda II</i>
Productividad	Alto costo de las labores de Manejo Forestal	63,30	87,00
	Bajo rendimiento productivo	53,30	78,30
	Baja calidad de productos	36,70	56,50
	Ausencia al Pago por Servicio Ambiental	13,30	13,00
Estabilidad	Deforestación (cambio de uso)	80,00	95,70
	Variaciones técnicas, legales y administrativas	70,00	87,00
	Inestabilidad de precios de productos	26,70	73,90
	Contaminación de suelo y agua	20,00	65,20
	Pérdida de suelo o degradación	13,30	52,20
	Daños producidos por pesticidas	10,00	17,40
Adaptabilidad	Inflexibilidad técnica, legal y/o administrativa	90,00	95,70
	Alta dependencia de financiamiento externo	40,00	65,20
	Alto precio de los insumos	16,70	30,40
Equidad	Pérdida del valor de la tierra con bosque	73,30	95,70
	Variación en el trámite entre oficinas del Estado	53,30	65,20
	Diferencias sociales en la comunidad	26,70	17,40
	Migración de la población	0,00	0,00
Gestión	Alto endeudamiento de los productores (dependencia de financiamiento)	73,30	69,60
	Falta de organización de los productores	43,30	52,20
	Deterioro de la organización comunal	0,00	0,00

3.2. Tendencia de cada Atributo

El resultado del modelo de parámetros aleatorios (MPA) obtenido a partir de los resultados del ranqueo contingente de primera ronda (cuadro 16) indica que todos los puntos críticos son significativos al 99%, excepto la pertenencia a grupos

organizados, cuadro 3. El pseudo R^2 es de 0,5724, es decir, el ajuste del modelo está por encima de los rangos mínimos comúnmente aceptados en la literatura (Louviere et al., 2000; Christie et al., 2007). Asimismo, la significatividad de los parámetros aleatorios, bajo supuesto de normalidad, muestra que existe heterogeneidad entre los diferentes expertos, lo que apunta hacia una correcta conformación del panel, que recoge a individuos con diferentes intereses y percepciones.

El rendimiento productivo es identificado como el punto crítico más relevante por el MPA, seguido del costo de obtención y ejecución de un plan de manejo, aunque a mayor distancia del primero. Le siguen en importancia, la necesidad de financiamiento externo para realizar labores de manejo, y la presencia de PSA en un nivel muy semejante. Estos resultados indican que, si el rendimiento productivo es alto, mayor es la probabilidad que la unidad de manejo sea clasificada como sostenible; si el costo de obtención y ejecución de un plan de manejo está en la media, igualmente aumenta la probabilidad de que la unidad sea considerada sostenible, frente a la situación de unos costos elevados. La presencia del PSA también aumenta la probabilidad de que la unidad de manejo sea clasificada como sostenible. Finalmente, la presencia de financiamiento externa para el manejo aumenta la probabilidad de sostenibilidad.

Cuadro 16. Resultados de la estimación del modelo de parámetros aleatorios Logit, para los elementos de riesgo más críticos para la sostenibilidad de una unidad de bosque manejado en la Zona Norte de Costa Rica – Ronda I.

	Coeficiente	Err. Stdr	Parámetros aleatorios de Dev. Std.	Err. Std.
Rendimiento productivo	4,01514***	0,56021	1,68547***	0,49002
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	2,42229***	0,35348	0,91413***	0,29769
Pago por Servicio Ambiental (PSA)	1,99616***	0,32459	1,01636***	0,37212
Financiamiento externo	2,22839***	0,32961	0,89840***	0,32767
Pertenencia a grupos organizados	0,31797	0,24526	0,66256**	0,32702
Log likelihood function	-213,39756			
Restricted log likelihood	-499,06597			
McFadden Pseudo R-squared	0,5724061			
AIC	446,8			
AIC/N	1,241			
Número de individuos	30			

***, ** Significancia en el nivel de 1% y 5%, respectivamente.

En la segunda ronda del EED fue eliminado el elemento de pertenencia a grupos organizados, al no resultar estadísticamente significativo en la primera ronda, y en su lugar se incluyeron los condicionantes técnicos, legales y administrativos, pues constituían un elemento relevante *a priori* por el panel de expertos. En este caso se presentan los resultados del MPA codificando los atributos cualitativos como códigos de efecto, evitando asumir valores nulos para los niveles de referencia (cuadro 17). El pseudo R² obtuvo un valor de 0,3454, nuevamente por encima del umbral mínimo recomendado.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa que las características seleccionadas influyen de forma significativa en la decisión de sostenibilidad de una unidad de bosque natural manejado (UM). Así, se observa que cuanto más alto sea el costo de obtención y ejecución del plan de manejo, menor es la probabilidad de que la unidad de manejo sea considerada sostenible. Al mismo tiempo, a mayor rendimiento productivo mayor será la probabilidad de calificar la unidad de manejo como sostenible. El coeficiente relativo a la necesidad de financiamiento externo muestra que cuando sí hay necesidad de financiamiento, no solo es menos probable

que la unidad de manejo sea considerada como sostenible, sino que es uno de los puntos críticos más relevantes. Además, cuando no se requiere financiamiento, el coeficiente obtenido está en la dirección que se espera, es decir, que no requerir financiamiento afecta positivamente a que la UM sea más sostenible. Asimismo, si la unidad de manejo cuenta con beneficios derivados de pagos por servicios ambientales, la probabilidad de ser sostenible aumenta. Finalmente, el experimento propuso tres niveles de condiciones técnicas legales y administrativas para el manejo: condiciones inflexibles, variables y estables. De los resultados del modelo, se observa como nivel significativo la condición inflexible, apuntando el signo del coeficiente a que una unidad de manejo que en el proceso técnico legal y administrativo se enfrente a condiciones inflexibles es una unidad que tiene menor probabilidad de ser sostenible. Esto no solo está de manifiesto por el signo del coeficiente obtenido sino por la magnitud del mismo. Condiciones variables o incluso estables no resultan estadísticamente significativas, quizás por el gran peso que recoge la presencia de condiciones inflexibles.

Cuadro 17. Resultados de la estimación del modelo parámetros aleatorios Logit, para los elementos de riesgo más críticos para la sostenibilidad de una unidad de bosque manejado en la Zona Norte de Costa Rica – Ronda II.

	Coeficiente	Err. Std.	Parámetro aleatorio Dev. Std.	Err. Std.
Rendimiento Productivo	0,15057***	0,02571	0,08662***	0,02311
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	-0,05040***	0,01574	0,05288***	0,01639
Pago por servicio ambiental (PSA)	0,02646***	0,00706	0,02284***	0,00633
Financiamiento externo Sí#	-0,68269***	0,23089	0,26462*	0,14836
Financiamiento externo No##	0,34135***	0,11545		
Condiciones Técnicas, legales y administrativas para el plan de manejo inflexible#	-1,04173***	0,36166	0,49103**	0,20222
Technical, legal and administrative conditions for the management plan stable#	0,13248	0,28697	0,08671	0,44536
Technical, legal and administrative conditions for the management plan variables##	0,30308	0,19826		
Log likelihood function	-250,47571			
Restricted log likelihood	-382,61724			
McFadden Pseudo R-squared	0,3453622			
AIC	525,0			
AIC/N	1,902			
Número de individuos	23			

***, * Significancia al nivel de 1% y 10%, respectivamente.

Coeficiente de ajuste para códigos de efecto

Coeficiente estimado para los niveles de referencia (código de efectos).

4- Discusión

Tal como lo mencionan MacDicken, Sola, Hall, Sabogal, Tadoum & Wasseige, (2015), el MFS es “muchas cosas para muchas personas”, pero un tema común es que la producción de bienes y servicios forestales se dé para generaciones presentes y futuras. Mencionan que la promesa de sostenibilidad está fundamenta en dos premisas; que los ecosistemas tengan potencial de renovación en sí mismos, aspectos resumidos en adaptabilidad y resiliencia y que las actividades económicas

y la percepción social son opciones que pueden modificarse para garantizar la productividad y la salud a largo plazo del ecosistema.

En este estudio se presenta un EED en dos rondas enmarcado en un análisis Delphi y, en mejor conocimiento que se tiene, no hay experiencias similares en la literatura sobre el manejo de recursos naturales renovables. La ventaja comparativa de realizar dos rondas radica en que permitió validar el uso de 4 de los 5 atributos originalmente elegidos con base en la revisión de literatura sobre manejo forestal sostenible y, al mismo tiempo, agregar uno - las condiciones técnicas, legales y administrativas- que fue altamente sugerido por el panel de expertos y que resultó ser el punto crítico que más aportó en la valoración de sostenibilidad unidades de manejo. Cuando las condiciones técnicas, legales y administrativas son inflexibles es difícil clasificar una unidad de manejo como sostenible. Este resultado no es una novedad, pero sí constituye una nueva evidencia empírica, pues la sostenibilidad establece que debe existir un equilibrio en los pilares que la componen (lo social, lo económico y lo ecosistémico) y si las condiciones socioeconómicas en torno al MFS no son habilitantes, se verán como una amenaza a ésta. Sobre este aspecto, Navarro & Bermúdez (2006) en un análisis de casos de rentabilidad del MFS en Costa Rica, encontraron que la sobre regulación existente en torno al MFS del bosque afecta seriamente la rentabilidad del MFS. Entre los aspectos de sobre regulación, estos autores incluyen la intensidad de aprovechamiento, la duración mínima de los ciclos de corta, la definición de zonas de protección y la restricción de veda de especies forestales con maderas de alto valor comercial. Todas estas disposiciones están aún presentes bajo el nuevo esquema de PCI's aprobado en el 2008 y, más aún, se ha señalado por Camacho (2015) que persisten como barreras al MFS de los bosques naturales. En este mismo sentido, Camacho (2015) encontró que, en la interpretación de las normas legales, técnicas y administrativas por parte de los funcionarios de la Administración Forestal del Estado no existe consenso, y esto hace que el profesional forestal privado y el propietario deben acogerse a la discrecionalidad del funcionario en su interpretación y aplicación.

Sobre el rendimiento productivo, es obvio que la sobre regulación también pesa, pues tal como ya se señaló, parte de los elementos que son inflexibles en la tramitología están relacionados de forma indirecta con ese rendimiento productivo. Es por ello que cuando una sola unidad de manejo (UM) es muy grande o es más productiva por razones de localización y condiciones ambientales, el efecto global es que tiene mayor rendimiento productivo. En un escenario de sobre regulación esa condición sitúa al bosque en ventaja comparativa con respecto a aquellos que tienen tamaños promedios que rondan las 50 ha. Camacho (2015) agregó que entre las afectaciones al rendimiento productivo está que algunos funcionarios agregan, a discreción, especies para la veda. Navarro & Bermúdez (2006) señalan que en tierras más productivas el efecto sobre la rentabilidad es hasta un 40% mayor que en terrenos menos productivos, debido especialmente a un aumento de las pendientes del terreno donde el MFS es factible pero más costoso.

Al mismo tiempo, la necesidad de financiamiento externa como un atributo de la sostenibilidad en este estudio se confirma, pues, cuando sí hay necesidad de financiamiento externo, la probabilidad de que la unidad de manejo no sea sostenible está entre las más altas en comparación con el resto de los atributos propuestos. Esto se explica porque el financiamiento lleva implícito hacer frente a plazos de pago y tasas de interés adicionales que necesariamente influyen en los costos. Cuando el rendimiento productivo está restringido por alguna variable, el ingreso inmediato previsible debe ser muy alto para compensar estos costos financieros. Camacho (2015) menciona que en escenarios de MFS los propietarios normalmente no tienen acceso a fuentes de financiamiento para la elaboración del PM y la ejecución de las labores, sea por desconocimiento o por imposibilidad real (no califican). La consecuencia más común es que el productor vende la madera en pie, es decir, sin más valor agregado que el permiso legal de la corta. Bajo este esquema es obvio que los márgenes de beneficio se reducen enormemente en comparación con lograr una venta de madera en troza en patio de finca o en aserradero. Barrantes & Ugalde (2017) muestran que los precios de la madera

pueden incrementarse del 50% al 92% si la madera se vende en troza en patio de industria, aunque ello conlleva un costo adicional.

Los costos del MFS se confirman como atributo de la sostenibilidad y son valorados de forma negativa y significativa tanto en primera ronda como en segunda del DCE. En Costa Rica están referidos a tres aspectos fundamentales: (1) preparación del permiso, (2) formalización del permiso y (3) aprovechamiento de la madera (Navarro & Bermúdez, 2006). Sin embargo, existen otros costos, no siempre considerados, que se relacionan con vigilancia, mantenimiento de linderos, administración, etc. y que son asumidos por el propietario. De entre los costos fundamentales, el más significativo es el de formalización del permiso (costo de trámites y el tiempo de espera), llegando a significar hasta un 65% de los costos totales. Le siguen los costos de preparación del permiso, con un 27,3% (Navarro & Bermúdez, 2006). Es por ello que cualquier variación en los costos resulta en un efecto negativo hacia la sostenibilidad pues, tal y como se ha mencionado, la mayoría de los propietarios de bosque en Costa Rica realizan la venta de la madera en pie, en gran medida porque no tienen acceso a sistemas de financiamiento favorables para realizar el MFS del bosque natural privado.

En el caso del PSA es interesante el resultado obtenido. Quienes realizan MFS en Costa Rica pueden acceder a PSA por protección de recurso hídrico para consumo humano, PSA de protección (de biodiversidad) o al PSA de manejo, pero también hay quienes no ingresan al PSA bien porque sencillamente no quieren someterse a este sistema, o porque el bosque no se encuentra en las áreas prioritarias de acceso a este beneficio. Los montos de PSA para cada modalidad son diferentes, el PSA más alto se da a quien somete su finca a protección de recurso hídrico para consumo humano. Es obvio que bajo ese esquema quien desee optar por el PSA primero elegirá entrar en la modalidad que le dé más beneficio, por lo que la probabilidad de que su unidad de manejo sea clasificada como sostenible se incrementa notablemente. Pero también es cierto que, si la propiedad no está en área prioritaria, entonces deberá conformarse con un PSA de manejo o simplemente

no tendrá acceso al sistema de PSA, lo que redundará en una menor probabilidad de sostenibilidad. Sage et al., (2006) señala que en el año 2002 se eliminó el PSA al manejo forestal, como una respuesta a la presión ejercida por los grupos ambientalistas, quienes se oponen al MFS y quienes ni siquiera están dispuestos a reconocer los servicios ambientales que brinda el bosque manejado. Barrantes (2005) también confirma que solo las personas o empresas con mayor poder económico pueden asumir los gastos del MFS porque la actividad no es rentable sin el PSA de manejo. Este mismo hallazgo fue fundamentado en el estudio de Navarro & Bermúdez (2006) y confirmado como prevalente por Camacho (2015), muy a pesar de que el PSA de manejo se restituyó en el 2009. El monto del beneficio de PSA que se da en este momento en Costa Rica no es tan alto en comparación con los costos de transacción involucrados, y ello puede tener consecuencias negativas para la sostenibilidad. Sin embargo, tal como lo señala Dias & Belcher, (2015), cuando no hay pago por los servicios ambientales, los costos de proporcionar estos servicios son asumidos por completo por el propietario, mientras que, cuando se reciben, al menos la sociedad percibe que está compensando de alguna manera el servicio que recibe aun cuando el monto a los propietarios sea solo una pequeña porción de los beneficios totales que realmente está brindando con su bosque manejado.

5- Conclusiones

El uso de EED como herramientas de valoración de los bienes de no mercado se confirma como una herramienta de información valiosa una vez más, pues se muestra que con pocos atributos es posible realizar valoraciones que resultan significativas para pronosticar la complejidad en torno a la sostenibilidad, en este caso de unidades de manejo bajo un sistema de MFS. Los atributos resultantes derivaron de la misma ponderación del panel experto consultado en primera ronda y la consistencia de la dirección y la aportación de los resultados en ambas rondas sobre los coeficientes obtenidos se confirmó.

De tal forma, la percepción de los expertos con respecto a las variables comunes que definen la sostenibilidad del bosque manejado está relacionada con elementos simples de determinar. Cuatro de estos aspectos fueron reiterados como significativos en las dos rondas de aplicación del EED y corresponden con la necesidad de financiamiento externo, rendimiento productivo, costos de elaboración del plan de manejo y de las labores de ejecución y existencia del PSA. Estas cuatro variables corresponden con las dimensiones social, económica y ecosistémica que tradicionalmente han sido la base de la definición de la sostenibilidad. La quinta variable que los expertos señalan como relevante se refiere a las condiciones técnicas, legales y administrativas, y esta variable en el EED no solo resulta significativa, sino que fue identificada como la más relevante cuando se refiere a la existencia de condiciones inflexibles. Además, esta variable se corresponde con la dimensión institucional, que, siendo un componente de la dimensión social, adquiere relevancia desde el punto de vista de gobernanza en el campo de las decisiones del uso de los bosques en terrenos privados.

Los resultados obtenidos en este experimento también confirman de forma indirecta resultados de otros estudios referentes al MFS, que concluyen que ciertas condiciones técnicas, legales y administrativas influyen en la rentabilidad se acaban constituyendo en barreras al manejo forestal. En este estudio se pone de manifiesto como esas condiciones identificadas en otras investigaciones como barreras, se convierten en uno de los principales motivos por los cuales el bosque manejado puede llegar a ser clasificado como no sostenible.

La percepción sobre la sostenibilidad y las variables que podrían definirla deben ser objeto de análisis por los tomadores de decisión política y los responsables de la gobernanza, pues es evidente que el peso más fuerte para que el manejo del bosque sea considerado como sostenible no solo está relacionado con aspectos de ecosistema y el adecuado balance entre cosechas, sino que ahora más que nunca los que dependen del manejo del bosque como forma de vida deben reconocer en

su actividad la posibilidad no solo de subsistir, sino de vivir bien, con un bienestar coherente con la relevancia ambiental, social y económica de estos ecosistemas.

Agradecimientos

A la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por el financiamiento del proyecto “***Diseño de una metodología para evaluar el manejo sostenible de los bosques***” y al INIA España por el apoyo financiero para la publicación de este artículo (proyecto RTA2017-00063-C04-01).

Al panel de experto que participó de forma motivada y de manera desinteresada para la generación base de este estudio, entre ellos funcionarios estatales, de ONG ‘s académicos, profesionales independientes y dueños de bosque.

6- Referencias

1. Akaichi, F., Nayga, R.M., Gil, J.M. (2013) Are Results from Non-hypothetical Choice-based Conjoint Analyses and Non-hypothetical Recoded-ranking Conjoint Analyses Similar? *American Journal of Agricultural Economics* 95, 949-963.
2. Alpizar, F. & Carlsson, F. (2003). Policy implications and analysis of the determinants of travel mode choice: an application of choice experiments to metropolitan Costa Rica. *Environment and Development Economics*, 8(4), 603-619.
3. Alpizar, F., Martinsson, P. & Nordén, A. (2015). Do entrance fees crowd out donations for public goods? Evidence from a protected area in Costa Rica. *Environment and Development Economics*, 20 (3), 311-326.
4. Armitaje, L. (1999). Directrices para la ordenación de los bosques tropicales: producción de madera (No. CIDAB-SD391-F6e-135). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 135-330 p.
5. Barrantes, A. & Ugalde, S. (2017) Usos y Aportes de la madera en Costa Rica: Estadísticas 2016. Oficina Nacional Forestal, Costa Rica. 38 p.
6. Barrantes, A. (2005). PSA manejo de bosque natural. San José, CR. Oficina Nacional Forestal.

