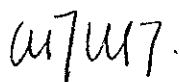


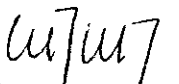
**EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE BIODIVERSIDAD  
FORESTAL DEL CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA (CDB)  
UTILIZANDO LAS VARIABLES DEL INVENTARIO FORESTAL  
NACIONAL DE GUATEMALA 2002-2003**

**Asesor de tesis**



VoBo.  
Licda. Carla Ramírez Zea

**Terna Examinadora**



VoBo.  
Licda. Carla Ramírez Zea  
Asesora de Tesis



VoBo.  
Ing. César Castañeda  
Director de Ingeniería Forestal



VoBo.  
Inga. Blanca Aragón  
Examinadora invitada

**Fecha de aprobación:** 6 de noviembre de 2003

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

**Facultad de Ciencias y Humanidades**

**EVALUACIÓN DE LOS INDICADORES DE BIODIVERSIDAD  
FORESTAL DEL CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA (CDB)  
UTILIZANDO LAS VARIABLES DEL INVENTARIO FORESTAL  
NACIONAL DE GUATEMALA 2002-2003**



Trabajo de investigación presentado por César Roberto Del Cid  
Lemus para optar al grado de Ingeniero Forestal

**Guatemala**

**2004**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios*

*A mi familia*

*A mi novia Nancy Chacón por su apoyo incondicional*

*A mis amigos por creer en mí*

*Al Proyecto Inventario Forestal Nacional -IFN- por el apoyo financiero brindado para la realización del presente estudio.*

*A Licda. Carla Ramírez, Ing. Rodrigo Rodas e Ing. Luis Montes, personal del proyecto IFN, por su valiosa ayuda en todas las etapas del estudio.*

*A los profesionales que gustosamente compartieron sus conocimientos y experiencias sobre el tema, principalmente: Ing. José Carrera, Ing. César Castañeda, Ing. Reginaldo Reyes e Ing. Mario Escobedo.*

*Al Dr. Edwin Castellanos por el apoyo brindado en la utilización del laboratorio SIG-UVG para la realización de los mapas del proyecto.*

# CONTENIDO

	Página
<b>LISTA DE CUADROS</b>	viii
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	x
<b>RESUMEN</b>	xi
<b>Capítulos</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. METODOLOGÍA</b>	20
<b>III. RESULTADOS</b>	31
<b>IV. DISCUSIÓN GENERAL</b>	79
<b>V. CONCLUSIONES</b>	83
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	85
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b>	88
<b>VIII. APÉNDICES</b>	94

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Objetivos y ejes de acción de la Estrategia 6 de la Estrategia Nacional de Biodiversidad.	10
2. Inclusión de indicadores de biodiversidad en los procesos internacionales de criterios e indicadores, por organizaciones internacionales y por el Convenio sobre la Diversidad Biológica.	11
3. Descripción de los criterios (para la ERF global 2005), variables, descripciones y las poblaciones objetivo para el Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002-2003.	21
4. Niveles de medición de la unidad de muestreo, según el tipo de información que se recopilará en el levantamiento del Inventario Forestal Nacional.	25
5. Indicadores del CDB que pueden responderse con el IFN.	27
6. Superficie forestal de Guatemala según datos del IFN, INAB 1999 y UVG-INAB-CONAP-MAGA 2003.	32
7. Porcentaje de superficie forestal de Guatemala según datos del IFN, INAB 1999 y UVG-INAB-MAGA 2003.	33
8. Porcentaje de superficie protegida del total de superficie con bosque.	36
9. Porcentaje de superficie de rodales mixtos.	38
10. Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (nivel 2).	40
11. Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (nivel 3).	40
12. Superficie y porcentaje por tipo de tenencia en tierras forestales.	42
13. Superficie y porcentaje de bosque donde se extrae leña.	45
14. Volumen potencial de leña en Guatemala.	45
15. Porcentaje de bosque utilizado para la recreación y el turismo.	47
16. Superficie y porcentaje de bosque protegido por tipo de bosque.	48
17. Superficie y porcentaje de bosque protegido por tipo de bosque y etapa sucesional.	49

18. Superficie afectada por incendios forestales menor y mayor de cinco años.	51
19. Tipos de incendio en porcentaje.	51
20. Grado de perturbación por extracción de madera por tipo de bosque expresado en presencia de tocones/ha.	54
21. Porcentaje por tipo de aprovechamiento de bosques perturbados.	54
22. Porcentaje de bosques perturbados por aprovechamiento con y sin plan de manejo.	55
23. Superficie reforestada según Inventario Forestal Nacional.	58
24. Superficie y porcentaje de bosque afectado por desastres naturales.	60
25. Razón de bosques manejados en el país.	62
26. Densidad y área basal por especie por tipo de bosque.	64
27. Superficie de regeneración natural por tipo de bosque.	66
28. Regeneración natural por tipo de bosque (Excluyendo bosques primarios).	66
29. Superficie con regeneración natural como porcentaje del total de superficie forestal por tipo de bosque.	67
30. Superficie con regeneración natural como porcentaje del total de superficie forestal (Excluyendo los bosques primarios).	67
31. Estimación de fijación de carbono en Guatemala.	69
32. Especies de flora arbórea encontradas en el Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002 – 2003.	71
33. Número de especies identificadas, árboles identificados hasta género y desconocidos.	74
34. Superficie de bosque latifoliado abierto, medio y reciente.	76
35. Superficie de bosque conífera abierto, medio y reciente.	76
36. Superficie de bosque mixto abierto, medio y reciente.	77

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Página</b>
1. Jerarquía organizativa del CDB.	4
2. Estratificación e intensidad de muestreo para el Inventario Forestal Nacional de Guatemala.	24
3. Diseño de parcelas para el Inventario Forestal Nacional.	26
4. Unidades de muestreo utilizadas para el análisis preliminar.	29
5. Flujograma de la metodología.	30

## RESUMEN

Guatemala posee una gran diversidad biológica que se encuentra presente en los bosques (biodiversidad forestal); sin embargo, las actividades humanas están disminuyendo este valioso recurso. Ante esta situación se creó la Estrategia Nacional de Biodiversidad en 1999 la cual promueve la generación de investigación referente a biodiversidad.