7. Barrantes, A.; Paniagua, R. & Salazar, G. (2011) Usos y Aportes de la madera en Costa Rica: Estadísticas 2010. Oficina Nacional Forestal, Costa Rica. 26 p.
8. Beggs, S., Cardell, S. & Hausman, J. (1981) Assessing the potential demand for electric cars. *Journal of Econometrics* 17, 1-19.
9. Camacho, A. (2015). Diagnóstico corto sobre las barreras que desalientan el manejo de bosques naturales en Costa Rica y propuestas de solución. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal. Forest Monitoring System for REDD+ Costa Rica. 55 pp. <https://onfcr.org.cyclope.ws/media/uploads/documents/diagnostico-corto-mfs-bosques-en-cr.pdf>
10. Caparrós, A., Oviedo, J.L., Campos, P. (2008) Would you choose your preferred option? Comparing choice and recoded ranking experiments. *American Journal of Agricultural Economics* 90, 843–855.
11. Chaikaew, P., Hodges, A. W., & Grunwald, S. (2017). Estimating the value of ecosystem services in a mixed-use watershed: A choice experiment approach. *Ecosystem services*, 23, 228-237.
12. Christie, M., Hanley, N. & Hynes, S. (2007) Valuing enhancements to forest recreation using choice experiment and contingent behaviour methods. *Journal of Forest Economics* 13, 75-102.
13. Cubbage, F., Diaz, D., Yapura, P., & Dube, F. (2010). Impacts of forest management certification in Argentina and Chile. *Forest Policy and Economics*, 12, 497-504.
14. Dalkey N. & Helmer, O. (1963) An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Manag Sci* 9(3):458–467.
15. Dias, V., & Belcher, K. (2015). Value and provision of ecosystem services from prairie wetlands: A choice experiment approach. *Ecosystem Services*, 15, 35-44.
16. Hearne, R. R., & Salinas, Z. M. (2002). The use of choice experiments in the analysis of tourist preferences for ecotourism development in Costa Rica. *Journal of environmental management*, 65(2), 153-163.
17. Hearne, R., & Volcan, M. 2002). The use of choice experiments to analyze consumer preferences for organic produce in Costa Rica. In *American Agriculture Economics Association (AAEA) Annual Meeting Long Beach, California*.
18. Hensher, D.A., Rose, J.M, Greene, W.H. (2015). *Applied Choice Analysis*. Cambridge University Press, 2nd edition. 1188 pp.

19. Hickey, G. (2008). Evaluating sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(2), 109-114. doi:10.1016/j.ecolind.2006.11.011.
20. Hicks, R.L. (2002). A comparison of stated and revealed preference methods for fisheries management. American Agricultural Economics Association (New Name 2008: Agricultural and Applied Economics Association).
21. Hoyos, D. (2010). The state of the art of environmental valuation with discrete choice experiments. *Ecological economics*, 69(8), 1595-1603.
22. López-Ridaura, S., Van Keulen, H., Van Ittersum, M. y Leffelaar, P. A. (2005). Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environment, development and sustainability*, 7(1), 51-69.
23. Louviere, J.J., Hensher, D.A. & Swait, J.D. (2000) *Stated Choice Methods: Analysis and Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
24. MacDicken, K. G., Sola, P., Hall, J. E., Sabogal, C., Tadoum, M. & De Wasseige, C. (2015). Global progress toward sustainable forest management. *Forest Ecology and Management*, 352, 47-56.
25. Maesa, W., Fontaine, M., Rongé, K., Hermy, M., & Muys, B. (2011). A quantitative indicator framework for stand level evaluation and monitoring of environmentally sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 11, 468-479.
26. MINAE (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones). (2004) *Plan Nacional de Desarrollo Forestal: 2001 - 2010*.
27. MINAE (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones). (2011) *Plan Nacional de Desarrollo Forestal: 2011 - 2020 / Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, MINAET. -- 1a ed. -- San José, Costa Rica: Comunicaciones Milenio*.
28. Morán, M., Campos, J.J., Louman, B. (2006) *Uso de Principios, Criterios e Indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales. Serie técnica. Informe técnico/CATIE; no. 347. Turrialba, C.R. p. 27*.
29. Navarro G, Bermúdez G. (2006). Análisis económico del impacto de las restricciones técnicas y legales sobre la rentabilidad del manejo bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. SINAC-FAO- TCP/COS/3003. 57 p.
30. Navrud, S., & Strand, J. (2016). Valuing Global Ecosystem Services: What Do European Experts Say? Applying the Delphi Method to Contingent Valuation of

the Amazon Rainforest. *Environmental and Resource Economics*, 1-21. DOI: 10.1007/s10640-017-0119-6.

31. Pires, S. M., & Fidélis, T. (2015). Local sustainability indicators in Portugal: assessing implementation and use in governance contexts. *Journal of Cleaner Production*, 86, 289-300.
32. Richardson, R. B., Kellon, D., Leon, R. G. & Arvai, J. (2013). Using choice experiments to understand household tradeoffs regarding pineapple production and environmental management in Costa Rica. *Journal of environmental management*, 127, 308-316.
33. Rose, J. M. & Bliemer, M. C. (2012). Sample optimality in the design of stated choice experiments. *Travel behavior research in the evolving world*, IATBR, India, 119-145.
34. Sackman, H. (1975) Delphi critique: expert opinion. *Forecasting and group process*. D.C. Heath, Lexington.
35. Sage, L.F. (2004). Propuesta de Financiamiento al Sector Forestal. Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Nacional para la Ejecución del Plan Nacional de Desarrollo Forestal FAO/TCP/COS/2001. MINAE - FAO.
36. Sage, L.F., Miranda, M. & Ulate, R. (2006) Estrategia Nacional de Financiamiento Forestal Viable para Costa Rica. "Estrategias y mecanismos financieros para el uso sostenible y la conservación de bosques" Fase 1: América Latina. Proyecto FAO /UICN / HOLANDA (LNV-DK) /CCAD GCP/INT/953/NET.
37. Scarpa, R., Notaro, S., Louviere, J., Raffaelli, R. (2011) Exploring Scale Effects of Best/Worst Rank Ordered Choice Data to Estimate Benefits of Tourism in Alpine Grazing Commons. *American Journal of Agricultural Economics* 93, 813-828.
38. Sotto J, G, Ennals, A. (1999). El manejo local de bosques, un instrumento para el desarrollo rural. Documento de trabajo. FTTP/FAO, San José, CR. 63 p.
39. Train, K. E. (2009). *Discrete choice methods with simulation*. Cambridge University Press, 2nd edition.
40. Van Gossum, P., Arts, B., De Wulf, R., & Verheyen, K. (2011). An institutional evaluation of sustainable forest management in Flanders. *Land use Policy*, 28, 110-123.

41. Varela, E., Jacobsen, J.B., Soliño, M. (2014). "Understanding the heterogeneity of social preferences for fire prevention management in Southern Spain". *Ecological Economics* 106, 91-104.
42. Vega, D. C., & Alpízar, F. (2011). Choice experiments in environmental impact assessment: the case of the Toro 3 hydroelectric project and the Recreo Verde tourist center in Costa Rica. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 29(4), 252-262.

El presente capítulo fue publicado como artículo científico, disponible en la siguiente referencia:

Salas-Garita, C., & Soliño, M. (2019). Estimating the Sustainability of Managed Natural Forests in Costa Rica—A Hybrid Delphi & Choice Experiment Approach. *Forests*, 10(10), 832. <https://doi.org/10.3390/f10100832>

Modelo de regresión logística para predecir la sostenibilidad de unidades de bosque natural manejado en Costa Rica.

Resumen

El manejo forestal sostenible de los bosques es una actividad viable en las condiciones de trópico, desde el punto de vista técnico donde se han desarrollado técnicas de manejo y procedimientos de permisos sumamente rigurosos y cargados de control. Sin embargo, altamente cuestionada por los sectores ambientalistas. Generar un modelo de predicción que permita determinar la sostenibilidad de una unidad de manejo es fundamental. El presente estudio propone y valida un modelo simple de estimación de la probabilidad de sostenibilidad de una unidad de bosque manejado a partir de una regresión logística binaria que utiliza 7 variables independientes de fácil obtención como los son presencia o ausencia de pago por servicio ambiental, área basal, condiciones técnicas legales y administrativas del manejo en la unidad, distancia de las unidades de manejo a las oficinas de control estatal y cumplimiento de indicadores de sostenibilidad para evaluación de sostenibilidad denominados 1.3.6, 2.1.2, 7.1.1 que se refieren al cumplimiento de labores de manejo sostenibles en la fase de aprovechamiento, al diseño del manejo acorde con su capacidad productiva y al registro de actividades durante la vigencia del plan, respectivamente. Todas las variables han resultados válidas para el modelo. El modelo predice el 92% de la variabilidad; además, el criterio de bondad de ajuste señala que se da un ajuste perfecto con un $-2LL$ de 0,000 y un r^2 de Nagelkerke de 1,000. La validación cruzada demostró que la estabilidad del modelo para predecir la sostenibilidad se mantiene entre el 90 y el 92,5%.

Palabras clave: Modelo probabilístico, PCI, bosque húmedo tropical.

Abstract

The sustainable forest management is a possible activity in tropical conditions, from a technical point of view, where extremely rigorous and controlled management techniques and permit procedures, have been developed. However, highly

questioned by conservative sectors. Generate a prediction model that allows determining the sustainability of a management unit is essential. The present study proposes and validates a simple model for estimating the probability of sustainability of a managed forest unit using a binary logistic regression that includes 7 independent variables that can be easily obtained, such as presence or absence of payment for environmental service, basal area, technical legal and administrative conditions of management in the unit, distance from management units to state control offices and compliance with sustainability indicators for sustainability evaluation called 1.3.6, 2.1.2, 7.1.1 that refer to the fulfillment of sustainable management tasks in the harvesting phase, designing of the management according to its productive capacity and register of activities during the term of the management plan, respectively. All variables have valid results for the model. The model predicts 92% of the variability; Furthermore, the goodness of fit criterion indicates that a perfect fit occurs with a -2LL of 0.000 and a Nagelkerke r^2 of 1.000. Cross-validation showed that the stability of the model to predict sustainability remains between 90 and 92.5%.

Keywords: Probabilistic model, PCI, tropical humid forest.

1- Introducción

Tradicionalmente, el desarrollo se consideró de alguna forma sinónimo de crecimiento económico, aun cuando el mismo Malthus en su teoría de economía clásica en 1817, abordó el tema de la imposibilidad de crecer indefinidamente en un espacio finito como la Tierra, (Malthus, 1817; Peura, 2013). Para finales de 1930, los economistas abordaron el tema del agotamiento de los recursos, pero volvió a caer en el olvido y fue hasta los años 70 que regresó a la discusión la relación economía, sociedad y recursos naturales, (Meadows, Meadows & Randers, 1972; Segrelles, 2012). Para la década de los 80 se reactivó la discusión de la importancia mundial sobre el tema de degradación de “nuestra casa común” y en 1987, la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo acuñó el concepto “desarrollo sostenible” (WCED, 1987). Aunque originalmente, la sostenibilidad se

centró originalmente en la gestión de recursos, (Grainger, 2012), el concepto fue evolucionando cada vez a la concepción actual y hoy día cuando se habla de desarrollo es indivisible el concepto de la participación de los componentes sociales incluido lo institucional, económicos y ambientales (Costanza et al. 2016; Salas-Garita & Soliño, 2020).

Hoy día los objetivos del desarrollo sostenible abordan barreras al desarrollo e intentan mejorar la cobertura y el equilibrio entre las dimensiones social, económica y ambiental del desarrollo, incluidos los aspectos institucionales y de gobernanza; sin embargo, la sostenibilidad no se puede medir directamente, solo se puede evaluar a posteriori (Costanza et al. 2016). Es por ello que cualquier medida de sostenibilidad que se hace, es en la práctica, una predicción de aquellas características de un sistema que al final podría llegar a ser sostenibles, (Costanza and Patten, 1995; Garnåsjordet et al., 2012).

La superficie de bosque en los trópicos asciende hoy día a los 18,27 millones de km² (FAO y PNUMA, 2020) y de mantenerse la demanda de madera que se dio a inicios de siglo, en el mundo, se podrían estar impactando poco más de un 20% mediante aprovechamientos selectivos (Asner et al, 2009; Andrade et al. 2019). Hoy día se estima que la cantidad de bosque *per cápita* corresponde con 0,5 ha y aunque la distribución del bosque no es equitativa (FAO y PNUMA, 2020), en Costa Rica la superficie de bosque maduro se reporta en un 54,2% del territorio, lo que permite determinar que para un país como Costa Rica también se tiene un promedio de 0,53 ha de bosque por costarricense (Hernández et al. 2016). A pesar de los esfuerzos mundiales, la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) de impacto reducido como una actividad sostenible (Blaser et al., 2011; Andrade et al. 2019).

En el caso de Costa Rica el bosque natural solo puede ser intervenido legalmente si se aplica el manejo forestal sostenible, que es un manejo forestal del bosque que utiliza Principios, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad (PCI) (Camacho, 2015;

Salas-Garita and Soliño, 2019). Al igual que en el resto del mundo la pregunta de rigor es si este tipo de manejo forestal alcanza para ser considerado sostenible.

Para Rockström et al. (2009), el nivel "sostenible" se fundamenta en la idea de que no se puede agotar el capital natural ni dañar los servicios que suministra, más allá de cierto límite considerado "seguro" pero bajo el concepto de base, realmente lo que se busca es que sea sostenible aun incluyendo las contribuciones del capital natural, el social y el económico, (Costanza et al., 2014; Costanza et al.,2016).

En Costa Rica una evaluación formal de ese manejo, para conocer si es sostenible, no se ha realizado, Salas-Garita y Soliño, (2019) han intentado estimar la sostenibilidad a través de la generación de un modelo utilizando la técnica de experimentos de escogencia, y a partir de este experimento han propuesto un modelo probabilístico basado en 5 atributos, entre los que incluyen el acceso al pago por servicio ambiental, la productividad de la unidad de manejo, el costo de la planificación y la ejecución del manejo, las condiciones técnicas legales y administrativas y la existencia o no de financiamiento externo. Este modelo propuesto se obtuvo bajo escenarios hipotéticos de los atributos mencionados, aplicado a un panel experto. También existen modelos tipo índice como el que propone Costanza et al. (2016), pero lo típico es encontrar sistemas que únicamente detallan el cumplimiento o no, de una gran cantidad de indicadores de sostenibilidad como los que se utilizan en Certificación Forestal (Salas-Garita and Soliño, 2021)

En este artículo se propone que es posible estimar la sostenibilidad a partir de modelos de regresión logística y para ello se utilizan algunos indicadores que se han detectado dan información variable al cuantificar un grupo de unidades de manejo forestal que han estado bajo esquemas de manejo forestal sostenible por al menos un ciclo de corta, en Costa Rica.

2- Metodología

2.1. Sitio de Estudio

El área de estudio se ubica en la Zona Norte de Costa Rica (Figura 12), donde se ejecutó la mayor cantidad de Planes de Manejo en bosques naturales (PM). Las estadísticas del país de los últimos 5 años indican que el 97,5% de la tala total autorizada se realizó en esta región de 892 400 ha, de las cuales 175 468 ha (19,7%) fueron de bosque privado. De este bosque privado, 5 445 fueron sometidas a Manejo Forestal a través de MP durante el período 2012-2018. El manejo forestal representó el 3,1% de la superficie forestal de la Zona Norte. El total de unidades de manejo analizado en el período de estudio es de 50 y representa el 100% de las unidades de manejo forestal que ejecutaron aprovechamiento forestal utilizando Principios, criterios e Indicadores de sostenibilidad.

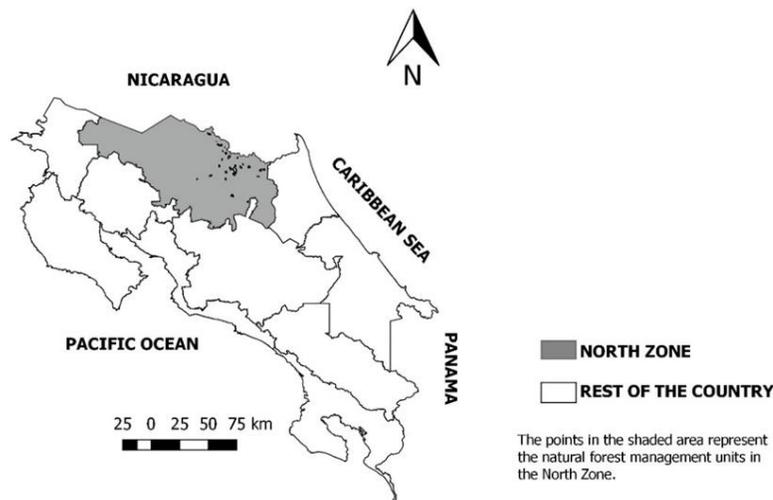


Figura 12. Localización de la Zona Norte de Costa Rica, correspondiente al Sitio de Estudio.

2.2. Variables

Para efectos de crear el modelo se consideraron 9 variables independientes y 1 variable dependiente. La información de cada variable fue obtenida de la evaluación realizada a cada unidad de manejo forestal en la zona Norte las cuales realizaron manejo forestal en el período 2012-2018. El tipo de variables y su descripción y niveles se describe en el cuadro 18. La cantidad total de unidades de manejo fue de 50 para el período indicado.

Cuadro 18. Descripción de las variables utilizadas para la generación del modelo.