La Estrategia enfatiza que para tomar decisiones adecuadas para el manejo de recursos naturales es necesario contar con información confiable sobre el estado actual de la biodiversidad en los bosques, la cual en estos momentos es escasa. De esta forma, el presente estudio pretende contribuir con la Estrategia generando información básica sobre biodiversidad forestal a nivel nacional que sirva de apoyo a los tomadores de decisiones.

El objetivo es incorporar la información del Inventario Forestal Nacional (IFN) 2002 – 2003 para poder responder a mediciones simplificadas, llamados indicadores, que reflejan el estado actual de los bosques y por consiguiente de su biodiversidad, generando la línea base o estado actual de biodiversidad forestal para el país. Se utilizaron los indicadores de biodiversidad forestal propuestos por el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) los cuales globalizan a los indicadores propuestos por los distintos procesos internacionales. Los indicadores fueron respondidos con variables del IFN ya que éste tiene un enfoque integral, reduce los costos y permite el monitoreo futuro de forma periódica en sus parcelas permanentes.

Como resultado del estudio se pudo validar veinte indicadores del CDB, de los cuales doce fueron respondidos totalmente, mientras que ocho, parcialmente dando algún tipo de información relacionada con el tema del indicador. Para algunos indicadores se obtuvo altos errores muestrales, lo cual indica que la intensidad del IFN no es la adecuada para responder a indicadores muy específicos. Con los resultados obtenidos se comprobó que el IFN puede ser utilizado como una herramienta para responder a indicadores de

biodiversidad, logrando establecerse información base de biodiversidad forestal. Se recomendó validar la información generada y ver la factibilidad de modificar la metodología del inventario para responder mejor a aquellos indicadores muy puntuales.

## I. INTRODUCCIÓN

Guatemala es un territorio relativamente pequeño caracterizado por grandes contrastes: es puente entre dos continentes y dos regiones biogeográficas diferentes (Holártica y Neotropical), permitiendo corredores de migración entre los hemisferios norte y sur; posee alturas desde el nivel del mar hasta el punto más alto de Mesoamérica (Volcán Tajumulco), formando diversidad de climas, suelos y topografías; además el territorio fue formado por múltiples períodos geológicos. Estos contrastes ubicados en una región tan pequeña han provocado una gran diversidad biológica la cual se manifiesta con un mosaico denso y único de ecosistemas tropicales y subtropicales. Estos ecosistemas van desde los manglares estuarinos hasta los bosques nubosos, desde humedales lacustres hasta bosques secos y áridos, desde arrecifes de coral hasta selvas tropicales y bosques de coníferas (Castañeda et. al. 1995, CONAMA 1999).

Gran parte de esta diversidad biológica se encuentra dentro de los bosques existentes, por lo cual nos podemos referir a ella como biodiversidad forestal. En los bosques de Guatemala existen aproximadamente 450 especies de árboles, más de 4000 especies de flora no maderable y 1315 especies de vertebrados. La biodiversidad forestal del país es un recurso muy importante ya que contribuye como complemento alimenticio, provee combustible, medicinas, materiales de construcción y genera ingresos económicos al comercializarla. También posee valor en el ámbito social, cultural y ecológico (CONAMA 1999).

La biodiversidad forestal del país se ha reducido debido a la deforestación, a la perturbación de áreas silvestres, al sobre aprovechamiento y al uso de técnicas no adecuadas de manejo de recursos naturales. Por esta razón, 26 especies de fauna y 12 de flora han sido incluidas en los Apéndices I y II del

Convenio Internacional sobre tráfico de especies (CITES), lo cual las clasifica como especies en peligro de extinción. Ante esta situación resulta necesario implementar acciones para conservar y manejar la biodiversidad, para lo cual necesitamos evaluar y monitorear la biodiversidad forestal presente en el país.

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) ha propuesto una lista de Criterios e Indicadores que permitan orientar, monitorear y evaluar la biodiversidad forestal y ha recomendado a los países que han ratificado el Convenio (como Guatemala) que los implementen a la escala nacional. Sin embargo, en el país no se ha evaluado la biodiversidad a nivel nacional; en cambio los esfuerzos se han concentrado en la formulación de sistemas de monitoreo y evaluación a nivel de unidad de manejo. El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y la Oficina Técnica de Seguimiento a la Estrategia de Biodiversidad (OTECBIO) han implementado varios sistemas de monitoreo y evaluación, entre los cuales tenemos: El Sistema de monitoreo de la Reserva de Biosfera Maya, El Sistema de monitoreo del plan maestro de la Reserva de la Biosfera Maya, La Estrategia para el monitoreo del manejo de áreas protegidas y el Sistema Nacional de Seguimiento y Evaluación de políticas, programas y proyectos para la Conservación en Guatemala. Todos estos sistemas incluyen en algún aspecto a la biodiversidad forestal.

A pesar de contar con estos sistemas de evaluación, la falta de recursos ha provocado que no se estén ejecutando en su totalidad. Por esta razón, es necesario contar con estimaciones de biodiversidad forestal a nivel nacional a un bajo costo y con buenos resultados. Estas estimaciones serían útiles para la toma de decisiones políticas, priorizar áreas de manejo o de conservación, realizar reportes nacionales para acuerdos internacionales tales como el CDB y evaluar los impactos de políticas y decisiones.

En los últimos años, algunos investigadores tales como V. Kapos, A. Newton, J. Burley (2002) y otros, han propuesto utilizar los Inventarios Forestales Nacionales (IFN's) para obtener información adicional a la oferta maderable. Los IFN's miden muchas variables que pueden ser analizadas

desde otros puntos de vista, algunas de las cuales tienen relación directa con la biodiversidad forestal.