Variable	Descripción	Tipo	Nivel
PSA	Se refiere a si la unidad de manejo recibió a lo largo del ciclo de corta al menos por un período de 5 años el beneficio estatal de pago por servicio ambiental. Es una variable discreta	Independiente	SÍ=1 NO=0
G	Área Basal, expresa el nivel de productividad del sitio, es característico de cada unidad de manejo.	Independiente	Numérico, continuo (m ² /ha)
DISTOFIC	Distancia a la oficina del SINAC que ejerce el control de operaciones en nombre del Estado. Corresponde a la distancia que hay entre el ingreso al inmueble y la oficina subregional del SINAC.	Independiente	Numérico, continuo (km)
CTLA	Condiciones técnicas legales y administrativas: se refiere a las formalidades y trámites relacionados con el otorgamiento del permiso y la supervisión que ejerce el Estado cuando se autorizan actividades mediante un plan de manejo forestal	Independiente	Inflexible=0, se percibe que el Estado aplica procedimientos y normas de manejo sin considerar las diferencias entre los bosques sometidos a manejo. Variable o Estable=1, se considera variable cuando los resultados del trámite varían según el funcionario del Estado o la oficina que se ocupa del proceso. Se

Variable	Descripción	Tipo	Nivel
			considera Estable cuando las condiciones del trámite son ideales, el usuario no percibe influencia del funcionario, ni de la oficina a cargo. El proceso de aprobación y emisión del formulario de control de transporte de madera se rige por las reglas, pero muestra flexibilidad con respecto a las particularidades del bosque.
I136	Indicador de sostenibilidad 1.3.6., se refiere a que la ejecución del aprovechamiento en la unidad de manejo evaluada, respeta los elementos aprobados por la AFE dentro de Plan de Manejo y sus modificaciones.	Independiente	NO=0 SI= 1
I212	Indicador de sostenibilidad 2.1.2., se refiere a que la prescripción del manejo sea consistente con las limitaciones y capacidades productivas del tipo de bosque.	Independiente	NO=0 SI= 1
I711	Indicador de sostenibilidad 7.1.1., se refiere a que existe un registro consolidado que incluye: volumen de producción y número de trozas por especie, por área de aprovechamiento anual y periodo de aprovechamiento, verificable con las respectivas guías de transporte y que concuerda con lo reportado en los informes de regencia.	Independiente	NO=0 SI= 1

Variable	Descripción	Tipo	Nivel
SOSTENIBILIDAD(S)	Fue evaluada para cada unidad de manejo y se basa en criterio experto a partir del resultado de evaluación de oficina y campo de cada unidad. Esta variable se definió como dicotómica.	DEPENDIENTE	SOSTENIBLE=1 NO SOSTENIBLE=0

2.3. Análisis de información

Modelo

Con la información recopilada para cada una de las variables definidas, en cada unidad de manejo, se realizó una regresión logística utilizando el programa SPSS v 23, (IBM, 2014).

El modelo propuesto tiene la siguiente forma (1):

$$Z = \alpha + \beta_1 PSA + \beta_2 COSTO + \beta_3 G + \beta_4 DISTOFIC + \beta_5 CTLA + \beta_6 I136 + \beta_7 I212 + \beta_8 I711 + \varepsilon \quad (1)$$

Donde, α es una constante, $\beta_1 \dots \beta_n$ son coeficientes obtenidos a partir de la regresión logística y ε es el error, que se asume se distribuye normalmente con media cero.

Para obtener el valor de sostenibilidad correspondería aplicar la fórmula (2)

$$S = \frac{1}{1 + e^{-z}} \quad (2)$$

Donde S sería el resultado de sostenibilidad, 1 sería sostenible y 0 sería no sostenible, e sería el número de Euler que corresponde aproximadamente con **2,7182818284**.

Para analizar el modelo se consideró el R^2 generalizado de Cox & Snell y el R^2 de Nagelkerke (Nagelkerke, 1991). Sin embargo, dado que la regresión logística mezcla variables continuas y variables discretas también se considera el porcentaje

global de pronóstico del modelo y su significancia. El análisis de regresión se hizo para un nivel de confianza del 95%. También es considerado el -2LL o bondad de ajuste.

Dado que la cantidad de datos para obtener el modelo es muy pequeña (50 observaciones), pero representa el 100% de la población de unidades de manejo posible en el sitio de estudio, se elaboró el modelo con la totalidad de la información.

Validación del modelo

Para validar el modelo se utiliza la técnica de validación cruzada, realizando un análisis de sensibilidad. Para este análisis de sensibilidad se obtuvieron 10 bases de datos aleatorias que contemplaron el 80% de los datos (40 observaciones), con cada una de estas bases de datos se volvió a realizar la regresión con el fin de determinar la estabilidad del modelo, para lo cual se calculó el R^2 y la significancia del modelo $p \leq 0,005$. Por tratarse de regresión logística uno de los elementos considerados; además, fue el porcentaje de pronóstico global correcto.

3- Resultados

3.1. Modelo

El modelo que ha resultado, (3), tiene la forma siguiente:

$$Z = -143,798 - 32,181(PSA) + 4,460(G) - 0,675(DISTOFIC) + 5,283(CTLA) + 56,746(I136) + 90,017(I212) + 51,127(I711) \quad (3)$$

A partir del modelo (3) el valor de sostenibilidad atribuible a una unidad de manejo sería de la forma (4):

$$S = \frac{1}{1 + e^{-(-143,798 - 32,181(PSA) + 4,460(G) - 0,675(DISTOFIC) + 5,283(CTLA) + 56,746(I136) + 90,017(I212) + 51,127(I711))}} \quad (4)$$

En cuadro 19 se presenta un resumen de los criterios de ajuste del modelo. El -2LL indica hasta qué punto el modelo se ajusta bien a los datos, en este caso el valor obtenido para el modelo es de 0,000. El R² de Cox & Snell es un coeficiente de determinación generalizado que permite estimar la proporción de varianza de la variable dependiente explicada por las variables independientes, el resultado para este modelo es de 0,427 lo que indica que el 42,7% de la variación de las variables dependientes es explicada por las variables incluidas en el modelo. Por su parte, el R² de Nagelkerke es de 1,000. El modelo se construyó al 95% de confianza con un $p \leq 0,005$.

Cuadro 19. Resumen del modelo.

Step	-2 Log likelihood	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square	Sig. modelo
1	0,000 ^a	0,427	1,000	0,000

a. El proceso termina en la iteración 21.

En el cuadro 20 se presenta un resumen de la clasificación de las observaciones y su porcentaje de ajuste global. Esta información es muy parecida a los que se emplean para valorar pruebas diagnósticas (Berlanga, 2014) y es la que en definitiva permite evaluar el ajuste del modelo. Se ha empleado un punto de corte de 0,5; que significa que una probabilidad $< 0,5$ clasifican en 0 o sin efecto y $\geq 0,5$ se clasifican en 1, o con efecto cuando las variables son dicotómicas como es el caso de PSA, CTLA, I135, I212 e I711. En este caso se puede observar que el modelo clasifica correctamente un 92,0 % de los casos donde solo 2 casos no sostenibles, se han clasificado de forma incorrecta.

Cuadro 20. Tabla de clasificación^{a,b}.

Observado		Pronosticado		
		SOSTENIBILIDAD		Porcentaje correcto
		NO SOSTENIBLE	SOSTENIBLE	
Paso 0	SOSTENIBILIDAD	0	4	0.0
	NO SOSTENIBLE	0	46	100.0
Porcentaje global				92,0

a. En el modelo se incluye una constante

b. El valor de corte es 0,500

Finalmente, sobre la aportación de cada uno de las variables en resultado muestra el siguiente comportamiento según la variable:

PSA: la ausencia de PSA en la unidad de manejo aumenta la probabilidad de no sostenibilidad. Esta variable se comporta como si fuera una constante.

G: a mayor área basal, mayor probabilidad de sostenibilidad

DISTOFIC: entre más cerca esté de la oficina más probabilidad de ser sostenible

CTLA: si la unidad de manejo se enfrenta a condiciones técnicas, legales y administrativas inflexibles, la probabilidad de ser sostenible disminuye en gran medida.

I136: si la ejecución de labores de aprovechamiento respeta los elementos aprobados por la AFE, entonces aumenta la probabilidad de sostenibilidad de forma importante.

I212: la prescripción de un manejo forestal acorde con la capacidad productiva de la unidad de manejo aumenta la probabilidad de sostenibilidad

I711: la presencia de registros detallados de volumen trozas, especie y área aprovechada, aumenta la probabilidad de sostenibilidad.

3.2. Validación

En el cuadro 21 se encuentra un resumen de los aspectos seleccionados para determinar la validación cruzada del modelo obtenido. En esos resultados se logró demostrar que el modelo tiene una estabilidad entre el 90 y 92,5% cuando se seleccionan muestras aleatorias de un 80% de los datos. Hay una estabilidad importante del modelo generado y además las tendencias de los coeficientes de las variables mantienen la misma forma que en el modelo definitivo. En todos los casos la significancia del modelo es siempre inferior al $p \leq 0,005$. El r^2 de Nagelkerke es de 1,000, lo que también es confirmado por el criterio de bondad de ajuste con un valor de 0,000.

Cuadro 21. Resumen de información sobre los diez modelos aleatorio utilizados para el análisis de sensibilidad del modelo.

<i>Modelo de validación</i>	<i>-2 Log likelihood</i>	<i>Cox & Snell R Square</i>	<i>Nagelkerke R Square</i>	<i>Porcentaje global</i>	<i>Sig. Modelo</i>
1	0,000 ^a	0,413	1,000	92,5	0,003
2	0,000 ^a	0,413	1,000	92,5	0,003
3	0,000 ^a	0,478	1,000	90,0	0,001
4	0,000 ^a	0,413	1,000	92,5	0,003
5	0,000 ^a	0,413	1,000	92,5	0,003
6	0,000 ^a	0,478	1,000	90,0	0,001
7	0,000 ^a	0,478	1,000	90,0	0,001
8	0,000 ^a	0,478	1,000	90,0	0,001
9	0,000 ^a	0,478	1,000	90,0	0,001
10	0,000 ^a	0,413	1,000	92,5	0,003

a. El proceso termina en la iteración 21.

4- Discusión

4.1. Modelo

El modelo de regresión logística es un modelo de regresión aplicable a situaciones donde se pretende predecir la ausencia o presencia, en este caso de una condición (Berlanga, 2014) como la sostenibilidad de una unidad de bosque manejado.

Sobre el ajuste del modelo se muestra que el modelo ajusta bien a los datos (-2LL), cuanto más pequeño sea el resultado, mayor es el ajuste y en este caso el resultado demuestra que el modelo ha ajustado, aspecto que es corroborado con el R² de Nagelkerke. Este resultado demuestra también el ajuste existente entre las variables independientes y la variable dependiente. Además, una significancia del modelo de 0,000 confirma que agregar cada variable al modelo mejoró de forma significativa respecto a no incluirla, (Berlanga, 2014).

El resultado obtenido en términos generales bajo todos los parámetros utilizados para evaluar el modelo, demuestra que este logra estimar realmente la sostenibilidad o no de una unidad de bosque manejado a partir de variables de sencilla cuantificación. La variable PSA es un elemento fácilmente obtenible de las bases de datos de FONAFIFO, la variable G es fundamental para la aprobación del

plan del manejo y genera información sobre la capacidad productiva del sitio, las CTLA se pueden inferir a partir del análisis de los expedientes en el SINAC sobre cada unidad de manejo manejada, los resultados de los indicadores de sostenibilidad 1.3.6., 2.1.2. y 7.1.1., se pueden corroborar también en las oficinas estatales del Estado; sin embargo, también es posible acceder a información pública a través de informes regenciales.

El signo de los coeficientes obtenidos va en la dirección esperada, es decir su comportamiento coincide con lo que apunta a la sostenibilidad o su ausencia, en el caso de variables binarias. En el caso de variables continuas como el área basal (G) o la distancia de la unidad de manejo a la oficina subregional estatal más cercana, el signo del coeficiente condiciona la tendencia, en el caso del área basal entre mayor sea esta, mejor para la sostenibilidad de la unidad mientras que en el caso de la distancia de la unidad a la oficina estatal de control más cercana entre mayor sea, menor es la probabilidad de clasificar la unidad como sostenible. El resultado obtenido con este modelo concuerda con lo expresado por Salas-Garita & Soliño, (2019), donde las variables productividad del inmueble (G), presencia del PSA y CTL inflexibles fueron variables significativas al 0,001. Las explicaciones de este comportamiento en Costa Rica, están en parte explicadas por las condiciones socioeconómicas de los propietarios de bosque y por la misma gobernanza, tal como lo han planteado autores como Navarro & Bermúdez (2006), Camacho (2015) y Sage et al. (2006), en el sentido que las barreras al manejo son causantes de una sostenibilidad frágil.

Autores como Mac Dicken et al.(2015), mencionan que la sostenibilidad está basada en dos aspectos: ecosistemas con potencial de renovación en sí mismos, aspecto relacionado con la productividad que nos representa el área basal (G) y que las actividades económicas y la percepción social son opciones que pueden modificarse para garantizar la productividad y la salud a largo plazo del ecosistema y por ello, la presencia de PSA, y las CTLA adecuadas son fundamentales para apuntar a la sostenibilidad. Por otra parte, los sistemas dominados por PCI, con

norma y reglas abundantes hacen que la institucionalidad sea un factor determinante en esa sostenibilidad (Salas-Garita & Soliño, 2021).

4.2. Validación

Elaborar modelos con pocos datos es un reto, pero afortunadamente contar con sistemas de validación cruzada permiten realizar la validación de los modelos a partir de la estabilidad que el mismos presente. El análisis de sensibilidad, de entre los métodos de validación cruzada, es un análisis que permite validar un modelo determinado porque con esta técnica es posible determinar la estabilidad de los resultados de una determinada variable independiente. El r^2 es uno de los estándares más comúnmente utilizado para hacer esta evaluación (Borgonovo & Plischke, 2016). En el modelo que este estudio ha trabajado lo esencial es determinar la estabilidad del modelo y esa estabilidad no solo se ha demostrado, sino que el nivel alcanzado para esa estabilidad siendo superior a 90% es de consideración alta, reforzado el concepto de que no solo es válido, sino que es altamente sensible a la predicción de la sostenibilidad a partir de las variables independientes.

5- Conclusiones

Las variables resultantes de este modelo confirman resultados de otros estudios con respecto a las variables que influyen en la sostenibilidad. Es claro que no basta con considerar únicamente elementos ecosistémicos como la productividad, pues los aspectos de gobernanza tales como las CTLA, influyen mucho en esa sostenibilidad.

VARIABLES socioeconómicas tan sencillas como el pago por servicio ambiental pueden resultar condicionantes para la sostenibilidad, pues, aunque su existencia no la determina, su ausencia sí que condiciona la no sostenibilidad de la unidad de manejo.

El modelo obtenido por el método de regresión logística binaria de este estudio es válido para su uso en cualquier parte del país, pues las variables que utiliza pueden ser localizables para cualquier unidad de manejo dentro del territorio, donde aplican las mismas regulaciones de manejo forestal sostenible.

Este modelo de probabilidad de ocurrencia de la sostenibilidad se une al grupo de modelos que esperan aportar a demostrar resultados concretos en el campo forestal a partir de las operaciones de manejo forestal que se promueven con las actividades de aprovechamiento de bajo impacto que utilizan, además, PCI's como base de planificación.

Agradecimientos

Se agradece a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica, por financiar el proyecto “*Diseño de una metodología para evaluar el manejo sostenible de los bosques*”. Además, se agradece a los funcionarios de oficinas subregionales del SINAC por permitir el acceso a los expedientes de las unidades de manejo forestal de bosque manejados y a los propietarios de los bosques por permitir el acceso a sus fincas para corroborar aspectos de campo.

6- Referencias

1. Andrade, V. H. F., do Amaral Machado, S., Figueiredo Filho, A., Botosso, P. C., Miranda, B. P., & Schöngart, J. (2019). Growth models for two commercial tree species in upland forests of the Southern Brazilian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 438, 215-223.
2. Asner, G.P., Rudel, T.K., Aide, T.M., Defries, R., Emerson, R. (2009) A contemporary assessment of change in humid tropical forests. *Conserv. Biol.* 23, 1386–1395. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01333.x>.
3. Berlanga V, Vilà R. (2014) Cómo obtener un Modelo de Regresión Logística Binaria con SPSS. REIRE [revista en Internet]. 7 (2): 105-118. Available from: <http://www.raco.cat/index.php/REIRE/article/view/278697/366441>.

4. Blaser, J., Sarre, A., Poore, D., Johnson, S., 2011. Status of Tropical Forest Management 2011. ITTO Technical Series. <https://doi.org/10.1017/S0032247400051135>.
5. Borgonovo, E., & Plischke, E. (2016). Sensitivity analysis: a review of recent advances. *European Journal of Operational Research*, 248(3), 869-887.
6. Camacho, A. (2015) Diagnóstico Corto Sobre Las Barreras Que Desalientan el Manejo de Bosques Naturales en Costa Rica y Propuestas de Solución. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal; Forest Monitoring System for REDD+. Costa Rica. Available online: <https://onfcr.org.cyclope.ws/media/uploads/documents/diagnostico-corto-mfs-bosques-en-cr.pdf>.
7. Costanza, R. (2014). A theory of socio-ecological system change. *J. Bioecon.* 16, 39–44. <http://dx.doi.org/10.1007/s10818-013-9165-5>.
8. Costanza, R., Daly, L., Fioramonti, L., Giovannini, E., Kubiszewski, I., Mortensen, L. F., ... & Wilkinson, R. (2016). Modelling and measuring sustainable wellbeing in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecological Economics*, 130, 350-355.
9. Costanza, R., Patten, B.C. (1995) Defining and predicting sustainability. *Ecol. Econ.* 15, 193–196.
10. FAO y PNUMA. (2020) El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas. Roma. ISSN 2521-7569 [EN LÍNEA]. <https://doi.org/10.4060/ca8642es>.
11. Garnåsjordet, P.A., Aslaksen, I., Giampietro, M., Funtowicz, S., Ericson, T. (2012) Sustainable development indicators: from statistics to policy: sustainable development indicators. *Environ. Policy Gov.* 22, 322–336.
12. Grainger, A. (2012). Forest sustainability indicator systems as procedural policy tools in global environmental governance. *Global Environmental Change*, 22(1), 147-160.
13. Hernández Sánchez, L. G., Barquero Elizondo, A. I., Hernández Castro, W., Méndez, A. L., Montero Flores, W., & Sánchez Toruño, H. (2016). Gestión de

los recursos forestales en Costa Rica. Vigésimo segundo Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. Estado de la Nación. Costa Rica. 27 p.

14. IBM. (2014) SPSS Statistic. SPSS 23.0 for windows, Chicago. USA.
15. Mac Dicken, K.G.; Sola, P.; Hall, J.E.; Sabogal, C.; Tadoum, M.; De Wasseige, C. (2015) Global progress toward sustainable forest management. *For. Ecol. Manag.* 352, 47–56. Available form: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715000560?via%3Dihub>.
16. Malthus, T. R. (1817). An essay on the principle of population, as it affects the future improvement of society. With remarks on the speculations of mr. Godwin, m. Condorcet, and other writers. By TR Malthus (Vol. 3).
17. Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J., & Behrens, W. W. (1972). A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. *A Potomac Associates Book*. New York: Universe Books.
18. Nagelkerke, N. (1991). A note on a general definition of the coefficient of determination. *Biometrika*, 78, 691-692.
19. Navarro, G., & Bermúdez, G. (2006). Rentabilidad del manejo de bosques naturales y su competitividad respecto a otros usos de la tierra en Costa Rica. Available online: https://www.researchgate.net/profile/Guillermo_Navarro2/publication/313748138_Rentabilidad_del_manejo_de_bosques_naturales_y_su_competitividad_respecto_a_otros_usos_de_la_tierra_en_Costa_Rica/links/58b0b61b45851503be97efee/Rentabilidad-del-manejo-de-bosques-naturales-y-su-competitividad-respecto-a-otros-usos-de-la-tierra-en-Costa-Rica.pdf.
20. Peura, P. (2013). From Malthus to sustainable energy—Theoretical orientations to reforming the energy sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 309-327.
21. Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin III, F.S., Lambin, E.F., Lenton, T.M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, J., Nykvist, B., de

- Wit, C.A., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P.K., Costanza, R., Svedin, U., Falkenmark, M., Karlberg, L., Corell, R.W., Fabry, V.J., Hansen, J., Liverman, D., Richardson, K., Crutzen, P., Foley, J. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature* 461, 472–475.
22. Sage, L.F.; Miranda, M.; Ulate, R. (2006) Estrategia Nacional de Financiamiento Forestal Viable Para Costa Rica. In Estrategias y Mecanismos Financieros Para el Uso Sostenible y La Conservación De Bosques Fase 1: América Latina; Proyecto FAO/UICN /HOLANDA (LNV-DK)/CCAD GCP/INT/953/NET: San José, Costa Rica.
23. Salas-Garita, C., & Soliño, M. (2019). Estimating the Sustainability of Managed Natural Forests in Costa Rica—A Hybrid Delphi & Choice Experiment Approach. *Forests*, 10(10), 832.
24. Salas-Garita, C; Soliño, M. (2021) Set of reference indicators for the evaluation of sustainable management of natural forests in Costa Rica: The relevance of the institutional dimensión. *Ecological Indicators*.121. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106979>.
25. Segrelles, J. A. (2012). La ecología y el desarrollo sostenible frente al capitalismo: una contradicción insuperable. *Revista Nera*, (13), 128-143.
26. WCED. World Commission on Environment and Development. (1987): Our Common Future, Oxford University Press (editions en castellano: Nuestro futuro común, Madrid, Alianza Editorial, 1988).

Capítulo 4

Síntesis de resultados

Síntesis de Resultados

1- Introducción

Durante todo el proceso de desarrollo de esta investigación, las preguntas persistentes son ¿para qué quiero la evaluación?, ¿quién debe hacer la evaluación?, ¿cuándo se debe evaluar?, ¿cómo se estructura el procedimiento?, ¿cuál es la información por recopilar?

Este capítulo, ha sido escrito especialmente para sintetizar los resultados obtenidos en todo este estudio y que muestra el proceso de evaluación que se debe seguir en estos casos.

Antes de presentar este detalle meramente de procedimiento, es importante reconocer que la “evaluación” es un acto que históricamente se ha concebido como instrumento de selección y control, (Rosales, 2014) y en ese sentido control y selección produce temor, especialmente en los sujetos involucrados en la evaluación, ya sea porque tiene relación directa o indirectamente con lo que se evalúa. Se dice que es de selección porque de alguna forma califica, es decir es sumativa y de control, porque permite alinearla a procesos de rendición de cuentas.

Una evaluación de sostenibilidad de unidades de manejo de bosques puede mal entenderse como un método para reprimir a partir de sus resultados, pero, por el momento en que debe tener ocasión la evaluación, este tipo de evaluación es sobre todo formativa. Se debe mirar para atrás y analizar a conciencia los resultados de lo hecho en unidades de bosques manejado para comprender si se debe seguir por el mismo camino o por el contrario hay cambiar la ruta en procura de su sostenibilidad. Por ello la evaluación debe darse a partir del convencimiento de las personas y no por imposición normativa.

Siempre se debe partir de la premisa que hay opciones de mejora y aunque los resultados obtenidos en una evaluación sean positivos, los sistemas complejos

de relación entre lo económico, lo social y lo ambiental, por pertenecer a sistemas dinámicos y globales, siempre están en constante evolución.

Es en este sentido que la evaluación misma no es un sistema rígido de obtención y análisis de información, sino que debe ser utilizada para un proceso de mejora en las tres dimensiones y para, además, ser capaces de evolucionar en el tiempo. Cuando los resultados son positivos la recomendación es utilizarlos para ver las prácticas empleadas y valorar su repetibilidad, en otras unidades de manejo, la evaluación no debe ser un requisito para frenar o impedir el manejo, debe ser utilizada como herramienta para mantener y cuando corresponda, construir, un mundo mejor.

El manejo forestal sostenible es una experiencia gratificante, porque se enfrenta primero a demostrar en lo económico que realmente se producen beneficios y que los ingresos son competitivos con la inversión. Luego debe observar que el ecosistema se mantiene en el tiempo de una manera funcional tanto para la flora como para la fauna y finalmente debe contemplar que socialmente ese manejo debe ser aceptado por la opinión pública, que ese manejo no es un asunto trivial ni para el dueño del recurso ni para la sociedad que le rodea. Pero, además, debe operar en un sistema de largo plazo, presionado por escenarios paralelos de seguridad alimentaria, de cambio climático, entre otros, (Aguirre-Calderón, 2015).

El procedimiento que a continuación se describirá pretende concentrar un esfuerzo importante en recopilar información sustancial de las unidades de bosque manejadas sobre aspectos sociales, incluido lo institucional, económicos y ecosistémicos. El conjunto de información permitiría por un lado ver resultados de corto plazo como las operaciones que se concentran en el aprovechamiento; por otro lado, permitirían evaluar condiciones de mediano plazo cuando al menos se tiene un ciclo de corta registrado para la unidad de bosque y finalmente aspectos de largo plazo para comparar luego de varios ciclos de producción. Esa recopilación de información permite eventualmente evaluar el efecto de la

política y el efecto de la gobernanza que se ejerce. Esta parte en consecuencia es completamente formativa. Por otra parte, la utilización del modelo permitiría dar cuenta de un momento puntual de evaluación es por ello que su resultado es del tipo nota, es sostenible o no lo es. Esta calificación que ante todo es sumativa, no debe utilizarse para reprimir sino para corregir y retornar la ruta correcta hacia la sostenibilidad. Los modelos sumativos resultantes de este estudio, además, son probabilísticos y si es importante entender que los mismos son propuestas generadas a partir de este estudio, que son sujetas de mejora en el futuro.

Antes de este estudio y desde finales de los años 80, el manejo del bosque se realizó bajo esquemas de aprovechamiento forestal mejorado. Desde el año 1996 con la Ley Forestal vigente y específicamente desde 1998, el manejo forestal de los bosques se ha venido planificando y ejecutando bajo Principio, Criterios e Indicadores de Sostenibilidad, pero no se evaluó en todo este tiempo si efectivamente las técnicas manejo empleadas vienen cumpliendo con esa sostenibilidad.

Este estudio aporta una metodología que permite evaluar y a la vez calificar el grado de sostenibilidad alcanzado por las unidades de manejo forestal de bosque en cada intervención, introduciendo en el proceso de manejo forestal un momento de evaluación de la condición de estos bosques manejados.

Como autora de este estudio, deseo que el uso de esta metodología lo sea para construir y mejorar los buenos pasos que, en materia de sostenibilidad, un país tan particular como Costa Rica, ha alcanzado.

Mucho por hacer queda para las presentes y futuras generaciones, pero en el corazón de las personas debe quedar una cosa, se debe evaluar la sostenibilidad de nuestros bosques voluntariamente bajo el sustento de todas sus dimensiones y recordar que, si se puede mejorar algo, para eso el futuro empieza hoy.

2- Aspectos antes de aplicar la evaluación

¿Cuál es el objetivo de la evaluación?

El objetivo de la evaluación va a estar dependiendo de para qué se quieren los resultados. Si los resultados serán utilizados para evaluar la aplicación de una política, esta metodología le permitirá evaluar la globalidad de la unidad de bosque manejado, no evalúa el sistema de regencia y no evalúa la acción del funcionario estatal, evalúa el bosque como efecto de las acciones mancomunadas de varios actores del proceso entre los que se pueden citar al propietario, el ingeniero forestal, el regente forestal, el funcionario estatal, el sierrero, el tractorista, el transportista y el industrial, entre otros. Además, para evaluar la aplicación de la política se requeriría de la evaluación de todas las unidades de manejo en una región, puede ser, por ejemplo, en un área de conservación o en varias y permite obtener información local, por oficina jurisdiccional de la AFE y por región de forma global.

Si el objetivo es retroalimentar el manejo de una unidad de bosque, (evaluación diagnóstica) los resultados permitirán tomar decisiones de futuro sobre la unidad en concreto, sin afectar lo que ocurra en otros sitios aledaños, esta sería una evaluación independiente y se constituye en una línea base local.

¿Quién debe evaluar?

La metodología de evaluación es muy sencilla e intuitiva así que el evaluador debe ser cualquier persona que formativamente esté relacionada con el manejo forestal. Eso sí, para mantener la evaluación independiente, se recomienda que la evaluación cuando se quiera para evaluar la política sea ejecutada por un par independiente del Estado y de la propiedad privada. Si la evaluación solo es diagnóstica, esta la puede hacer cualquier persona con conocimientos de la silvicultura y el manejo del bosque. Si la evaluación es diagnóstica, la misma puede ser realizada por un ingeniero forestal, un regente forestal, un funcionario de la AFE o una organización y el costo de la misma corre por cuenta de quien la aplique. Si la evaluación pretende evaluar la ejecución de la política, se recomienda la

evaluación por parte de un par independiente, con conocimientos en manejo forestal, pero sin intereses ni en el sector público ni en el privado, en estos casos se recomienda que la evaluación sea realizada por un ente independiente a través de una contratación por encargo de la AFE, que puede ser la academia, o bien ONG 's sin intereses específicos en los resultados.

¿Cuándo evaluar?

Cómo los resultados de una evaluación son en realidad una fotografía en un momento puntual en una línea de tiempo. Se recomienda que una evaluación de sostenibilidad se aplique al menos una vez que una fase de aprovechamiento haya terminado. En ese momento los resultados serán muy particularmente direccionados a entender los impactos directos del aprovechamiento. Se puede aplicar en un segundo momento una vez que ya haya transcurrido un ciclo de corta es decir transcurrido al menos un período de 15 años. La evaluación se puede repetir varias veces en el tiempo y entre más fotografías de la unidad de manejo se tengan, más opciones de mejora surgen.

3- Procedimiento para aplicar la evaluación

Para proceder con una evaluación de sostenibilidad se debe concentrar la evaluación en los siguientes 4 pasos.

1. Elementos descriptivos de la unidad de manejo por evaluar: esta sección incluye identificadores de la unidad de bosque, Propietario (a), ubicación político administrativa, ubicación espacial, extensión del inmueble y del bosque en ese contexto, jurisdicción en el contexto de la Administración Forestal del Estado. Quién hace la evaluación, cual es el objetivo de la misma.
2. Condición de cumplimiento de los indicadores de sostenibilidad: esta sección comprende información específica de cada indicador evaluado en la unidad de bosque manejada.
3. Aplicación de modelo: Obteniendo las variables del modelo se aplica la fórmula que le dará como resultado una calificación.
4. Conclusiones y recomendaciones: a partir de los resultados se puede concluir y emitir recomendaciones de mejora.
5. Cuando varias unidades de bosque manejadas dentro de una misma jurisdicción sean evaluadas, el conjunto de información debe servir para evaluar de manera indirecta la aplicación de la política.

Plantilla de evaluación

Información General del Proceso Evaluado		
Año de Evaluación		
No. Exp. SINAC		
Oficina		
Area de conservación		
Funcionario encargado de evaluar el PM		
Nombre del ingeniero que elabora el PM		
Fecha de ingreso solicitud		
Fecha de asignación del expediente		
Fecha de inspección de campo		
Fecha de emisión de recomendación sobre la evaluación del PM (evaluación de gabinete)		
Fecha de solicitud de correcciones al PM		
Fecha de resolución de la SETENA		
Fecha de entrega en SINAC la resolución de la SETENA		
Fecha de notificación de resolución lista para la entrega		
Oficio de resolución		
Fecha de retiro de resolución de aprobación		
Fecha de aprobación		
Tiempo de vigencia		
Propietario Jurídico		
Propietario Físico o Representante legal		
Sexo		
Fecha de nacimiento del representante legal		
Edad		
Donde vive el propietario	Provincia	
	Cantón	
	Distrito	

Localización de la Unidad de Manejo		
Ubicación geográfica UM FR 1	X	
	Y	
Ubicación geográfica FR2	X	
	Y	
Ubicación geográfica FR3	X	
	Y	
Ubicación geográfica FR4	X	
	Y	
Ubicación administrativa DE LA FINCA	Provincia	
	Cantón	
	Distrito	
Otras señas		
Folio Real 1:		
Área en m²		
Folio Real 2:		
Área en m²		
Folio Real 3:		
Área en m²		
Folio Real 4:		
Área en m		
Área total de fincas en ha		
Evaluador		
Objetivo		
Tipo de análisis para el diseño		
Área total del PM ha		
Área total efectiva del PM ha		
Área de protección ha		
Otros usos: REPASTOS		
Número total de Parc de inventario		
Numero de parc en área efectiva		
Numero de parc en área de protección		
G(m²/ha) al último muestreo		
Em%		
Li de G		
Ls de G		
%He		
% HD		

%Esc		
%Ind		
% palmas		
PROMEDIO HE+IND		
Lim superior		
Tipo de bosque predominante para análisis VR		
VRM m²/ha		
DMC		
Número de árboles solicitados		
	En pie	
	Caídos	
Volumen solicitado (m³)		
	En pie	
	Caídos	
Número de árboles autorizados		
	En pie	
	Caídos	
Volumen autorizado (m³)		
	Total	
	En pie	
	Caídos	
Regente Forestal		

Evaluación de indicadores	
1. Sobre seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal	
<i>1.1. Seguimiento espacial</i>	
1.1.1. La AFE lleva un registro geográfico de las unidades de manejo forestal	
1.1.2. Durante el ciclo de corta las áreas boscosas mantienen sus características de extensión, forma perimetral y localización de acuerdo con lo establecido en el registro geográfico de las unidades de manejo forestal	
1.1.3. La ubicación y las colindancias del área de bosque están claramente definidas en el terreno y concuerdan con la documentación catastral del o los inmuebles	
<i>1.2. Tenencia clara</i>	
1.2.1. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un título de propiedad, o contrato de arrendamiento legalmente inscrito, o derecho de posesión legalmente reconocido	
1.2.2. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un plano debidamente catastrado	
1.2.3. La unidad de manejo forestal no presenta conflictos de tenencia	
<i>1.3. Seguimiento en el tiempo</i>	
1.3.1. La AFE lleva un registro documental del historial de la unidad de manejo de bosque, asociado al registro geográfico, que permite verificar en cualquier momento la cronología y el tipo de actividades realizadas y por ejecutar	
1.3.2. La información contenida en el registro documental de la unidad, sobre planes de manejo y otra información relevante, cuenta con la aprobación de la AFE	
1.3.3. Los planes de manejo y sus respectivos cronogramas de actividades aprobados son respetados en el tiempo, tanto por el interesado como por la AFE, para garantizar la seguridad jurídica del manejo del bosque	
1.3.4. El plan de manejo aprobado cumple con lo establecido en el Código de Prácticas	
1.3.5. Existe un registro de todas las actividades realizadas durante la ejecución del aprovechamiento	
1.3.6. La ejecución del aprovechamiento respeta los elementos aprobados por la AFE dentro de Plan de Manejo y sus modificaciones	
2. Sobre el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo	
<i>2.1. Manejo por tipo de bosque</i>	
2.1.2. La prescripción de manejo es consistente con las limitaciones y capacidades productivas del tipo de bosque presente en la unidad de manejo forestal	
<i>2.2. Mantenimiento de la condición disetánea del bosque natural</i>	
2.2.1. El bosque mantiene un área basal por hectárea superior o igual al valor de referencia por tipo de bosque para las especies comerciales y no comerciales en el área efectiva de manejo	
2.2.2. La abundancia de los individuos del gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras se mantiene en una proporción inferior o igual al valor de referencia	
3. Sobre la función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades humanas que puedan afectar la integridad del bosque	
<i>3.1. Protección de la calidad del agua</i>	
3.1.1. La infraestructura establecida para el manejo forestal no presenta signos de que altere la calidad del agua en el sitio	
3.1.2. Las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos (Artículo 33 Ley Forestal 7575) ubicados dentro del área de bosque no presentan signos de estancamiento, u obstrucción causados por las acciones directas del manejo forestal	
3.1.3. No hay evidencias de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de las actividades de manejo	

3.2. Protección del suelo	
3.2.1. Los caminos primarios y patios de acopio tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y la sedimentación excesiva en las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos	
3.2.2. Los caminos primarios y los patios de acopio están ubicados técnicamente y no abarcan un área mayor a un 2% del área efectiva de manejo	
3.2.3. Al concluir el aprovechamiento, los caminos primarios públicos quedan habilitados para su uso y en un estado igual o mejor al de la condición de inicio del aprovechamiento inmediatamente después.	
3.3. Protección del bosque contra alteraciones que lo pongan en riesgo	
3.3.1. No hay eliminación del sotobosque (socola) o quemas intencionales dirigidas al cambio de uso. Asimismo, dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola, actividades de pastoreo, u otras actividades que pongan en peligro la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.	
3.3.2. En zonas de alta y mediana incidencia de riesgo de incendios forestales, según la clasificación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se establecen medidas preventivas (rondas cortafuegos) para el control de incendios forestales que promuevan la permanencia en el tiempo de los bosques manejados	
3.3.3. 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, basándose en información de parcelas permanentes o en información secundaria verificable	
6. Beneficios del Bosque	
6.2. Viabilidad financiera	
6.2.1. En el plan de manejo se demuestra que los ingresos por los bienes y los servicios del aprovechamiento serán mayores que los costos en lo que incurre el propietario.	
6.3. Diversidad en la producción	
6.3.2. El plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cumple con las disposiciones de la legislación vigente y los tratados internacionales ratificados por el país.	
7. Monitoreo y Evaluación	
7.1. Monitoreo del manejo	
7.1.1. Existe un registro consolidado que incluye: volumen de producción y número de trozas por especie, por área de aprovechamiento anual y periodo de aprovechamiento, verificable con las respectivas guías de transporte y que concuerde con lo reportado en los informes de regencia.	
7.1.3. Existe evidencia de que los tocones de los árboles cortados (X) están marcados con su respectivo número del censo, según la lista de árboles de corta y el mapa base de aprovechamiento.	
7.1.4. En los registros de la AFE se mantienen disponibles los informes de regencia requeridos	
7.4. Evaluación en el tiempo, del manejo forestal	
7.4.1. Existe un plan de monitoreo de la Unidad de Manejo que contempla aspectos de la condición del bosque después del aprovechamiento e impacto social de las operaciones.	

Otros		
Impacto global estimado	Estimado	Real
Global		
Caminos primarios		
Caminos secundarios		
Patios		
Claros		
Tipo de maquinaria para arrastre	D5	
Observaciones		
Guías para troza entregadas		
Guías devueltas sin usar		
Guías para madera aserrada entregadas		
Informes de regencia emitidos		
Costo de elaboración del PM		
Costo de la regencia		
Costo Total		
Ingresos Totales		

4- Aplicación del modelo

Una vez cuantificados los indicadores se procede a localizar la información de las variables independientes

Se aplica la fórmula siguiente:

$$S = \frac{1}{1 + e^{-(-143,798 - 32,181(PSA) + 4,460(G) - 0,675(DISTOFIC) + 5,283(CTLA) + 56,746(I136) + 90,017(I212) + 51,127(I711))}}$$

Donde

PSA, es la existencia de pago por servicio ambiental, 1 es sí, 0 es no

G, es el área basal (m²/ha) que reporta el plan de manejo forestal último ejecutado

DISTOFIC, es la distancia (km) de la entrada de la finca a la oficina subregional que ejerce control.