Actualmente se realizó en Guatemala un Inventario Forestal Nacional (IFN) con el apoyo de FAO, INAB, CONAP, PAFG y UVG. Además de la información dasométrica tradicional, en este IFN se tomaron datos sobre manejo y usos del bosque, árboles fuera del bosque (AFB), variables socioeconómicas sobre el uso y manejo de los productos y servicios forestales, así como variables relacionadas con la biodiversidad.

Con el propósito de ampliar el enfoque de los Inventarios Forestales Nacionales utilizándolo también para evaluar la biodiversidad forestal en Guatemala, este estudio pretende responder a las siguientes preguntas: ¿qué indicadores de biodiversidad forestal se pueden responder con estas variables?, ¿cuál es el procedimiento a seguir para utilizar estas variables y responder a los indicadores?, ¿cuál es el diagnóstico inicial para Guatemala utilizando estas variables?, ¿qué cambios metodológicos se podrían hacer al IFN para evaluar otras variables relacionadas con biodiversidad?

## A. Antecedentes

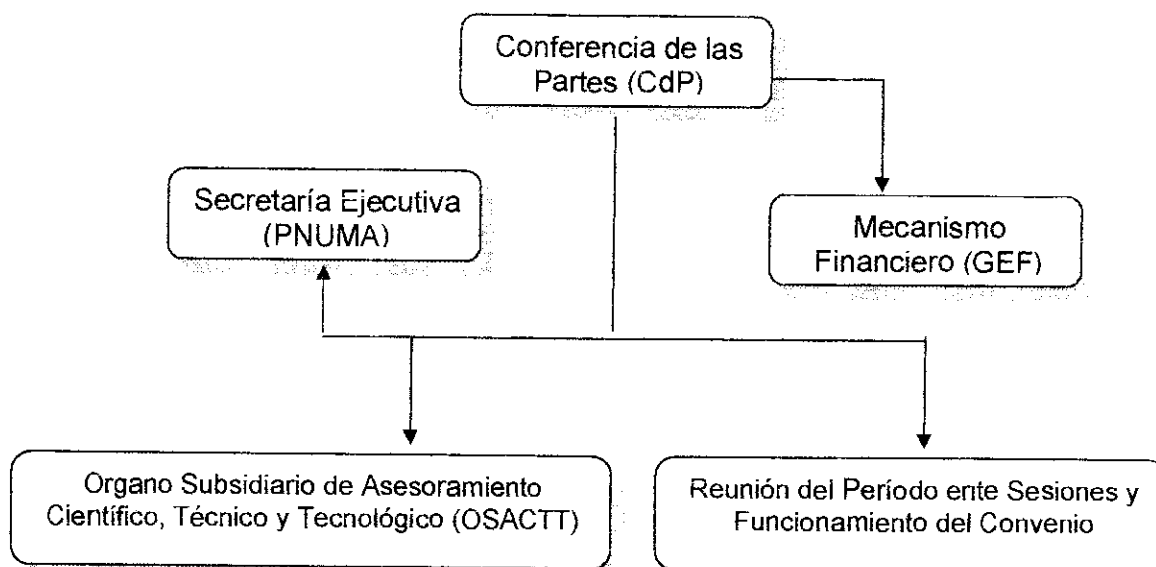
### 1. Sobre Biodiversidad forestal.

a. **El Convenio sobre diversidad biológica (CDB).** El interés mundial por la diversidad biológica y la voluntad creciente por el desarrollo sostenible, se manifestó en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), celebrada el 5 de junio de 1992. El resultado fue el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) el cual quedó abierto a su firma y entró en vigor el 29 de diciembre de 1993, con 43 países ratificantes. Actualmente, alrededor de 177 países han ratificado el Convenio (PNUMA).

El Convenio sobre Diversidad Biológica es el primer acuerdo mundial integral que aborda todos los aspectos de la diversidad biológica: recursos genéticos, especies y ecosistemas. A través del CDB se reconoce, por primera vez, que la conservación de la diversidad biológica es del interés de toda la humanidad y que ésta, a su vez, es parte integrante del proceso de desarrollo. Sus tres objetivos son:

1. La conservación de la diversidad biológica,
2. El uso sostenible de los componentes de la diversidad biológica, y
3. El reparto justo y equitativo en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos (PNUMA).

Para la implementación del CDB se han conformado varios órganos de trabajo: la Conferencia de las Partes, la Secretaría Ejecutiva, el Órgano Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico, la Reunión del Período entre Sesiones y el Mecanismo financiero. En la siguiente figura se puede observar la estructura de los diferentes órganos:



**Figura 1.** Jerarquía organizativa del CDB (CONABIO 2002).

El CDB ha puesto mucho énfasis en la biodiversidad forestal. En la cuarta Conferencia de las Partes en 1998 se adoptó un programa de trabajo sobre diversidad biológica forestal que abarcaba los siguientes elementos, además

de prioridades específicas de investigación y tecnología: una visión del ecosistema integradora de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica; un análisis de los efectos de la actividad humana, en especial la gestión forestal, sobre la diversidad biológica y de los medios para paliar los efectos negativos; la formulación de criterios e indicadores de la diversidad biológica en los bosques, y la tecnología necesarias para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica de toda clase de bosques. (Burley 2002, CDB 2001). El Convenio ha propuesto una lista de indicadores de biodiversidad forestal a aplicarse a escala nacional. Estos indicadores son solamente una propuesta para que los utilicen los países que no cuentan con los recursos necesarios para crear los propios, y puedan elegir cuáles indicadores se adaptan más a sus condiciones. Estos fueron los empleados para el presente estudio (Ver Metodología Cuadro 5).

**b. Concepto de biodiversidad.** El término "biodiversidad" se refiere a la contracción convencional de diversidad biológica. La diversidad biológica se refiere al número, la variedad y la disposición de los organismos vivos. Hasta el momento, se estima que se han identificado 1.7 millones de especies. Sin embargo, todavía se desconoce el número exacto de las especies presentes en nuestro planeta. Las cifras varían entre valores mínimos de 5 millones y máximos de hasta 100 millones de especies (Burley 2002, PNUMA).