CTLA, es la clasificación que el evaluador le asigne a las condiciones técnicas legales y administrativas, esto lo hace después de evaluar el expediente que

maneja la oficina subregional correspondiente. Inflexible es 1 y Variables o estables es 0.

I136, I212, I711, se refiere a si cumplió con los indicadores, 1 es sí, 0 es no.

En la hoja Excel que se ha preparado para esta evaluación se consigna la información de esta evaluación. En la misma hoja se le generan comparaciones de la unidad de bosque manejado con el área basal promedio de referencia para el tipo de bosque reportado y se lo grafica en relación con los límites de confianza de la línea base del bosque de ese tipo.

También le genera un resumen de cumplimiento de objetivos, cuantos cumplidos y cuantos no.

En relación con los porcentajes de impacto del aprovechamiento le genera un gráfico comparativo entre lo estimado y lo obtenido en la realidad.

Le genera un resumen donde le compara asuntos administrativos, por ejemplo, les indica a cuántos años está de la próxima cosecha, le indica si el promedio del trámite es mayor igual o menor que el promedio del área de conservación y se lo diferencia para aquellos procesos que van a SETENA y los que no, por separado.

Además, le calcula el resultado de probabilidad de sostenibilidad.

Finalmente, esta evaluación se puede realizar en diferentes momentos en la misma unidad de manejo entonces se permite guardar un histórico para compararlo en el tiempo. Los gráficos y los cuadros resumen pueden recopilar esa información.

Aunque esta metodología se ha diseñado a partir de información de las unidades de manejo forestal ubicadas en la Zona Norte, dado que la normativa forestal es nacional y se ha diseñado bajo su base, la evaluación es posible aplicarla para cualquier unidad de manejo en cualquier parte del país.

5- Referencias

Rosales, M. (2014). Proceso evaluativo: evaluación sumativa, evaluación formativa y su impacto en la educación actual. In *Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación* (Vol. 4, p. 662).

Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y bosques*, 21(SPE), 17-28.

4- Conclusiones y Recomendaciones

- 1- Se logró identificar un conjunto de 30 indicadores que se pueden utilizar en la evaluación de la sostenibilidad de unidades de bosques manejadas, estos indicadores se constituyen en un conjunto de base que representan la dimensión social, económica, ecosistémica e institucional, todas ellas fundamentales para asegurar la sostenibilidad.
- 2- La cuantificación de los indicadores permitió validar el uso de 25 indicadores de estos 30 que constituyen el conjunto de referencia. La razón de la no posibilidad de validación de 5 indicadores se basa en el hecho de que la información es imposible de reconstruir en algunos indicadores.
- 3- Se han generado dos modelos de predicción probabilística de la sostenibilidad, el primero fue obtenido a partir de un experimento de escogencia aplicado a un panel experto en manejo forestal, los resultados de este no han podido validarse aún pero no se descarta que sea posible hacerlo. El segundo de ellos fue obtenido a partir de una regresión logística binaria y el mismo fue validado a través de la técnica de validación cruzada utilizando análisis de sensibilidad.
- 4- La metodología de evaluación de sostenibilidad generada en este estudio es sencilla e intuitiva, se basa en información que es posible recopilar en las oficinas estatales y de requerirse, se puede recopilar información de campo si fuere necesario.
- 5- Es posible aplicar la evaluación en diferentes momentos de una línea de tiempo de esa forma se pueden construir históricos de evaluación por unidad de manejo para determinar si hay cambios sensibles en la sostenibilidad de la unidad.
- 6- La razón de mejora de los procesos debe ser la clave en el análisis de la información que se obtiene de la evaluación.

- 7-** La aplicación de la metodología la pueden hacer los mismos regentes forestales, las organizaciones y los funcionarios estatales, pero sus resultados deben tratarse como una evaluación diagnóstica, donde prime la mejora sobre el sistema de evaluación con fines represivos, salvo que las debilidades encontradas sean tipificadas por la legislación como un delito. Si la evaluación se aplica para evaluar la política de manejo debe aplicarse de forma masiva en el país, o también de forma regional. Evaluaciones individuales no arrojarán información generalizable más allá de la unidad de bosque manejado evaluado.
- 8-** Dado que el esquema costarricense de Manejo Forestal aplica los PCI y el código de prácticas en todo el país, es posible implementar esta metodología para todo el país y no solo para la Zona Norte. Sin embargo, es importante llamar la atención a que deben crearse oficializarse a través del Código de Prácticas, valores de referencia mínimo para el área basal específicamente, para otros tipos de bosque en el país, pues por el momento se han generado de forma particular para la Zona Norte y para el resto de las regiones opera un único valor de referencia que podría no estar respondiendo a las condiciones reales de los bosques de zonas con condiciones ecosistémicas diferentes como por ejemplo los bosques del Pacífico Sur y los bosques incluso de la región Chorotega.
- 9-** El monitoreo de la sostenibilidad de unidades de bosque manejados debe ser una acción de mejora que asuma el Estado como tal, aquellos propietarios que deseen hacerla por cuenta propia lo pueden hacer, pero, generará más información para la mejora continúan si se implementa de forma masiva como una cultura de rendición de cuentas y de registro de evolución en el tiempo que permita tomar decisiones de corto, mediano y largo plazo.
- 10-** Es importante que las oficinas subregiones apliquen una autoevaluación de sus procesos de trámite para que mejoren las mismas en favor del manejo forestal y de la sostenibilidad del recurso.

- 11-** Los sistemas de información geográfica permitirían integrar los bosques manejados de una región o de un área de conservación a partir de sus planos catastrados y a partir de ellas integrar información de atributos como las existencias de PSA, la existencia de denuncias y cambios de cobertura, eso le permitiría al Estado localizar puntos calientes de conflicto socioambiental relacionados con el manejo.
- 12-** Con la cuantificación realizada en este estudio no se encontró ningún caso asociado a cambios de uso dentro de las unidades de bosque manejado, aunque si se encontró que en algunos casos a partir del manejo forestal aplicado en una unidad se utilizó para procesos ilegales en unidades de manejo aledañas. Todos los casos identificados con esta cuantificación ya habían sido detectados por los funcionarios estatales e incluso denunciados por los regentes forestales participantes. Todos esos casos están siendo analizados en procesos judiciales, por cambio de uso.
- 13-** El modelo de regresión obtenido permitió estimar la sostenibilidad de las unidades de manejo de bosque a partir de variables independientes obtenidos, este modelo es solo uno de los tantos posibles de obtener para este tipo de estimación.
- 14-** En el proceso de cuantificación de indicadores en la Zona Norte, se determinó que un porcentaje superior al 80 % de los indicadores de sostenibilidad por utilizar en evaluación de la sostenibilidad, se cumplen en el 100% de las unidades de manejo, esto revela la alta rigurosidad que se tiene no solo en la planificación sino en la ejecución del manejo forestal en la Zona Norte.
- 15-** Este estudio no evaluó los efectos del Huracán Otto ocurrido en el 2016, sobre las unidades de bosque manejado, esas unidades fueron eliminadas del proceso de evaluación debido a las altas modificaciones en la estructura del bosque que no ocurrieron por efecto del manejo sino por efecto del fenómeno natural.

- 16-**El uso de parcelas permanentes de muestreo para la obtención de información relacionadas con línea base es muy deseable, pero también muy costosa. El Estado debería hacer un esfuerzo por asumir este tipo de monitoreo a través del trabajo de la academia de una forma conjunta.
- 17-** En el modelo de evaluación obtenido en este estudio a partir de la regresión logística, no se encontró que los costos de ejecución fueran una variable determinante en el manejo. Se recomienda comprobar utilizando algún indicador de rentabilidad.
- 18-**A partir del resultado obtenido en la regresión logística se comprueba que si bien es cierto la existencia del PSA que se otorga a los inmuebles es un factor que no determina de manera concluyente la sostenibilidad de las unidades de bosque manejadas, ciertamente la ausencia total de este beneficio sí condiciona la insostenibilidad.
- 19-**Las condiciones técnicas, legales y administrativas inflexibles son condiciones de gobernanza que no aportan de ninguna manera en la sostenibilidad, esto fue comprobado en ambos modelos obtenidos en este estudio.
- 20-**La incorporación de indicadores de sostenibilidad relacionados con fauna fue una propuesta que se valoró en este estudio, el indicador no fue considerado como indispensable, aunque sí alcanzó el nivel de deseable. Es importante aclarar que la fauna es un factor que ejerce muy poco efecto sobre la evaluación de las unidades de manejo, pero sería deseable que se generarán otros indicadores de evaluación de la fauna a nivel de paisaje, en este campo hay mucho potencial de estudio futuro. Se encontraron diferencias significativas en los tiempos de resolución de los planes de manejo en la Zona Norte y muy particularmente en aquellos que incluyen viabilidades ambientales de la SETENA, es importante que se trabajen procesos de mejora, porque el tiempo de resolución es un proceso que agudiza e inflexibiliza las decisiones en torno al manejo.

5-Referencias

- Armitaje, L. (1999). Directrices para la ordenación de los bosques tropicales: producción de madera (No. CIDAB-SD391-F6e-135). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 135-330 p.
- Astigarraga, E. (2003). El método Delphi. San Sebastián, Spain: Universidad de Deusto, p. 14.
- Berlanga V, Vilà R. (2014) Cómo obtener un Modelo de Regresión Logística Binaria con SPSS. REIRE [revista en Internet]. 7 (2): 105-118. Available from: <http://www.raco.cat/index.php/REIRE/article/view/278697/366441>.
- Campos, J. J., Camacho, M., Villalobos, R., Rodríguez, C. M., & Gómez, M. (2001). La tala ilegal en Costa Rica. Informe elaborado por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) a solicitud de la Comisión de Seguimiento del Plan Nacional de Desarrollo Forestal, Costa Rica. p 29.
- Castañeda, F. (2004). Estado y Tendencias de la Ordenación Forestal en 17 países de América Latina. Documento de Trabajo sobre Ordenación Forestal 26. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/008/j2628s/j2628s00.HTM>.
- Cubbage, F., Diaz, D., Yapura, P., & Dube, F. (2010). Impacts of forest management certification in Argentina and Chile. *Forest Policy and Economics*, 12, 497-504. Grainger, 2012
- Hickey, G. (2008). Evaluating sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(2), 109-114. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2006.11.011>
- Leyes y Decretos. (1997). Ministerio de Ambiente y Energía. Reglamento a la Ley Forestal No 7575. Costa Rica.

Leyes y Decretos. (2008). Ministerio de Ambiente y Energía. Estándares de Sostenibilidad para Manejo de Bosques Naturales: Principios, Criterios e Indicadores, Código de Prácticas y Manual de Procedimientos. Costa Rica.

Leyes y Decretos. (2009). Ministerios de Ambiente y Energía. R-SINAC-021-2009. Código de Prácticas.

López-Ridaura, S., Masera, O., & Astier, M. (2002). Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems. The MESMIS framework. *Ecological indicators*, 2(1), 135-148.

López-Ridaura, S., Van Keulen, H., Van Ittersum, M. & Leffelaar, P. A. (2005). Multiscale methodological framework to derive criteria and indicators for sustainability evaluation of peasant natural resource management systems. *Environment, development and sustainability*, 7(1), 51-69.

Maesa, W., Fontaine, M., Rongé, K., Hermy, M., & Muys, B. (2011). A quantitative indicator framework for stand level evaluation and monitoring of environmentally sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 11, 468-479. Masera, Astier y López-Ridaura, 2000

McGinley, K., & Cubbage, F. (2011). Governmental regulation and nongovernmental certification of forests in the tropics: Policy, execution, uptake, and overlap in Costa Rica, Guatemala, and Nicaragua. *Forest Policy and Economics*, 13, 206-220.

Merino-Castello, A (2003). Eliciting Consumer Preferences Using Stated Preference Discrete Choice Models: Contingent Ranking Versus Choice Experiments. Department of Economics and Business, Pompeu Fabra University, Barcelona, Spain. p 253.

Moctezuma-Malagón, A., González-Esquivel, C. E., De la Lanza-Espino, G., & Islas, C. G. R. (2008). A methodology for evaluating the sustainability of inland wetland systems. *Aquaculture international*, 16(6), 525-537.

Masera, O., Astier, M., & López-Ridaura, S. (2000). El marco de evaluación MESMIS. Sustentabilidad y Sistemas Campesinos. Cinco experiencias de evaluación en el México rural. Omar M. y S. López-Ridaura (eds.). GIRA AC/Mundi-Prensa/PUMA, México. Pág 14.

Naredo, J. M., & Gómez-Baggethun, E. (2012). Río+ 20 en perspectiva: Economía verde nueva reconciliación virtual entre ecología y economía. Anexo a la edición española del informe de World Watch Situación en el Mundo, 347-421.

Navrud, S., & Strand, J. (2016). Valuing Global Ecosystem Services: What Do European Experts Say? Applying the Delphi Method to Contingent Valuation of the Amazon Rainforest. *Environmental and Resource Economics*, 1-21. DOI: 10.1007/s10640-017-0119-6

Pires, S. M., & Fidélis, T. (2015). Local sustainability indicators in Portugal: assessing implementation and use in governance contexts. *Journal of Cleaner Production*, 86, 289-300.

Prada, A.; Vásquez, M.J.; y Soliño, M. (2005). Beneficios y costes sociales en la conservación de la Red Natura 2000. Fundación Caixa Galicia. p 114.

Quesada, R. (2006). Editorial: Bosques naturales en Costa Rica y su Manejo. *Revista Forestal Mesoamericana*, 9, 1-2.

Rayamajhi, S., Smith-Hall, C., & Helles, f. (2012). Empirical evidence of the economic importance of Central Himalayan forests to rural households. *Forest Policy and Economics*, 20, 25-35.

Sackman H (1975) Delphi critique: expert opinion. *Forecasting and group process*. D.C. Heath, Lexington.

SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). (2016). SINAC en números: Informe anual estadísticas SEMEC 2015. San José, Costa Rica: Comps. B Pavlotzky, G Rojas. 101 p.

Sotto J, G, Ennals, A. (1999). El manejo local de bosques, un instrumento para el desarrollo rural. Documento de trabajo. FTTP/FAO, San José, CR. 63p.

Stupak, I., Lattimore, B., Titus, B., & Smith, C. (2011). Criteria and indicators for sustainable forest fuel production and harvesting: A review of current standards for sustainable forest management. *Biomass and Bioenergy*, 35, 3287-3308.

Tesfaye, Y., Roos, A., Campbell, B., & Bohlin, F. (2011). Livelihood strategies and the role of forest income in participatory-managed forests of Dodola area in the bale highlands, Southern Ethiopia. *Forest Policy and Economics*, 13, 258-265.

Van Gossum, P., Arts, B., De Wulf, R., & Verheyen, K. (2011). An institutional evaluation of sustainable forest management in Flanders. *Land use Policy*, 28, 110-123.

Vega, D. C., & Alpízar, F. (2011). Choice experiments in environmental impact assessment: the case of the Toro 3 hydroelectric project and the Recreo Verde tourist center in Costa Rica. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 29(4), 252-262.

WCED. World Commission on Environment and Development. (1987): *Our Common Future*, Oxford University Press (editions en castellano: *Nuestro futuro común*, Madrid, Alianza Editorial, 1988).

Anexos

Anexo 1. CUESTIONARIO EXPERTOS (Primera ronda)

Este cuestionario indaga la opinión de una muestra representativa de expertos del Manejo Forestal en Costa Rica que busca definir los aspectos que de forma medular debe considerar una metodología general *ex post*, que permita Evaluar la Sostenibilidad del Manejo Forestal del Bosque Natural.

Número de cuestionario: _____

A. Aspectos Generales

1. ¿Cuáles son a su juicio los Atributos que definen si el manejo forestal es sostenible?

- Productividad:** habilidad del ecosistema de proveer el nivel de requerido de bienes y servicios
- Estabilidad:** que se mantenga la productividad del sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo bajo condiciones promedio o normales lo que significa que es confiable y resiliente
- Adaptabilidad:** capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio, es decir, de continuar siendo productivo ante cambios de largo plazo en el ambiente.
- Equidad:** Habilidad del sistema para distribuir la productividad (beneficio-costos) de forma justa
- Autogestión:** Capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior manteniendo identidad y valores culturales
- Otra:** _____.

2. Solo para los atributos escogidos en la pregunta 1, indique, cuál es el peso o importancia que usted le da a cada uno de ellos. Distribuya 100 puntos entre todos los atributos elegidos en la pregunta 1. Recuerde que entre menos puntos le asigne menos importante es el atributo, según su criterio.

<i>Dimensión</i>	<i>La suma total es</i>
	<i>100</i>
Productividad	
Estabilidad	
Adaptabilidad	
Equidad	
Autogestión	
Otro	

B. Identificando las Dimensiones de la sostenibilidad del manejo forestal del bosque.

3. La normativa actual costarricense establece que el Manejo Forestal Sostenible se logra cuando *“los bienes y servicios derivados de los bosques abastecen las necesidades actuales; mientras que al mismo tiempo aseguran su capacidad y contribución continua para las futuras generaciones.”* A su juicio, **¿cuáles de las siguientes Dimensiones deben ser consideradas para evaluar la sostenibilidad del Manejo Forestal en ese contexto?**

- Económicos
- Sociales
- Ambientales o de ecosistema
- Institucionales
- Otro. _____

4. Solo para los **Dimensiones** escogidas en la pregunta 3, indique, cuál es el peso o importancia que usted le da a cada uno de ellos cuando se evalúa sostenibilidad. Distribuya 100 puntos entre todas las dimensiones elegidos en la pregunta 3. Recuerde que entre menos puntos le asigne, menos importante es la Dimensión, según su criterio.

<i>Dimensión</i>	<i>La suma total es</i>
	100
Económica (ECON)	
Social (SOC)	
Ambiental o de ecosistema (ECOS)	
Institucional (INST)	
Otro	

5. En las preguntas 1 y 3 usted ha delimitado las Dimensiones y los Atributos que deben ser consideradas para definir la sostenibilidad del Manejo Forestal. **¿Cómo relaciona esas Dimensiones con los Atributos?** Seleccione máximo los dos Atributos más importantes para cada Dimensión.

Atributo	Dimensión (marque con X máximo 2 relaciones por columna)			
	Económico	Social	Ecosistema	Institucional
Productividad				
Estabilidad				
Adaptabilidad				
Equidad				
Autogestión				

C. Sobre los Principios que debe considerar una Evaluación del Manejo Forestal Sostenible de los bosques naturales.

6. Considere los siguientes **Principios** e indique cuáles de ellos deben ser considerados al realizar una evaluación de la sostenibilidad. Indique para cada uno de ellos si su consideración es No necesaria (0), Deseable (1) o Indispensable (2). Además, indique con cuál dimensión debe estar relacionado el principio elegido.

Principio	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable	Dimensión (marque con X con cual está relacionado <u>máximo 2</u> por Principio)				
		1	2	3	4	5
		ECON	SOC	ECOS	INST	OTRA
1. Sobre seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal: El manejo forestal asegura la permanencia del bosque en el paisaje.	0 1 2					
2. Sobre el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo: El bosque bajo manejo forestal mantiene su estructura y composición.	0 1 2					
3. Sobre la función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades humanas que puedan afectar la integridad del bosque: El bosque bajo manejo forestal conserva su función de protección de suelos y aguas, está libre de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de las actividades de manejo, y no tiene alteraciones producto de actividades humanas.	0 1 2					

Principio	Marque <i>0. No necesario</i> <i>1. Deseable</i> <i>2. Indispensable</i>	Dimensión (marque con X con cual está relacionado máximo 2 por Principio)				
		1	2	3	4	5
		ECON	SOC	ECOS	INST	OTRA
4. Derechos de los Trabajadores y Relaciones Comunes: El manejo forestal deberá mantener o elevar el bienestar social y económico de los trabajadores forestales y respetar los derechos de las comunidades.	0 1 2					
5. Derechos de las Comunidades Indígenas: Se reconocen y respetan los derechos legales y consuetudinarios de las comunidades indígenas a poseer, usar y manejar sus tierras, territorios y recursos naturales.	0 1 2					
6. Beneficios del Bosque: se promueve el uso eficiente de los diferentes productos y servicios del bosque con el fin de asegurar su viabilidad económica y la producción de beneficios ambientales y sociales.	0 1 2					
7. Monitoreo y Evaluación: Se evalúa el sistema de manejo forestal aplicado por medio del monitoreo de la condición del bosque, el rendimiento de los productos forestales, y los impactos sociales y ambientales de la actividad.	0 1 2					
7. Otros principios <u>indispensables</u>:						

D. Sobre los Criterios que responden a los Principios que permiten evaluar el Manejo Forestal Sostenible de los bosques naturales.

8. Considere los siguientes **Criterios** e indique cuáles de ellos deben ser evaluados como garantía de la sostenibilidad del Manejo Forestal. Indique para cada uno de ellos si su consideración de uso es No necesario (0), Deseable (1) o Indispensable (2). **Adicionalmente indique para cada criterio con cual dimensión de la sostenibilidad se relacionan.**

<i>Principio</i>	<i>Criterio</i>	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
1. Sobre seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal	1.1. De seguimiento espacial: La AFE lleva un registro de la cobertura forestal bajo manejo para controlar el cambio de uso del suelo y garantizar su permanencia en tiempo y espacio.	0 1 2
	1.2. De Tenencia clara: La tenencia y derechos de uso de los bosques bajo manejo forestal están claramente definidos.	0 1 2
	1.3. De seguimiento en el tiempo: Se mantiene un registro de actividades históricas y por ejecutar que permite el seguimiento garantiza el manejo forestal del bosque a largo plazo.	0 1 2
	1.4. Otro criterio indispensable	
2. Sobre el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo	2.1. De manejo por tipo de bosque: El bosque es ubicado y tipificado en el contexto del paisaje forestal circundante, lo cual permite prescribir y evaluar la condición del bosque bajo manejo forestal considerando sus características particulares.	0 1 2
	2.2. De mantenimiento de la condición disetánea del bosque natural: El manejo forestal mantiene la estructura disetánea y composición del bosque.	0 1 2
	2.3 De Simulación de la dinámica del bosque: En el bosque manejado se replica la dinámica natural en cuanto al área de claros, con el fin de mantener los procesos dinámicos de forma similar a lo que ocurre en condiciones sin intervención.	0 1 2
	2.4. Otro criterio indispensable:	
3. Sobre la función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades	3.1 De protección de la calidad del agua: El manejo forestal protege la calidad del agua presente en la unidad de manejo.	0 1 2
	3.2 De protección del suelo: El manejo forestal protege el suelo de la unidad de manejo.	0 1 2

<i>Principio</i>	<i>Criterio</i>	<i>Marque</i> <i>0. No necesario</i> <i>1. Deseable</i> <i>2. Indispensable</i>
humanas que puedan afectar la integridad del bosque	3.3 De protección del bosque contra alteraciones humanas: El manejo forestal sostenible mantiene el bosque natural protegido de la influencia de actividades que pongan en peligro la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.	0 1 2
	3.4. Otro criterio indispensable:	
4. Derechos de los Trabajadores y Relaciones Comunes	4.1. De la salud y seguridad de los trabajadores: El manejo forestal cumple o supera las disposiciones indicadas en la legislación nacional e internacional aplicables a la salud y la seguridad de los trabajadores.	0 1 2
	4.2. Beneficios para las comunidades: Las comunidades y población local se benefician directa o indirectamente de la utilización del bosque.	0 1 2
	4.3. Comunicación con la comunidad: Existe comunicación efectiva entre las comunidades, por medio de sus representantes, y los responsables del manejo forestal.	0 1 2
	4.4. Otro criterio indispensable	
5. Derechos de las Comunidades Indígenas	5.1. Respeto por la propiedad indígena: El manejo forestal garantiza un estricto respeto a los derechos de propiedad y de uso de las comunidades indígenas sobre los recursos naturales.	0 1 2
	5.2. Manejo Forestal consultado: La planificación, la ejecución y el monitoreo del manejo forestal en las áreas boscosas dentro de las reservas indígenas, se llevan a cabo con el consentimiento de las comunidades autóctonas representadas por la respectiva Asociación de Desarrollo Integral.	0 1 2
	5.3. Respeto por los sitios en relación con sus costumbres: Los sitios de especial significado cultural, ecológico, económico o espiritual para las comunidades indígenas, son reconocidas, protegidas y respetadas por los responsables del Manejo Forestal.	0 1 2

<i>Principio</i>	<i>Criterio</i>	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
6. Beneficios del Bosque	5.4. Otro criterio indispensable	
	6.1. Manejo Forestal y rentabilidad: El manejo forestal promueve el uso y el procesamiento óptimo de los diferentes productos, siempre y cuando contribuya a mejorar la rentabilidad financiera.	0 1 2
	6.2. Viabilidad financiera: La operaciones propuestas aseguran la viabilidad financiera del manejo forestal.	0 1 2
	6.3. Diversidad en la producción: El manejo forestal busca la diversificación de la producción, mediante la integración de otros bienes y servicios del bosque de interés económico para el propietario.	0 1 2
7. Monitoreo y Evaluación	7.1. Monitoreo del manejo: El plan de monitoreo permite evaluar la condición del bosque durante el aprovechamiento y después de este, para hacer los ajustes necesarios al manejo.	0 1 2
	7.2. Ajustes en el tiempo: El plan de monitoreo permite evaluar el impacto social causado por el manejo forestal, con el fin de hacer los ajustes necesarios al manejo. Este toma en consideración la escala e intensidad de las operaciones de manejo forestal.	0 1 2
	7.3. Evaluación del Impacto del aprovechamiento: El plan de monitoreo permite evaluar el impacto ambiental causado por el manejo forestal para hacer los ajustes necesarios. Este toma en consideración la escala e intensidad de las operaciones.	0 1 2
	7.4. Evaluación en el tiempo del manejo: El plan de monitoreo permite evaluar la condición y rendimiento del bosque y el impacto social y ambiental de las operaciones de manejo. Este toma en consideración la escala e intensidad de las operaciones de manejo forestal.	0 1 2

<i>Principio</i>	<i>Criterio</i>	<i>Marque</i> <i>0. No necesario</i> <i>1. Deseable</i> <i>2. Indispensable</i>
	7.5. Otro criterio indispensable	

E. Sobre los Indicadores que responden a cada Criterio, los cuales permiten evaluar el Manejo Forestal Sostenible de los bosques naturales.

9. Considere los siguientes Indicadores e indique cuáles de ellos deben ser evaluados como garantía de la sostenibilidad del Manejo Forestal. Indique para cada uno de ellos si su consideración de uso es No necesario (0), Deseable (1) o Indispensable (2).

<i>Criterio</i>	<i>Indicador</i>	<i>Marque</i> <i>0. No necesario</i> <i>1. Deseable</i> <i>2. Indispensable</i>
1.1. De seguimiento espacial: La AFE lleva un registro de la cobertura forestal bajo manejo para controlar el cambio de uso del suelo y garantizar su permanencia en tiempo y espacio.	1.1.1. La AFE lleva un registro geográfico de las unidades de manejo forestal.	0 1 2
	1.1.2. Durante el ciclo de corta las áreas boscosas mantienen sus características de extensión, forma perimetral y localización de acuerdo con lo establecido en el registro geográfico de las unidades de manejo forestal que para ese fin se utiliza, salvo lo indicado en el artículo 19 de la Ley Forestal N° 7575 del 16 de abril de 1996.	0 1 2
	1.1.3. La ubicación y las colindancias del área de bosque están claramente definidas en el terreno y concuerdan con la documentación catastral del o los inmuebles.	0 1 2
	1.1.4. Otro indicador indispensable	

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
1.2. De Tenencia clara: La tenencia y derechos de uso de los bosques bajo manejo forestal están claramente definidos.	1.2.1. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un título de propiedad, o contrato de arrendamiento legalmente inscrito, o derecho de posesión legalmente reconocido.	0 1 2
	1.2.2. La unidad de manejo forestal es parte de un inmueble que cuenta con un plano debidamente catastrado.	0 1 2
	1.2.3. La unidad de manejo forestal no presenta conflictos de tenencia.	0 1 2
	1.2.4. Otro indicador indispensable	
1.3. De seguimiento en el tiempo: Se mantiene un registro de actividades históricas y por ejecutar que permite el seguimiento y garantiza el manejo forestal del bosque a largo plazo.	1.3.1. La AFE lleva un registro documental del historial de la unidad de manejo de bosque, asociado al registro geográfico, que permite verificar en cualquier momento la cronología y el tipo de actividades realizadas y por ejecutar.	0 1 2
	1.3.2. La información contenida en el registro documental de la unidad, sobre planes de manejo y otra información relevante, cuenta con la aprobación de la AFE.	0 1 2
	1.3.3. Los planes de manejo y sus respectivos cronogramas de actividades aprobados son respetados en el tiempo, tanto por el interesado como por la AFE, para garantizar la seguridad jurídica del manejo del bosque.	0 1 2
	1.3.4. El plan de manejo aprobado cumple con lo establecido en el Código de Prácticas.	0 1 2
	1.3.5. Existe un registro de todas las actividades realizadas durante la ejecución del aprovechamiento.	0 1 2
	1.3.6. La ejecución del aprovechamiento respeta los elementos aprobados por la AFE dentro de Plan de Manejo y sus modificaciones.	0 1 2
	1.3.7. Otro indicador indispensable	
1.4. Otro criterio indispensable		

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
2.1. De manejo por tipo de bosque: El bosque es ubicado y tipificado en el contexto del paisaje forestal circundante, lo cual permite prescribir y evaluar la condición del bosque bajo manejo forestal considerando sus características particulares.	2.1.1. La unidad de manejo es ubicada en el contexto del paisaje forestal circundante, lo cual permite vincularla con los tipos de bosque presentes en la zona y, relacionarla con el estado de otras masas de bosques del mismo tipo.	0 1 2
	2.1.2. La prescripción de manejo es consistente con las limitaciones y capacidades productivas del tipo de bosque presente en la unidad de manejo forestal.	0 1 2
	2.1.3. Otro indicador indispensable	
2.2. De mantenimiento de la condición disetánea del bosque natural: El manejo forestal mantiene la estructura disetánea y composición del bosque.	2.2.1. El bosque mantiene un área basal por hectárea superior o igual al valor de referencia por tipo de bosque para las especies comerciales y no comerciales en el área efectiva de manejo.	0 1 2
	2.2.2. La abundancia de los individuos del gremio ecológico conformado por las especies heliófitas efímeras se mantiene en una proporción inferior o igual al valor de referencia.	0 1 2
	2.2.3. Otro indicador indispensable	
2.3 De Simulación de la dinámica del bosque: En el bosque manejado se replica la dinámica natural en	2.3.1. El área de bosque impactada por el aprovechamiento forestal está distribuida uniformemente y no es mayor al 15% del área total productiva.	0 1 2
	2.3.2. El área basal cosechada y dañada por el aprovechamiento forestal no supera el 20% del área basal de todos los individuos con DAP mayor o igual a 30 cm. cuando no se cuenta con registros del historial de la unidad de manejo que justifiquen una intervención superior; y de hasta un 30% cuando se pueda justificar con base en los registros de la unidad de manejo.	0 1 2

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
cuanto al área de claros, con el fin de mantener los procesos dinámicos de forma similar a lo que ocurre en condiciones sin intervención.	2.3.3. En presencia de tratamientos silviculturales, el área basal reducida solo podrá exceder un 10% adicional del área basal de todos los individuos con DAP mayor o igual a 30 cm.	0 1 2
	2.3.4. Otro indicador indispensable	
3.1. De protección de la calidad del agua: El manejo forestal protege la calidad del agua presente en la unidad de manejo.	3.1.1. La infraestructura establecida para el manejo forestal no presenta signos de que altere la calidad del agua en el sitio.	0 1 2
	3.1.2. Las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos (Artículo 33 Ley Forestal 7575) ubicados dentro del área de bosque no presentan signos de estancamiento, u obstrucción causados por las acciones directas del manejo forestal.	0 1 2
	3.1.3. No hay evidencias de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de las actividades de manejo.	0 1 2
	3.1.4. Otro indicador indispensable	
3.2 De protección del suelo: El manejo forestal protege el suelo de la unidad de manejo.	3.2.1. Los caminos primarios y patios de acopio tienen las obras de conservación necesarias para minimizar la erosión y la sedimentación excesiva en las nacientes permanentes, ríos, quebradas y arroyos.	0 1 2
	3.2.2. Los caminos primarios y los patios de acopio están ubicados técnicamente y no abarcan un área mayor a un 2% del área efectiva de manejo.	0 1 2
	3.2.3. Al concluir el aprovechamiento, los caminos primarios públicos quedan habilitados para su uso y en un estado igual o mejor al de la condición de inicio del aprovechamiento	0 1 2
	3.2.4. Otro indicador indispensable	

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
3.3 De protección del bosque contra alteraciones humanas: El manejo forestal sostenible mantiene el bosque natural protegido de la influencia de actividades que pongan en peligro la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.	3.3.1. No hay eliminación del sotobosque (socola) o quemas intencionales dirigidas al cambio de uso. Asimismo dentro del bosque no se realiza ningún tipo de cultivo agrícola, actividades de pastoreo, u otras actividades que pongan en peligro la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.	0 1 2
	3.3.2. En zonas de alta y mediana incidencia de riesgo de incendios forestales, según la clasificación del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), se establecen medidas preventivas (rondas cortafuegos) para el control de incendios forestales que promuevan la permanencia en el tiempo de los bosques manejados.	0 1 2
	3.3.3. 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, basándose en información de parcelas permanentes o en información secundaria verificable.	0 1 2
	3.3.4. 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.	0 1 2
	3.3.5. Otro indicador indispensable	
4.1. De la salud y seguridad de los trabajadores: El manejo forestal cumple o supera las disposiciones indicadas en la legislación nacional e internacional aplicables a la salud y la seguridad de	4.1.1. Hay evidencias de que los trabajadores contaron con el equipo mínimo de seguridad laboral, la capacitación y la supervisión requeridos para disminuir los riesgos en salud ocupacional.	0 1 2
	4.1.2. Hay evidencia que demuestra el cumplimiento de la normativa legal vigente y los tratados internacionales aprobados por la Asamblea Legislativa, en materia de salud y seguridad para los trabajadores, en lo que se refiere a higiene, condiciones laborales, seguros y riesgos profesionales.	0 1 2
	4.1.3. Hay evidencias de que la mano de obra extranjera, estuvo debidamente autorizada para trabajar en el país y cuenta con las mismas condiciones y garantías que los trabajadores nacionales.	0 1 2
	4.1.4. Otro indicador indispensable	

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
los trabajadores.		
4.2. Beneficios para las comunidades: Las comunidades y población local se benefician directa o indirectamente de la utilización del bosque.	4.2.1. En el plan de manejo se identifican y protegen los bienes comunales de vital importancia, como caminos, nacientes de agua y tomas de agua para abastecimiento de acueductos, áreas de protección de ríos y quebradas; así como, áreas de recarga acuífera y sitios de importancia histórica, cultural o ecológica, cuando estas estén oficialmente establecidas.	0 1 2
	4.2.2. Se demuestra que la población local tiene oportunidades de trabajar en las operaciones de manejo forestal.	0 1 2
	4.2.3. Otro indicador indispensable	
4.3. Comunicación con la comunidad: Existe comunicación efectiva entre las comunidades, por medio de sus representantes, y los responsables del manejo forestal.	4.3.1. Cuando los bienes comunales de vital importancia se vean afectados por el manejo forestal, se establecen los mecanismos de comunicación adecuados entre los representantes de la comunidad y los responsables del manejo forestal.	0 1 2
	4.3.2. Se aplican los mecanismos jurídicos de derecho administrativo constitucional y común o de acuerdo voluntario entre las partes para la resolución de conflictos entre los responsables del manejo y la comunidad cuando corresponde.	0 1 2
	4.3.3. Otro indicador indispensable	
5.1. Respeto por la propiedad indígena: El manejo forestal garantiza un estricto respeto a los derechos de propiedad y de uso de las comunidades	5.1.1. El manejo forestal no amenaza ni limita, directa o indirectamente, el uso de los recursos y los derechos de propiedad de las comunidades indígenas.	0 1 2
	5.1.2. Otro indicador indispensable	

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
indígenas sobre los recursos naturales.		
5.2. Manejo Forestal consultado: La planificación, la ejecución y el monitoreo del manejo forestal en las áreas boscosas dentro de las reservas indígenas, se llevan a cabo con el consentimiento de las comunidades autóctonas representadas por la respectiva Asociación de Desarrollo Integral.	5.2.1. El plan de manejo cuenta con el visto bueno del representante legal de la Asociación de Desarrollo Integral según acuerdo de la JD correspondiente.	0 1 2
	5.2.2. Los informes de regencia de ejecución del plan de manejo están avalados y firmados, además del propietario, por el representante legal de la Asociación de Desarrollo Integral.	0 1 2
	5.2.3. Otro indicador indispensable	
5.3. Respeto por los sitios en relación con sus costumbres: Los sitios de especial significado cultural, ecológico, económico o espiritual para las comunidades indígenas, son reconocidas,	5.3.1. En el plan de manejo se identifican claramente los sitios especiales de interés para las comunidades indígenas y se ubican en el mapa base.	0 1 2
	5.3.2. En el plan de manejo se definen acciones para proteger los sitios de especial significado para las comunidades indígenas.	0 1 2
	5.3.3. Las actividades de aprovechamiento forestal no causan daños a los sitios especiales identificados en el plan de manejo.	0 1 2
	5.3.4. En el plan de manejo se respetan o se protegen árboles y otras especies vegetales de especial interés para los indígnas.	0 1 2
	5.3.5. Otro indicador indispensable	