La biodiversidad suele describirse, cuantificarse, tratarse y utilizarse en tres niveles. Primero, comprende la *variación genética* hereditaria dentro de y entre poblaciones de una determinada especie; este nivel tiene particular interés para genetistas y mejoradores de especies y se refiere a variación cuantitativa y cualitativa de la población, variación de genotipos y frecuencias, efectos y flujos de alelos (las diversas formas mutacionales de un gen determinado, y las unidades sobre las que actúa la selección para producir diversidad genética). Segundo, se refiere a *variación entre especies*, que interesa en especial a taxonomistas, ecologistas y conservacionistas y tiene en cuenta el número, la abundancia o rareza y el endemismo de las especies. Tercero, hace referencia

a la *variación entre ecosistemas* y a la forma en que las especies interactúan entre sí y con su entorno; este aspecto es por supuesto de gran importancia para los ecólogos, pero es especialmente importante para quienes se ocupan del ecosistema o el paisaje, ya que incluye la importancia mundial y local de la composición, la estructura y la función de los ecosistemas y la existencia de los llamados "puntos calientes" de variabilidad biológica (Burley 2002).

**c. Biodiversidad forestal.** Se reconoce que los bosques son muy importantes para la diversidad biológica. De todos los bosques, el bosque tropical húmedo es el ecosistema con mayor diversidad sobre la tierra. Cubre tan solo el 6% de la superficie terrestre pero alberga el 90% de todas las especies del mundo (Kapos et al. 2001). De aquí surge el concepto de biodiversidad forestal el cual se refiere a los bosques como grandes portadores de diversidad. Según Burley (2002), la diversidad biológica forestal es la diversidad dentro de los bosques en los tres niveles antes mencionados: genético, especies y ecosistema y comprende todas las especies de plantas, animales y microbios presentes en el bosque, no sólo las especies arbóreas.

Los cuatro propósitos principales de evaluar la diversidad biológica forestal son (Reid et al. 1993, Burley 2002):

1. Para observar los efectos de las intervenciones humanas en la tierra y de los cambios medioambientales tanto naturales como antropogénicos sobre la diversidad biológica;
2. para escoger zonas prioritarias para la conservación de la diversidad biológica en sí misma por razones de ética, estética, religión, cultura, investigación científica o producción futura;
3. para la comprensión científica de la estructura, la función y la evolución del ecosistema, que es necesaria como base para administrar recursos sustentadores de vida y productivos;

4. para conservar y desarrollar germoplasma para la mejora genética de determinadas especies destinadas a plantaciones y a la agrosilvicultura;

Evaluar la biodiversidad forestal es esencial para conservar eficazmente y ordenar de forma sostenible los recursos forestales. Las evaluaciones son necesarias para conseguir información en la que sustentar el proceso de adopción de decisiones relativas a la biodiversidad en la política y la gestión forestal. Sin embargo, la evaluación de la biodiversidad forestal presenta una serie de problemas. En primer lugar, la complejidad de la biodiversidad obliga a recoger y expresar la información al respecto sobre la base de variables simplificadas, normalmente en forma de indicadores. En segundo término, teniendo en cuenta que las decisiones relativas a los bosques se adoptan a diferentes niveles, los datos e indicadores sobre biodiversidad deben ser agregados en los diferentes niveles a efectos de la tarea de supervisión y notificación. En tercer lugar, apenas se han realizado ensayos de los indicadores en términos de su capacidad para predecir cambios más amplios de la diversidad biológica o para determinar el concepto de calidad de los bosques y la forma por la que pueda bien predecirse mediante indicadores. Los indicadores para evaluar la biodiversidad forestal deben estar relacionados con los criterios de ordenación forestal sostenible de las diversas iniciativas internacionales (Noss 1990, Turner 1995, CDB 2001).

**2. Sobre criterios e indicadores.** Los criterios e indicadores son instrumentos para evaluar las tendencias nacionales en cuanto a las condiciones forestales y a la ordenación forestal. Consideran los bosques como ecosistemas complejos y dinámicos que proporcionan a la sociedad un amplio conjunto de beneficios ambientales y socioeconómicos. Como tales instrumentos, sirven como marco común para describir, vigilar y evaluar, con el tiempo, los progresos hacia la ordenación forestal sostenible y como una definición implícita de lo que significa conceptualmente y en la práctica (Wijewardana et. al 1997).

La finalidad de los criterios e indicadores es proporcionar un marco para medir y vigilar las tendencias a nivel de país a lo largo del tiempo. La interpretación de los datos recogidos en los indicadores debe ayudar en términos generales a determinar si las intervenciones de ordenación están, colectivamente, llevando a un país hacia la ordenación sostenible o apartándolo de ella. Esta interpretación debe ayudar a determinar los ajustes de política y las correcciones de dirección necesarias para mejorar la ordenación forestal. De esta forma, los indicadores forestales son en teoría algo parecidos a los indicadores económicos, como las tasas de inflación, empleo o interés, que utilizan muchos países para "indicar" la salud general de las economías nacionales y estimular los ajustes políticos apropiados para lograr los objetivos económicos (Wijewardana et. al 1997).

Los diferentes criterios e indicadores se han desarrollado para diferentes escalas, las cuales pueden ser: regional, nacional o subnacional (unidad de manejo). Evidentemente, los criterios e indicadores para la ordenación forestal sostenible que han sido desarrollados específicamente para la evaluación forestal a nivel nacional no pueden aplicarse en general a otros niveles de evaluación. Al mismo tiempo, pueden servir como un marco útil para la elaboración de criterios e indicadores subnacionales, si se considera conveniente. No obstante, no todos los criterios o indicadores de nivel nacional tendrán sentido al nivel de la unidad de ordenación u otros niveles subnacionales, debido a problemas de escala, de pertinencia científica, estructura gubernamental o modelos de propiedad de las tierras. Los criterios e indicadores subnacionales deben ser compatibles con los criterios e indicadores nacionales y deben ser apropiados para la ordenación forestal en el nivel en que se apliquen (Wijewardana et. al 1997).

Se han puesto en marcha numerosas iniciativas nacionales, regionales e internacionales para poner en práctica la ordenación forestal sostenible. Entre ellas los procesos de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), paneuropeo (o de Helsinki), de Montreal, de Tarapoto, de Lepaterique, del Cercano Oriente, de la zona seca de Asia y de la zona seca de África, cada uno de los cuales ha formulado conjunto de criterios e

indicadores. Aunque los diferentes procesos comparten objetivos similares y un enfoque general, difieren en su estructura y contenido específico (Carrera 2000).

**a. Criterios e indicadores relacionados con la biodiversidad forestal en los procesos internacionales.** En todos los procesos principales mencionados se ha identificado la conservación de la diversidad biológica forestal entre los criterios de sostenibilidad, y muchos de los numerosos indicadores que se refieren específicamente al criterio de biodiversidad son comunes a más de un proceso (CDB 1997).

Las evaluaciones de los criterios e indicadores que ha llevado a cabo sobre el terreno el Centro de Investigación Forestal (CIFOR) en varios países ha puesto de manifiesto que la mayoría de criterios e indicadores relacionados con la biodiversidad que se han propuesto para la utilización a nivel local – o todos ellos- eran deficientes en algún sentido (Prabhu et al. 1996). En particular, la mayor parte de ellos se referían al cumplimiento de una buena gestión forestal pero no a la evaluación directa de los efectos de la ordenación forestal sobre la biodiversidad. En el estudio se reconocía que la evaluación directa es costosa, está limitada por la disponibilidad de datos y raras veces forma parte de las prácticas de manejo forestal. Se reconocía también la importancia de establecer vínculos nítidos entre el manejo forestal y el mantenimiento de la biodiversidad para poder aceptar los indicadores basados en el proceso de ordenación como indicadores apropiados para medir los efectos del manejo sobre la biodiversidad. A la vista de esas conclusiones, el CIFOR propuso una lista preliminar de indicadores que podrían ser utilizados para evaluar esos efectos, así como un marco para aplicar sobre el terreno los criterios e indicadores de la biodiversidad (Stork et al. 1997).

En el Cuadro 2 se presentan los indicadores de biodiversidad presentes en cada proceso internacional. Algunos de estos indicadores, como la superficie de los diferentes tipos de bosque y la superficie forestal protegida, son comunes a todos los procesos relativos a los criterios e indicadores y obligaciones internacionales de notificación (Iremonger, Ravilious y Quinton

1997). La mayor parte de los procesos incluyen también indicadores relativos a la composición de bosques, principalmente en lo que respecta a la riqueza de especies y a la presencia de especies cuya conservación reviste un interés particular (especies amenazadas o endémicas). Es menos común la inclusión de otros indicadores, como la fragmentación y la tasa de transformación de los bosques, y la estructura forestal y la superficie alterada solamente son objeto de atención en algunos de los procesos (Kapos, Lysenko y Lesslie 2000).

**b. Situación de los criterios e indicadores de biodiversidad forestal en Guatemala.** Como compromiso al ratificar el CDB se formuló la Estrategia Nacional de Biodiversidad en 1999, por parte de CONAMA, CONAP, MAGA, GEF, PNUD, CONADIBIO Y USAID. En la Estrategia se identificó que uno de los seis problemas que ocasionan pérdidas fundamentales a la biodiversidad es la falta de conocimiento e información adecuada para el manejo de la biodiversidad. A esta estrategia (presente en el capítulo 6 de la misma) se le llama: Conocimiento e información sobre la biodiversidad. Entre sus objetivos están:

**Cuadro 1.** Objetivos y ejes de acción de la Estrategia 6 de la Estrategia Nacional de Biodiversidad. (CONAMA 1999).

Objetivo	Eje de Acción
1. Desarrollar los sistemas adecuados para hacer disponible la información necesaria para el manejo de la biodiversidad a los actores relevantes	1.1 Sistema mesoamericano de información sobre biodiversidad.
	1.2 Sistema de información y monitoreo de RECON, SIGAP y RAIC.
	1.3 Sistema de información sobre recursos genéticos.
2. Generar información y los conocimientos esenciales para el manejo de la biodiversidad.	2.1 Sistema de monitoreo coordinado entre IGN, INE, INSIVUMEH y entidades del sector ambiental.
	2.2 Programa conjunto de gestión para investigación.

**Cuadro 2.** Inclusión de indicadores de biodiversidad en los procesos internacionales de criterios e indicadores, por organizaciones internacionales y por el Convenio sobre la Diversidad Biológica (Newton y Kapos 2002).

Indicador general	Montreal	Panuropeo	Tarapoto	Zona seca de África	Zona seca de Asia	Lepaterique	Cercano Oriente	Organización Africana de la Madera	OIMT	CIFOR	CDS	CDB
Superficie forestal por tipo, y estado de sucesión en relación con la superficie terrestre	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí
Superficie forestal protegida por tipo, etapa de sucesión y categoría de protección en relación con la superficie forestal total.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Grado de fragmentación de los tipos de bosque, tasas de transformación de la cubierta forestal (por tipos) a otros usos.	Sí	No	No	Sí	No	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí
Superficie y porcentaje de bosques afectados por alteraciones antropogénicas y naturales	No	No	Sí	No	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí
Complejidad y heterogeneidad de la estructura forestal	No	Sí	No	No	No	No	Sí	No	Sí	No	No	No
Número de especies dependientes del bosque.	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	Sí
Estado de conservación de las especies dependientes del bosque	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí

La institución encargada de darle seguimiento a la Estrategia es OTECBIO (Oficina Técnica de Seguimiento a la Estrategia de Biodiversidad) la cual trabaja conjuntamente con el CONAP.