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
protegidas y respetadas por los responsables del Manejo Forestal.		
6.1. Manejo Forestal y rentabilidad: El manejo forestal promueve el uso y el procesamiento óptimo de los diferentes productos, siempre y cuando contribuya a mejorar la rentabilidad financiera.	6.1.1. En el plan de manejo se identifican los bienes y los servicios del bosque de interés económico para el propietario.	0 1 2
	6.1.2. En el plan de manejo se describen las directrices aplicables para el uso y el procesamiento óptimo de los productos forestales identificados de interés económico para el propietario.	0 1 2
	6.1.3. Se minimizan los residuos maderables asociados con las operaciones de aprovechamiento y de transformación " <i>in situ</i> ".	0 1 2
	6.1.4. Otro indicador indispensable	0 1 2
6.2. Viabilidad financiera: La operaciones propuestas aseguran la viabilidad financiera del manejo forestal.	6.2.1. En el plan de manejo se demuestra que los ingresos por los bienes y los servicios del aprovechamiento serán mayores que los costos en lo que incurre el propietario.	0 1 2
	6.2.2. Existe un análisis financiero que demuestra la viabilidad del manejo forestal para un plazo igual a un ciclo de corta.	0 1 2
	6.2.3. Otro indicador indispensable	
6.3. Diversidad en la producción: El	6.3.1. Existe un plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque que el propietario desee aprovechar cuando corresponda.	0 1 2

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
manejo forestal busca la diversificación de la producción, mediante la integración de otros bienes y servicios del bosque de interés económico para el propietario.	6.3.2. El plan de manejo específico para el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cumple con las disposiciones de la legislación vigente y los tratados internacionales ratificados por el país.	0 1 2
	6.3.3. En los casos que corresponda, se demuestra que el aprovechamiento de los otros bienes y servicios del bosque cuenta con los permisos y la supervisión profesional requeridos por la legislación vigente.	0 1 2
	6.3.4. Otro indicador indispensable	
7.1. Monitoreo del manejo: El plan de monitoreo permite evaluar la condición del bosque durante el aprovechamiento y después de este, para hacer los ajustes necesarios al manejo.	7.1.1. Existe un registro consolidado que incluye: volumen de producción y número de trozas por especie, por área de aprovechamiento anual y periodo de aprovechamiento, verificable con las respectivas guías de transporte y que concuerde con lo reportado en los informes de regencia.	0 1 2
	7.1.2. En caso de aprovecharse productos no maderables, existen los registros de la producción.	0 1 2
	7.1.3. Existe evidencia de que los tocones de los árboles cortados (X) están marcados con su respectivo número del censo, según la lista de árboles de corta y el mapa base de aprovechamiento.	0 1 2
	7.1.4. En los registros de la AFE se mantienen disponibles los informes de regencia requeridos.	0 1 2
	7.1.5. Otro indicador indispensable	
7.2. Ajustes en el tiempo: El plan de monitoreo permite evaluar el impacto social causado por el manejo forestal, con el	7.2.1. Los informes de regencia incluyen información sobre los efectos del manejo en los caminos vecinales, nacientes y corrientes de agua de uso comunitario y sitios de importancia histórica y cultural cuando corresponde.	0 1 2
	7.2.2. Existen registros de los casos, causas y resoluciones de los conflictos con las comunidades, ocasionados por el manejo forestal, cuando estos se presentan.	0 1 2
	7.2.3. En los informes de regencia existen registros sobre la mano de obra local empleada.	0 1 2

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
fin de hacer los ajustes necesarios al manejo. Este toma en consideración la escala e intensidad de las operaciones de manejo forestal.	7.2.4. Otro indicador indispensable	
7.3. Evaluación del Impacto del aprovechamiento: El plan de monitoreo permite evaluar el impacto ambiental causado por el manejo forestal para hacer los ajustes necesarios. Este toma en consideración la escala e intensidad de las operaciones.	7.3.1. Se hacen los ajustes necesarios al plan de manejo con base en los resultados de las evaluaciones periódicas.	0 1 2
	7.3.2. Otro indicador indispensable	
7.4. Evaluación en el tiempo del manejo: El plan de monitoreo permite evaluar la condición y rendimiento del bosque y el impacto social y ambiental de las operaciones de manejo. Este toma en consideración la	7.4.1. Existe un plan de monitoreo de la Unidad de Manejo que contempla aspectos de la condición del bosque después del aprovechamiento e impacto social de las operaciones.	0 1 2
	7.4.2. Otro indicador indispensable	

Criterio	Indicador	Marque 0. No necesario 1. Deseable 2. Indispensable
escala e intensidad de las operaciones de manejo forestal.		

10. Cuando considera que se alcanza la sostenibilidad de una unidad de manejo.

Solo cuando cumple el 100% de los indicadores indispensables

Existen escalas para medir la sostenibilidad:

Proponga una

No existe forma de cuantificar la sostenibilidad

F. Definiendo elementos que limitan la capacidad de un bosque natural para ser sostenible en el tiempo.

11. Seleccione cuáles de los siguientes elementos, al presentarse, sitúan al bosque natural en una condición crucial tal que se pone en riesgo la sobrevivencia del bosque como sistema sostenible.

Poner máximo dos o ordenarlas.

Atributo	Elemento	Seleccione solo si lo considera crítico para la sostenibilidad
Productividad	Bajo rendimiento	
	Baja calidad de productos	
	Alto costo de oportunidad de las labores de Manejo Forestal	

Atributo	Elemento	Seleccione solo si lo considera crítico para la sostenibilidad
	Ausencia al Pago por Servicio Ambiental	
Estabilidad	Pérdida de suelo o degradación	
	Deforestación	
	Contaminación de suelo y agua	
	Daños producidos por pesticidas	
	Inestabilidad de precios de productos	
	Variaciones técnicas, legales y administrativas	
Adaptabilidad	Alto precio de los insumos	
	Alta dependencia de financiamiento externo	
	Inflexibilidad técnica, legal y/o administrativa	
Equidad	Migración de la población	
	Diferencias sociales en la comunidad	
	Pérdida del valor de la tierra con bosque	
	Variación en el trámite entre oficinas del Estado	
Autogestión	Deterioro de la organización comunal	
	Falta de organización de los productores	
	Alto endeudamiento de los productores	
	Otro elemento que es crítico	

G. Experimento de Escogencia

Presentar las tarjetas

Son 12 Debe elegir entre 4 unidades de manejo cuál es más sostenible y cuál es menos sostenible en una escala de 4 siendo 1 la más sostenible y 4 la menos sostenible.

<i>Tarjeta 1</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Normal	Normal	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Normal	Normal	Alto
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Normal	Alta	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	No	Sí	Sí
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 2</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Normal	Bajo	Bajo	Normal
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Normal	Normal	Alto
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Normal	Normal	Alta	Alta
Pertenencia a grupos de productores organizados	Sí	No	Sí	No
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 3</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Normal	Bajo	Normal	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Normal	Alto	Alto	Normal
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Alta	Normal	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	No	Sí	Sí
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 4</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Normal	Normal	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Normal	Normal	Alto	Alto
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Normal	Normal	Alta	Alta
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	Sí	No	Sí
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 5</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Normal	Bajo	Normal
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Alto	Normal	Normal
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Normal	Alta	Normal	Alta
Pertenencia a grupos de productores organizados	Sí	Sí	No	No
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 6</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Bajo	Normal	Normal
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Normal	Normal	Alto	Alto
Pago por servicio ambiental	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Alta	Normal	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	Sí	Sí	No	No
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 7</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Normal	Bajo	Normal	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Normal	Normal	Alto
Pago por servicio ambiental	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Normal	Alta	Normal	Alta
Pertenencia a grupos de productores organizados	Sí	Sí	No	No
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 8</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Normal	Bajo	Bajo	Normal
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Normal	Alto	Normal	Alto
Pago por servicio ambiental	Ausente	Presente	Presente	Ausente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Normal	Normal	Alta	Alta
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	No	Sí	Sí
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 9</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Normal	Bajo	Normal
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Normal	Alto	Alto	Normal
Pago por servicio ambiental	Presente	Ausente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Normal	Normal	Alta	Alta
Pertenencia a grupos de productores organizados	Sí	No	Sí	No
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 10</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Bajo	Normal	Normal	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Normal	Alto	Normal
Pago por servicio ambiental	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Alta	Normal	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	Sí	Sí	No
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 11</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Normal	Normal	Bajo	Bajo
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Normal	Alto	Alto	Normal
Pago por servicio ambiental	Presente	Ausente	Ausente	Presente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Alta	Normal	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	Sí	No	No	Sí
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

<i>Tarjeta 12</i>	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Rendimiento productivo	Normal	Bajo	Bajo	Normal
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo	Alto	Alto	Normal	Normal
Pago por servicio ambiental	Presente	Ausente	Presente	Ausente
Dependencia de financiamiento externo para realizar el manejo	Alta	Normal	Alta	Normal
Pertenencia a grupos de productores organizados	No	Sí	No	Sí
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

H. Aspectos Finales

12. En una escala del 0 al 10, siendo 0 nada y 10 mucho, ¿En qué medida se considera Usted experto en manejo Forestal?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

13. En una escala del 0 al 10, siendo 0 nada y 10 mucho, ¿En qué medida cree Usted que otras personas le consideran experto en Manejo Forestal?

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Muchas gracias por su colaboración. Próximamente le estaré contactando para presentarle los resultados de esta primera etapa de la investigación donde le resumiré qué es lo que el grupo de expertos (incluido usted) han respondido, le garantizo en todo caso, el absoluto anonimato de sus respuestas y las de los demás participantes.

Cuando le presente este resumen usted podrá volver a opinar sobre las respuestas. Sus respuestas serán de gran relevancia para completar el informe final de análisis sobre esta etapa del proyecto y le agradecemos su total colaboración en este proceso.

Anexo 2. CUESTIONARIO EXPERTOS (Segunda ronda)

Este cuestionario indaga la opinión de una muestra representativa de expertos del Manejo Forestal en Costa Rica que busca definir los aspectos que de forma medular debe considerar una metodología general *ex post*, que permita Evaluar la Sostenibilidad del Manejo Forestal del Bosque Natural.

I. Aspectos Generales

14. ¿Cuáles son a su juicio los Atributos que definen si el manejo forestal es sostenible?

Según la opinión de los expertos consultados, incluida la suya, concuerdan en más de un 80% de las veces que, deben considerarse como atributos que definen la sostenibilidad los siguientes:

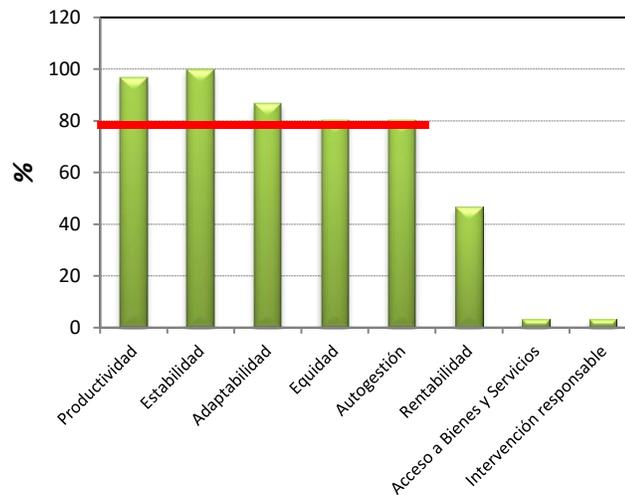


Figura 1. Atributos relacionados con la sostenibilidad del manejo forestal de los bosques

	Atributo	Opinión en números (%)	Ordénelos
SI	Estabilidad	100	
SI	Productividad	96,7	
SI	Adaptabilidad	86,7	
	Equidad	80	
	Autogestión	80	
	Rentabilidad	46,7	
	Acceso al MF	3,3	
	Intervención responsable	3,3	

¿A partir de estos resultados por favor indique nuevamente su opinión de si corresponde o no con un atributo y ordénelos de mayor a menor?

15. Importancia que los expertos le dan a cada atributo en la definición de la sostenibilidad.

Para establecer la importancia de cada atributo dentro de una evaluación de sostenibilidad se solicitó a los expertos que distribuyeran 100 puntos entre los atributos escogidos. Se concluye, a partir de la opinión de los expertos, donde está incluida la suya, que los atributos de productividad y estabilidad son igualmente importantes, seguido de equidad, adaptabilidad, autogestión y rentabilidad.

Conociendo los resultados obtenidos distribuya nuevamente 100 puntos entre todos los atributos elegidos. Considere que el valor de la mediana se refiere a la opinión del 50% de los expertos y los percentiles 25 y 30 no dan una idea de la dispersión de la respuesta.

<i>Atributo</i>	<i>Percentil 25</i>	<i>Mediana</i>	<i>Percentil 75</i>	<i>Promedio</i>	<i>Cuál es el peso que ud le da?</i>
Productividad	20	20	30	23,44	
Estabilidad	15	20	26,25	21,17	
Equidad	8,75	15	20	13,38	
Adaptabilidad	10	12,5	20	14,67	
Autogestión	10	10	20	12,17	
Rentabilidad	0	0	21,25	11,83	
Acceso a Bienes y Servicios	0	0	0	2,67	
Intervención responsable	0	0	0	0,67	

J. Identificando las Dimensiones de la sostenibilidad del manejo forestal del bosque para una evaluación.

16. La normativa actual costarricense establece que el Manejo Forestal Sostenible se logra cuando *“los bienes y servicios derivados de los bosques abastecen las necesidades actuales; mientras que al mismo tiempo aseguran su capacidad y contribución continua para las futuras generaciones.”* A juicio de los expertos deben considerarse en una evaluación de sostenibilidad las siguientes dimensiones:

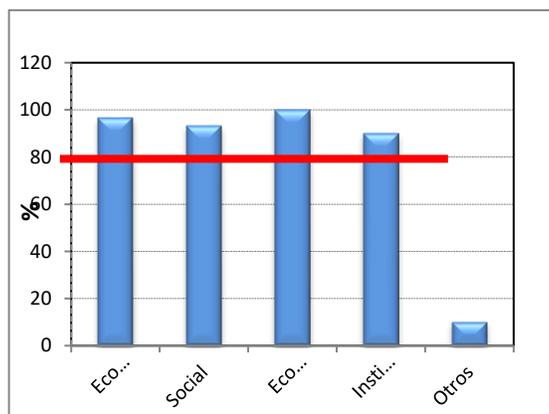


Figura 3. Dimensiones relacionadas con la sostenibilidad del manejo forestal de los bosques que deben ser consideradas en una evaluación

	Dimensión	Opinión en números (%)	Ordenarla de MAYOR A MENOR
SI	Ecosistema	100,0	
SI	Económica	96,7	
SI	Social	93,3	
SI	Institucional	90,0	

En este caso se comunica del consenso no se pregunta cómo debe quedar pero se pide ordenar de mayo a menor importancia

17. Importancia que los expertos le dan a cada DIMENSIÓN que debe ser utilizar en una evaluación de sostenibilidad.

Según los resultados obtenidos, los expertos, incluido usted, señalan que la dimensión por evaluar, más relevante es la de Ecosistema, seguida por la Social, la Económica y la Institucional en ese orden.

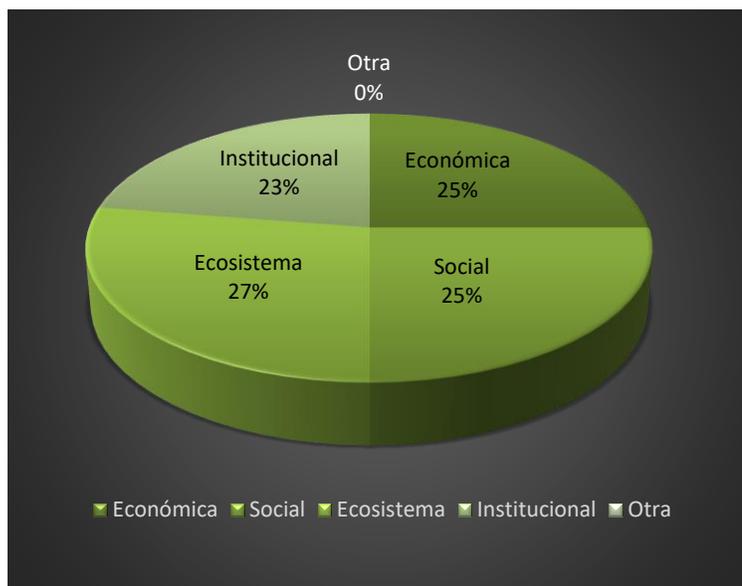


Figura 4. Distribución de la mediana para la importancia relativa para cada Dimensión de sostenibilidad

Dimensión	Percentil 25	Mediana	Percentil 75	Promedio	Cuál es el peso que ud le da?
<i>Ecosistema (ECOS)</i>	25	27,5	27,5	30,5	
<i>Económica(ECON)</i>	20	25	25	23,5	
<i>Social (SOC)</i>	20	25	25	24,17	
<i>Institucional (INST)</i>	10	22,5	22,5	19	
<i>Educación y cultura</i>	0	0	0	1,89	
<i>Mercado</i>	0	0	0	0,94	

Conociendo los resultados obtenidos distribuya nuevamente 100 puntos entre todos los atributos elegidos, según su criterio.

18. Relación de Dimensiones con los Atributos.

Según la opinión suya junto con la de los demás expertos consultados, a la hora de relacionar los elementos de una evaluación de sostenibilidad con los atributos que la definen, debe considerarse que lo Económico debe relacionarse con aspectos de Productividad. Lo Social debe quedar relacionado mayoritariamente con aspectos de Equidad y con Productividad en menor grado. En el caso del Ecosistema es de relevancia establecer relaciones con los aspectos de Estabilidad y Productividad y lo Institucional debe quedar relacionado con Equidad y Estabilidad.

Atributo	Dimensiones (lectura por columna)			
	Económica	Social	Ecosistema	Institucional
	% de personas opinando que sí hay relación			
Productividad	89,70%	18,50%	43,30%	7,70%
Estabilidad	3,43%	14,80%	50,00%	23,10%
Adaptabilidad	0,00%	11,10%	6,70%	11,50%
Equidad	3,43%	48,20%	0,00%	38,50%
Gobernanza	3,43%	7,40%	0,00%	15,40%

Después de conocer estos resultados cómo dejaría las relaciones, por favor solo indique la que es más relevante para usted, para cada dimensión.

Atributo	Dimensión <i>(marque con X solo la relación más importante)</i>			
	Económico	Social	Ecosistema	Institucional
Productividad				
Estabilidad				
Adaptabilidad				
Equidad				
Gobernanza				
Rentabilidad				

K. Sobre los Principios que debe considerar una Evaluación del Manejo Forestal Sostenible de los bosques naturales

19. Según los resultados obtenidos sobre los Principios que rigen la sostenibilidad y que deben ser utilizar para evaluar, hay tendencia a considerar que los principios: 1. Seguridad jurídica y seguimiento tiempo espacio, 2. Mantenimiento de las funciones ecosistémicas, 3. Función del bosque en la protección del suelo, agua, y contra alteraciones que pongan en peligro el bosque, 6. Beneficios del Bosque y 7. Monitoreo y evaluación, deben ser considerados como indispensables en una evaluación de sostenibilidad, mientras que el principio 4. Derechos de los trabajadores y relaciones comunales se considera deseable y el 5. Comunidades indígenas, se considera no necesario.