En la actualidad, en Guatemala no se cuenta con un sistema de monitoreo y evaluación de la biodiversidad forestal a nivel nacional, habiendo solamente algunas aproximaciones a nivel de unidad de manejo. El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y la Oficina Técnica de Seguimiento de la Estrategia de Biodiversidad (OTECBIO) han implementado varios sistemas de monitoreo y evaluación de las áreas protegidas. Los sistemas son los siguientes: Sistema de Monitoreo de la Reserva de Biosfera Maya, Sistema de Monitoreo del Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya, Estrategia para el Monitoreo del Manejo de Áreas Protegidas y el Sistema Nacional de Seguimiento y Evaluación de Políticas, Programas y Proyectos para la Conservación en Guatemala. Todos estos sistemas incluyen en alguna de sus partes el monitoreo y evaluación de la diversidad biológica.

Sin embargo, la mayoría de los sistemas de evaluación aún no se aplican en su totalidad (o se aplican de manera deficiente) debido a la falta de recursos. Además no se están realizando esfuerzos por crear criterios e indicadores de biodiversidad forestal a nivel nacional, así como no se están elaborando reportes nacionales referentes a la biodiversidad forestal. Por lo tanto, es necesario contar con un sistema que evalúe a nivel nacional la biodiversidad forestal que sea fácil de aplicar y a un bajo costo, a modo de generar la información necesaria para tomar decisiones políticas con respecto a los bosques.

**c. Indicadores de biodiversidad forestal.** Los indicadores de biodiversidad forestal son necesarios para varios propósitos:

- Identificar áreas prioritarias y componentes de la biodiversidad forestal para la ordenación forestal.

- Reportes ambientales del Estado
- Reportes nacionales para acuerdos internacionales, tales como el CDB.
- Evaluar los impactos de las políticas y decisiones.

(Kapos et al. 2001)

El uso de estos indicadores implica dos tipos distintos de actividades necesarias para generar información relevante sobre biodiversidad: monitoreo y evaluación. La evaluación de la biodiversidad es el proceso de determinar la biodiversidad y el valor de áreas particulares o recursos. Su objetivo es generalmente comparar entre dos lugares y priorizar el manejo de ciertos sitios. En cambio, el monitoreo reporta los cambios en la biodiversidad, por lo que depende de mediciones que pueden repetirse y compararse en el tiempo (Kapos et al. 2001).

Hay varios indicadores basados en especies que pueden ser utilizados para la evaluación de biodiversidad. Los más importantes son:

- Presencias de especies particularmente importantes: especies globalmente amenazadas, especies amenazadas en el ámbito local y nacional, especies importantes económicamente o socialmente, especies importantes científicamente, especies presentes en CITES.
- Riqueza total de especies.
- Número de especies endémicas.

(Kapos et al. 2001).

Hay otros indicadores de biodiversidad que se pueden obtener por medio de datos espaciales de fragmentación. Por ejemplo, el área total por cada tipo de bosque se puede obtener utilizando imágenes de satélite o fotografías aéreas obteniendo el índice de integridad espacial. Los datos referentes a la transformación de la estructura también nos pueden dar información importante sobre la fragmentación de los bosques. Otros indicadores pueden utilizar información espacial de impacto humano obteniendo por medio de Sistemas de

Información Geográfica el índice de "Wilderness", el cual expresa en datos numéricos la infraestructura humana (caminos, poblados, etc) que puede afectar a los bosques. Estos datos son mapeados generando una escala de valores que pueden identificar las unidades forestales que permanecen casi intactas (Kapos et al. 2001).

**3. Sobre inventarios forestales nacionales.** Uno de los factores importantes para insertar a los países en los procesos globales de competitividad, es la disponibilidad de información de calidad, tanto a nivel cualitativo, como cuantitativo (Ramírez y Rodas 2002). Los inventarios forestales nacionales (IFN) pueden responder a estas necesidades, ya que facilitan información para la adopción de decisiones, la formulación de políticas y el seguimiento del sector forestal y sectores afines en el ámbito nacional, así como para la planificación forestal en unidades geográficas o políticas más reducidas de carácter subnacional. Dado que los resultados constituyen una aportación positiva para las evaluaciones forestales mundiales, existe también un interés regional y mundial en la información forestal nacional de gran calidad (Kleinn 2002).

**a. Uso de los IFN's en la biodiversidad forestal.** Cuando la finalidad es establecer las variaciones registradas en el tiempo, se requieren método que sean repetibles y que puedan facilitar resultados comparables entre distintos muestreos. Dado que los recursos son casi siempre limitados, los sistemas utilizados para evaluar la biodiversidad forestal han de tener la mayor eficiente y la mejor relación costo-eficacia que sea posible para que se pueda mantener a lo largo del tiempo. Es preciso integrar las evaluaciones de biodiversidad con los inventarios de otras variables que se llevan a cabo para facilitar la información necesaria para las futuras evaluaciones forestales mundiales (FAO 2002).

Algunos indicadores para evaluar la biodiversidad forestal, como la superficie de los diferentes tipos de bosques y la superficie forestal protegida, son comunes a todos los procesos relativos a los criterios e indicadores y

obligaciones nacionales de notificación. Generalmente, requieren datos espaciales sobre la cubierta forestal y datos de inventario obtenidos mediante reconocimiento directo del terreno, que ayudan a definir los tipos de bosque (Iremonger, Rabillious y Quinton 1997). Otros indicadores relativos a la composición del bosque, principalmente en lo que respecta a la riqueza de especies y la presencia de especies cuya conservación reviste un interés particular (especies amenazadas o endémicas). Sin duda, estos indicadores exigen datos tomados del inventario forestal y otros tipos de estudios para confeccionar listas de especies. (Vanclay 1998).

Muchos de los datos necesarios para formar y evaluar indicadores de biodiversidad forestal se pueden obtener en buena medida de los inventarios forestales tradicionales, complementados con la aplicación de las tecnologías de la teledetección y los sistemas de información geográficos (Vanclay 1998). Como la mayoría de indicadores de la biodiversidad forestal que se han propuesto hasta la fecha se han elaborado para su aplicación a nivel nacional será necesario utilizar como herramienta de apoyo los inventarios forestales nacionales.

**b. El Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002-2003.** En Guatemala el sector forestal, considerado con potencialidades para involucrarse en procesos competitivos, ha tenido la necesidad de contar con un sistema de información bien articulado que proporcione datos a usuarios nacionales e internacionales, que sirva de base para el diseño, planificación y ejecución de políticas, inversiones, comercialización, leyes, etc. Actualmente se cuenta con información mínima desarrollada por diversas instituciones, sin embargo esta información aún es limitada. Por esta razón se está realizando el Inventario Forestal Nacional cuyo objetivo es generar información de interés sobre los recursos forestales y arbóreos del país para personas e instituciones encargadas de tomar decisiones, creando un sistema de levantamiento periódico de información forestal a nivel nacional. Se realiza con la coordinación de las siguientes instituciones: Instituto Nacional de Bosques (INAB), El Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), el Plan

de Acción Forestal para Guatemala (PAFG) y la Universidad del Valle de Guatemala (UVG) (Ramírez y Rodas 2002).

Para su realización se cuenta con el apoyo técnico y financiero del Programa de Evaluación de Recursos Forestales (ERF) de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), a través del proyecto "Apoyo para Inventarios Nacionales". Este proyecto tiene como meta asistir a los países en sus programas forestales nacionales, para mejorar la calidad de información a nivel nacional y global. La estrategia a seguir por FAO es la creación de capacidad a nivel nacional, para que cada país genere su propia información de manera más eficiente, confiable y con una metodología económica y accesible a los gobiernos de los países (Ramírez y Rodas 2002).

El enfoque del Inventario Forestal Nacional (IFN) 2002-2003, es multidimensional, donde se integrará información económica-productiva, social y ambiental. A partir de este enfoque se definieron los siguientes objetivos (Ramírez 2003):

1. Recopilar información sobre la productividad de los bosques, con énfasis en extensión de la cobertura forestal, potencial de volumen total y comercial de especies maderables, biomasa basada en volumen fustal y potencial productivo de árboles fuera de bosque.
2. Recopilar información relacionada con productividad de los siguientes productos no maderables: ocote, chicle, pimienta, xate, bayal y mimbre.
3. Recopilar datos sobre el estado de los bosques, el manejo de los mismos y su función de protección y conservación de biodiversidad.
4. Recopilar datos socioeconómicos sobre uso y manejo de los productos y servicios del bosque.

5. Establecer una red de parcelas permanentes para Guatemala que permita recopilar información periódica para la evaluación constante de los recursos forestales.
6. Crear una base de datos que permita archivar, procesar y manejar periódicamente la información del inventario forestal nacional.

Las variables del IFN 2002-2003 fueron definidas según las necesidades de información para el país (Ramírez 2003) y las variables que serán utilizadas para responder a los criterios de la Evaluación global de recursos forestales ERF 2005 (Govil 2002). Dentro de estos criterios se encuentra la “función de conservación de biodiversidad” donde se han definido las variables relacionadas con biodiversidad forestal.

## **B. Justificación**

Las actividades humanas y los desastres naturales han provocado cambios en la biodiversidad forestal del país. Ante esta situación se creó en 1999 la Estrategia Nacional de Biodiversidad como un medio para frenar el proceso. La Estrategia en su capítulo 6 da prioridad a la generación de información ya que actualmente ésta es escasa. En el caso de la biodiversidad forestal existen algunos estudios que se han realizado a nivel de unidad de manejo pero no existe información a escala nacional. Por lo tanto, el presente estudio da seguimiento a la Estrategia aportando una forma de evaluar periódicamente, los cambios en la biodiversidad a nivel nacional.

Es necesario generar una línea base con información confiable que muestre la situación actual y que sirva de referencia para evaluaciones futuras de biodiversidad forestal, por lo tanto, el presente estudio es importante para diseñar y evaluar políticas referentes al estado de los bosques, priorizar áreas

de manejo o conservación, elaborar reportes ambientales para acuerdos internacionales y tener conocimientos esenciales para el manejo de recursos naturales.

Las evaluaciones de biodiversidad generalmente se han realizado con muestreos de especies por grupo taxonómico o especies indicadoras; sin embargo, estas evaluaciones han demostrado ser poco prácticas y sumamente costosas para la calidad de información que se obtiene. Por esta razón, para este estudio se evaluó la biodiversidad por medio de indicadores que reflejen el estado y calidad de los bosques ya que se ha comprobado que existe una relación directa entre el estado del bosque y la biodiversidad presente en éste.

Existe una gran cantidad de indicadores relacionados con los bosques, muchos de ellos generados de los procesos internacionales que buscan el manejo sostenible. Para el presente estudio se tomaron en cuenta los indicadores de biodiversidad forestal propuestos por el CDB ya que éstos incluyen a los indicadores de la mayoría de procesos.

Existe la hipótesis de que los indicadores de biodiversidad forestal pueden ser respondidos con información proveniente de inventarios forestales. Por esta razón se pensó en utilizar el Inventario Forestal Nacional 2002-2003, ya que tiene un enfoque muy integrado y se miden muchas variables que pueden ser analizadas desde otros puntos de vista, algunas de las cuales tienen relación directa con la biodiversidad forestal. Por otro lado, el uso del Inventario Forestal Nacional para la evaluación de la biodiversidad es de gran ayuda, ya que reduce costos, tiempo y se puede obtener información confiable que refleja la situación actual en términos de biodiversidad forestal.

A partir de este estudio se puede crear un sistema de evaluación periódico de biodiversidad forestal, siendo éste la línea base de información. Los siguientes inventarios forestales nacionales a realizarse podrían apegarse a la metodología y recomendaciones de este estudio para poder realizar las evaluaciones posteriores.

## C. Objetivos

### 1. Objetivo General:

Evaluar las variables del IFN 2002-2003 relacionadas con indicadores de biodiversidad forestal propuestos por el Convenio de Diversidad Biológica para generar la línea base a nivel nacional, dando seguimiento a la Estrategia Nacional de Biodiversidad.