Los resultados específicos se encuentran en el siguiente cuadro.

Principio	Indispensables	Deseables	No necesario	Dónde la deja?
	% de personas opinando			0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable
1 Sobre seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal: El manejo forestal asegura la permanencia del bosque en el paisaje.	83,33%	13,33%	3,33%	
2. Sobre el mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo: El bosque bajo manejo forestal mantiene su estructura y composición.	70,00%	23,33%	6,70%	
3. Sobre la función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades humanas que puedan afectar la integridad del bosque: El bosque bajo manejo forestal conserva su función de protección de suelos y aguas, está libre de contaminación por desechos sólidos y líquidos derivados de las actividades de manejo, y no tiene alteraciones producto de actividades humanas.	76,70%	23,33%	0,00%	
4. Derechos de los Trabajadores y Relaciones Comunales: El manejo forestal deberá mantener o elevar el bienestar social y económico de los trabajadores forestales y respetar los derechos de las comunidades.	36,60%	53,33%	10,00%	
5. Derechos de las Comunidades Indígenas: Se reconocen y respetan los derechos legales y consuetudinarios de las comunidades indígenas a poseer, usar y manejar sus tierras, territorios y recursos naturales.	23,30%	10,00%	66,70%	

Principio	Indispensables	Deseables	No necesario	Dónde la deja?
	% de personas opinando			0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable
6. Beneficios del Bosque: se promueve el uso eficiente de los diferentes productos y servicios del bosque con el fin de asegurar su viabilidad económica y la producción de beneficios ambientales y sociales.	66,70%	33,30%	0,00%	
7. Monitoreo y Evaluación: Se evalúa el sistema de manejo forestal aplicado por medio del monitoreo de la condición del bosque, el rendimiento de los productos forestales, y los impactos sociales y ambientales de la actividad.	66,70%	30,00%	3,30%	
8. Protección de los mercados para la biodiversidad. (Le ayuda a mantener que las especies se queden en el manejo, el impacto se da a nivel de rentabilidad y social)				
9. Trazabilidad del producto de la finca al mercado				

Sobre la relación de los principios por evaluar con las diferentes dimensiones de sostenibilidad.

20. Según los expertos aunque el ecosistema es una dimensión tan solo un poco más relevante en términos de sostenibilidad, en una evaluación del grado de sostenibilidad que alcanzan fincas bajo manejo forestal, el énfasis debe darse a evaluar el ecosistema.

Principios	Dimensión				Dónde deja? La relación prioritaria	Dónde deja? La relación secundaria
	Económica (1)	Social (2)	Ecosistema (3)	Institucional (4)		
	% de personas opinando					
1. Seguridad jurídica y seguimiento en tiempo y espacio del manejo forestal	20,70%	46,40%	65,50%	44,80%		
2. Mantenimiento de las funciones ecosistémicas del bosque natural disetáneo	39,30%	22,20%	96,40%	10,70%		
3. Función del bosque en la protección de suelos, agua, y el control de otras actividades humanas	23,30%	44,80%	86,70%	23,30%		

Principios	Dimensión				Dónde deja? La relación prioritaria	Dónde deja? La relación secundaria
	Económica (1)	Social (2)	Ecosistema (3)	Institucional (4)		
	% de personas opinando					
que puedan afectar la integridad del bosque						
4. Derechos de los Trabajadores y Relaciones Comunales	66,70%	96,20%	0,00%	29,60%		
5. Derechos de las Comunidades Indígenas	9,10%	100,00%	27,30%	45,50%		
6. Beneficios del Bosque	86,70%	58,60%	43,30%	0,00%		
7. Monitoreo y Evaluación	26,70%	31,00%	83,30%	33,30%		
8. Protección de los mercados para la biodiversidad.						
9. Trazabilidad del producto de la finca al mercado						

L. Sobre los Criterios que responden a los Principios que permiten evaluar el Manejo Forestal Sostenible de los bosques naturales.

21. Para efectos de evaluación de la sostenibilidad la opinión de los expertos sugiere que los criterios 1.1., 1.2., 1.3. 2.1, 2.2. 3.1., 3.3., 7.1 y 7.3., son indispensables. Sugieren también que los criterios deseables son el 2.3., 4.1. y 7.2., y la sugerencia de no necesarios apunta a los criterios 5.1., 5.2., y 5.3.

¿Conociendo estos resultados dónde lo dejaría usted?

Criterio	Indispensables	Deseables	No necesario	0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable
	Importancia relativa de cada según categoría			
1.1. Seguimiento espacial	73,3	26,7	0	
1.2. Tenencia clara	66,7	23,3	10	
1.3. Seguimiento en el tiempo	66,7	33,3	0	

Criterio	Indispensables	Deseables	No necesario	0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable
	<i>Importancia relativa de cada según categoría</i>			
2.1. Manejo por tipo de bosque	70	16,7	13,3	
2.2. Mantenimiento de la condición disetánea del bosque natural	66,7	26,7	6,6	
2.3. Simulación de la dinámica del bosque	20	66,7	13,3	
3.1. Protección de la calidad del agua	50	33,3	16,7	
3.2. Protección del suelo	40	50	10	
3.3. Protección del bosque contra alteraciones que lo pongan en riesgo	66,7	30	3,3	
3.4. De la protección de la flora y la fauna				
3.4. De la protección de la fauna y sus funciones				
4.1. Salud y seguridad de los trabajadores	34,5	55,2	10,3	
4.2. Beneficios para las comunidades	27,6	37,9	34,5	
4.3. Comunicación con la comunidad	13,8	48,3	37,9	
4.4. Seguimiento de la condición de vida del propietario antes y después del manejo.				
5.1. Respeto por la propiedad indígena	30	6,7	63,3	
5.2. Manejo Forestal consultado	33,3	6,7	60	
5.3. Respeto por los sitios en relación con sus costumbres	33,3	6,7	60	
6.1. Manejo Forestal y rentabilidad	46,7	43,3	10	
6.2. Viabilidad financiera	46,7	43,3	10	
6.3. Diversidad en la producción	43,3	43,3	13,4	

Criterio	Indispensables	Deseables	No necesario	0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable
	<i>Importancia relativa de cada según categoría</i>			
7.1. Monitoreo del manejo	56,7	36,7	6,6	
7.2. Ajustes en el tiempo	26,7	56,7	16,6	
7.3. Evaluación del impacto del aprovechamiento	73,4	13,3	13,3	
7.4. Evaluación en el tiempo, del manejo forestal	44,8	48,3	6,9	
8.1. Estudios de mercado				
8.2. Curva de precios por especie				
8.3. No leyes que destruyan el mercado				
8.4. Mercados ilegales				
9.1. Evaluación del producto del árbol a la industria (CADENA DE CUSTODIA)				

M. Sobre los Indicadores que responden a cada Criterio, los cuales permiten evaluar el Manejo Forestal Sostenible de los bosques naturales.

22. Los indicadores son el nivel más específico por verificar. Según la consulta a expertos existe tendencia a considerar que para efectos de evaluación de sostenibilidad, el conceso relativo apunta a que los indicadores del principio 5 **no** deben ser considerados. También se ve consistencia con los indicadores que deben ser evaluados en el principio 1 y los que se deben considerar en el principio 2, como indispensables. La tendencia también sugiere cuáles indicadores deben ser considerados como indispensables dentro del principio 3. Se mantiene también la deseabilidad de los indicadores dentro del principio 4.

No obstante esta tendencia, aún es necesario confirmar de manera contundente todos los indicadores a partir de los resultados de la segunda ronda a partir de su respuesta como experto.

¿Conociendo estos resultados dónde ubica cada indicador?

Debe leerse el indicador por separado para efecto de la respuesta

Principio	Criterio	Indicador	Indispensables	Deseables	No necesario	Dónde la deja?	
			% de personas opinando			0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable	
1	1.1.	1.1.1.	63,30	36,70	0,00		
		1.1.2.	60,00	33,30	6,70		
		1.1.3.	50,00	40,00	10,00		
	1.2.	1.2.1.	70,00	20,00	10,00		
		1.2.2.	50,00	30,00	20,00		
		1.2.3.	80,00	13,30	6,70		
		1.2.4.	3,30	N/A	N/A		
	1.3.	1.3.1.	56,70	43,30	0,00		
		1.3.2.	66,70	33,30	0,00		
		1.3.3.	56,70	36,70	6,60		
		1.3.4.	63,30	23,30	13,40		
		1.3.5.	30,00	60,00	10,00		
		1.3.6.	66,70	30,00	3,30		
	2	2.1.	2.1.1.	20,00	56,70	23,30	
			2.1.2.	63,30	30,00	6,70	
		2.2.	2.2.1.	50,00	36,70	13,30	
			2.2.2.	46,70	43,30	10,00	
		2.3.	2.3.1.	50,00	40,00	10,00	
2.3.2.			53,30	40,00	6,70		
2.3.3.			33,30	43,30	23,40		
3		3.1.	3.1.1.	46,70	33,30	20,00	
			3.1.2.	56,70	26,70	16,60	
	3.1.3.		60,00	26,70	13,30		
	3.2.	3.2.1.	60,00	36,70	3,30		
		3.2.2.	46,70	40,00	13,30		
		3.2.3.	46,70	36,70	16,60		
	3.3.	3.3.1.	86,70	10,00	3,30		
		3.3.2.	53,30	43,40	3,30		
		3.3.3.	60,00	26,70	13,30		
		3.3.4.	20,00	26,70	53,30		
	3.4.	3.4.1.					
		3.4.2.					
4	4.1.	4.1.1.	20,70	58,60	20,70		

Principio	Criterio	Indicador	Indispensables	Deseables	No necesario	Dónde la deja?	
			% de personas opinando			0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable	
		4.1.2.	34,50	48,30	17,20		
		4.1.3.	27,60	48,30	24,10		
		4.2.	4.2.1.	69,00	17,20	13,80	
	4.2.	4.2.2.	10,30	55,20	34,50		
		4.2.3.					
		4.3.	4.3.1.	34,50	41,40	24,10	
	4.3.	4.3.2.	27,60	41,40	31,00		
		4.3.3.	3,30	0,00	0,00		
		5.	5.1.	5.1.1.	23,30	6,70	70,00
	5	5.2.	5.2.1.	33,30	0,00	66,70	
5.2.2.			16,67	16,67	66,67		
5.3.		5.3.1.	20,00	10,00	70,00		
		5.3.2.	20,00	13,30	66,70		
		5.3.3.	23,30	10,00	66,70		
		5.3.4.	26,70	6,60	66,70		
6	6.1.	6.1.1.	36,70	46,70	16,60		
		6.1.2.	36,70	43,30	20,00		
		6.1.3.	30,00	40,00	30,00		
	6.2.	6.2.1.	40,00	40,00	20,00		
		6.2.2.	30,00	56,70	13,30		
	6.3.	6.3.1.	16,70	66,60	16,70		
		6.3.2.	53,30	26,70	20,00		
7	7.1.	7.1.1.	66,70	13,30	20,00		
		7.1.2.	30,00	56,70	13,30		
		7.1.3.	53,30	30,00	16,70		
		7.1.4.	56,70	30,00	13,30		
	7.2.	7.2.1.	36,70	43,30	20,00		
		7.2.2.	13,30	63,30	23,30		
		7.2.3.	6,70	33,30	60,00		
	7.3.	7.3.1.	30,00	56,70	13,30		
	7.4.	7.4.1.	46,70	40,00	13,30		
	8	8.1.	8.1.1.				
8.1.2.							
8.2.		8.2.1.					
8.3.		8.3.1.					

Principio	Criterio	Indicador	Indispensables	Deseables	No necesario	Dónde la deja?
			% de personas opinando			0= No necesario 1= Deseable 2= Indispensable
	8.4.	8.4.1.				

23. En relación con el tema de definir cuándo se considera que se alcanza la sostenibilidad, el grupo de expertos considera que llegar a esta definición es difícil aunque no imposible; no obstante, el 73,3% de los expertos considera que la mejor forma es utilizando escalas. Un 20% considera que la sostenibilidad se alcanza cuando se cumplen todos los indicadores indispensables y tan solo un 6,7% opina que no es posible hacer una medición de la sostenibilidad. **La variedad de las escalas es un asunto complejo porque todas las propuestas son altamente diferentes.**

¿Conociendo estos resultados dónde deja su respuesta?

Marque con X	Opción	%
	A. Se puede medir la sostenibilidad y esta se alcanza solo cuando se cumplen el 100% de los indicadores indispensables.	20,0
	B. Deben utilizarse escalas para medir la sostenibilidad	73,3
	C. No es posible medir la sostenibilidad	6,7

N. Definiendo elementos que limitan la capacidad de un bosque natural para ser sostenible en el tiempo.

24. En relación con la definición de puntos críticos que sitúan al bosque natural en una condición crucial tal, que se pone en riesgo la sobrevivencia del bosque como sistema sostenible. *Los expertos, incluido usted, concluyen que los elementos de mayor importancia son: La deforestación, las variaciones técnicas legales y administrativas, la inflexibilidad técnicas, legales y administrativas, seguida de la pérdida del valor de la tierra que tiene bosque, el alto costo de oportunidad de las labores para realizar el manejo y la posible contaminación del suelo y el agua si esta se presentara. En el cuadro siguiente se resumen todos los resultados.*

Atributo	Elemento	% de expertos opinando	Lo dejas? 0= No 1= Sí
Productividad	Bajo rendimiento	53,30	

	Baja calidad de productos	36,70	
	Alto costo de las labores de Manejo Forestal	63,30	
	Ausencia al Pago por Servicio Ambiental	13,30	
Estabilidad	Pérdida de suelo o degradación	13,30	
	Deforestación (cambio de uso)	80,00	
	Contaminación de suelo y agua	20,00	
	Daños producidos por pesticidas	10,00	
	Inestabilidad de precios de productos	26,70	
	Variaciones técnicas, legales y administrativas	70,00	
Adaptabilidad	Alto precio de los insumos	16,70	
	Alta dependencia de financiamiento externo	40,00	
	Inflexibilidad técnica, legal y/o administrativa	90,00	
Equidad	Migración de la población	0,00	
	Diferencias sociales en la comunidad	26,70	
	Pérdida del valor de la tierra con bosque	73,30	
	Variación en el trámite entre oficinas del Estado	53,30	
Autogestión	Deterioro de la organización comunal	0,00	
	Falta de organización de los productores	43,30	
	Alto endeudamiento de los productores (dependencia de financiamiento)	73,30	

25. Experimento de Escogencia

Son 12 Debe elegir entre 4 unidades de manejo cuál es más sostenible y cuál es menos sostenible en una escala de 4 siendo 1 la más sostenible y 4 la menos sostenible.

Tarjeta 1	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	= 0%	= 0%	= 0%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -20%	↘ -10%	= 0%	↘ -10%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	Sí	Sí	No	No
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Variables	Variables	Estables	Inflexibles
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	74 \$/ha/año	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 2	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	↗ +10%	↗ +10%	↘ -10%	↘ -10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	= 0%	↘ -20%	↘ -10%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	No	Sí	Sí	No
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Inflexibles	Estables	Estables	Inflexibles
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año	0 \$/ha/año	74 \$/ha/año
ORDENACIÓN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 3	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
<i>Costo de obtención y ejecución del plan de manejo (con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	= 0%	↗ +10%	= 0%
<i>Rendimiento productivo (con respecto al promedio)</i>	↘ -20%	↘ -10%	↘ -10%	= 0%
<i>Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo</i>	Sí	Sí	No	No
<i>Condicionantes técnicos, legales y administrativos</i>	Estables	Variables	Inflexibles	Variables
<i>Pago por servicio ambiental (durante 5 años)</i>	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año	74 \$/ha/año	0 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 4	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
<i>Costo de obtención y ejecución del plan de manejo (con respecto al promedio)</i>	↗ +10%	↗ +10%	↘ -10%	↘ -10%
<i>Rendimiento productivo (con respecto al promedio)</i>	= 0%	↘ -20%	↘ -20%	= 0%
<i>Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo</i>	No	Sí	Sí	No
<i>Condicionantes técnicos, legales y administrativos</i>	Estables	Inflexibles	Inflexibles	Estables
<i>Pago por servicio ambiental (durante 5 años)</i>	46 \$/ha/año	74 \$/ha/año	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 5	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	↘ -10%	↗ +10%	↗ +10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -20%	= 0%	↘ -10%	↘ -10%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	No	No	Sí	Sí
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Inflexibles	Estables	Inflexibles	Estables
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	46 \$/ha/año	74 \$/ha/año	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 6	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	↗ +10%	↘ -10%	↘ -10%	↗ +10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	↘ -10%	= 0%	↘ -20%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	No	No	Sí	Sí
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Inflexibles	Estables	Variables	Variables
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	0 \$/ha/año	46 \$/ha/año	74 \$/ha/año	60 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 7	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	= 0%	↗ +10%	= 0%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	↘ -10%	↘ -10%	↘ -20%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	Sí	No	Sí	No
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Variables	Variables	Variables	Variables
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	74 \$/ha/año	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 8	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	↗ +10%	↘ -10%	↗ +10%	↘ -10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	↘ -20%	↘ -20%	= 0%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	Sí	No	No	Sí
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Estables	Inflexibles	Estables	Inflexibles
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	46 \$/ha/año	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año	74 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 9	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	↗ +10%	= 0%	↘ -10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	↘ -20%	= 0%	↘ -10%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	No	No	Sí	Sí
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Variables	Estables	Variables	Inflexibles
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año	74 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 10	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	↗ +10%	↘ -10%	= 0%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	= 0%	↘ -10%	↘ -20%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	Sí	No	No	Sí
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Inflexibles	Inflexibles	Estables	Estables
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	74 \$/ha/año	60 \$/ha/año	46 \$/ha/año	0 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 11	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	↘ -10%	= 0%	↗ +10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -20%	↘ -20%	= 0%	= 0%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	No	Sí	No	Sí
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Estables	Variables	Inflexibles	Variables
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	60 \$/ha/año	74 \$/ha/año	46 \$/ha/año	0 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Tarjeta 12	Unidad de manejo A	Unidad de manejo B	Unidad de manejo C	Unidad de manejo D
Costo de obtención y ejecución del plan de manejo <i>(con respecto al promedio)</i>	↘ -10%	= 0%	= 0%	↗ +10%
Rendimiento productivo <i>(con respecto al promedio)</i>	= 0%	= 0%	↘ -20%	↘ -20%
Necesidad de financiamiento externo para realizar el manejo	Sí	Sí	No	No
Condicionantes técnicos, legales y administrativos	Variables	Inflexibles	Variables	Estables
Pago por servicio ambiental <i>(durante 5 años)</i>	0 \$/ha/año	60 \$/ha/año	74 \$/ha/año	46 \$/ha/año
ORDEN:	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4

Este es el final del proceso se le agradece enormemente su colaboración con este estudio.

Muchas gracias.