### 2. Objetivos Específicos:

1. Crear un protocolo de análisis que permita utilizar las variables del IFN para responder a los indicadores de biodiversidad forestal del CDB.
2. Validar los indicadores de biodiversidad forestal del CDB con los datos del IFN.
3. Generar la línea base de biodiversidad forestal de Guatemala con la información del IFN.
4. Evaluar la línea base para dar una herramienta efectiva a los tomadores de decisiones con la cual pueda priorizar programas nacionales de conservación.
5. Proponer cambios metodológicos al IFN para cubrir otras variables relacionadas con la biodiversidad que puedan responder a los indicadores del CDB.

## II. METODOLOGÍA

### A. Diseño del Inventario Forestal Nacional.

Según los objetivos del inventario forestal, se deben identificar las poblaciones objetivo y las variables que se medirán. Se entenderá por poblaciones objetivo al conjunto (total población) de los elementos a medir para cada una de las variables identificadas. Para el IFN se identificaron las siguientes:

- 2.1 Clases de uso de la tierra y tipos de bosque definidos para el inventario forestal nacional que se encuentren dentro de todo el territorio nacional.
- 2.2 Árboles dentro del territorio nacional (108,889 km<sup>2</sup>). Incluye tanto árboles dentro de bosques como fuera de ellos.
- 2.3 Plantas de xate, bayal mimbre y árboles de pimienta, chicle y ocote dentro del territorio nacional. Son los productos forestales no maderables más importantes para el país, de los cuales se recopilará información sobre su productividad.
- 2.4 Usuarios de los recursos forestales y arbóreos del país, quienes proporcionarán información sobre los usos y servicios del bosque.

Las variables se recopilan a través de una muestra de cada población objetivo. Estas variables se basaron en discusiones sobre necesidades de información para el país y los criterios comunes para procesos internacionales de evaluación forestal, utilizados por la ERF global de 2005 (Govil 2002). Hasta el momento Guatemala no cuenta con criterios nacionales formalmente establecidos, por lo que para organizar y evaluar la información del IFN 2002-2003, se utilizará la base que usará la ERF global

de 2005. En el Cuadro 4, se resumen los criterios globales (ERF 2005), las variables, descripciones y poblaciones objetivo del IFN 2002-2003.

**Cuadro 3.** Descripción de los criterios (para la ERF global 2005), variables, descripciones y las poblaciones objetivo para el Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002-2003.

CRITERIO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	POBLACIÓN OBJETIVO
1. Extensión de los recursos forestales	Extensión de las masas boscosas y otras clases de uso de la tierra.	Área	Clases de uso de la tierra y tipos de bosque dentro del territorio nacional
	Tenencia de la tierra	Área por tipo de dueño	Clases de uso de la tierra y tipos de bosque dentro del territorio nacional
	Función de los bosques y clases de uso de la tierra	Área según función producción, protección, conservación de biodiversidad y socioeconómica	Clases de uso de la tierra y tipos de bosque dentro del territorio nacional
	Biomasa y Carbono	Volumen o toneladas / ha del país, por estrato, por tipo de bosque y sistema agroforestal (árboles fuera de bosque)	Todos los árboles dentro del territorio nacional > 10 cm DAP
2. Función de producción	Oferta de productos forestales maderables	Volumen / ha total y comercial del país, por estrato, por tipo de bosque y sistema agroforestal (áreas fuera de bosque).	Árboles maderables dentro del territorio nacional > de 10 cm DAP.
	Oferta de productos forestales para leña	Volumen/ ha por estrato, tipo de bosque y sistema agroforestal (áreas fuera de bosque)	Árboles para leña de dentro del territorio nacional > 10 cm DAP
	Regeneración	Densidad por especie por tipo de bosque	Árboles maderables dentro del territorio nacional < 10 cm DAP y > 1.3 m altura
	Potencial de uso de los árboles	Usos por especie y potencial de producción por producto identificado (Volumen / ha).	Todos los árboles dentro del territorio nacional > 10 cm DAP
	Oferta de tres productos no maderables	Unidad de medida / ha total para el país	Plantas de bayal, mimbre y xate dentro del territorio nacional.

	Estado del manejo de los bosques	Área por estado de manejo por tipo de bosque	Tipos de bosque dentro del territorio nacional
3. Función de protección	Área de protección con bosque y sin bosque	Según, pendiente, tipo de suelo, distancia quebradas, fisiografía, ecosistemas vulnerables, áreas protegidas.	Clases de uso de la tierra dentro del territorio nacional.
4. Función de conservación de biodiversidad	Abundancia de especies forestales	Número total de especies arbóreas, maderables, no maderables, amenazadas.	Arboles dentro del territorio nacional.
	Diversidad de ecosistemas	Listado de ecosistemas encontrados.	Clases de uso de la tierra, tipos de bosque y árboles dentro del territorio nacional.
	Estado y estructura de los bosques por perturbaciones	Índices basados en problemas ambientales, aprovechamiento forestal, acceso, estructura, cobertura de copas, claros.	Cobertura boscosa dentro del territorio nacional.
5. Función socioeconómica	Usos y servicios de los recursos forestales y arbóreos	Listado de productos y servicios de los recursos forestales y arbóreos e información socioeconómica de cada uno.	Usuarios de los recursos forestales y arbóreos dentro del territorio nacional.
	Sítios para propósitos socio-culturales	Número y áreas sagradas-espirituales, por bosque y áreas fuera de bosque.	Usuarios de los recursos forestales y arbóreos dentro del territorio nacional.
6. Salud de los bosques	Incendios forestales	Área y tipo de incendios	Cobertura boscosa dentro del territorio nacional.
	Plagas y enfermedades	Área y número de árboles afectados.	Cobertura boscosa dentro del territorio nacional y árboles dentro de ellos.

Debido a que Guatemala es un país altamente diverso, se consideró establecer un diseño estratificado, donde la intensidad de muestreo sería mayor en el estrato más diverso. Inicialmente se propuso que la división de estratos estuviera basada según los diferentes tipos de bosque del país; sin embargo este tipo de estratificación no es el adecuado para los fines del IFN, por las siguientes razones:

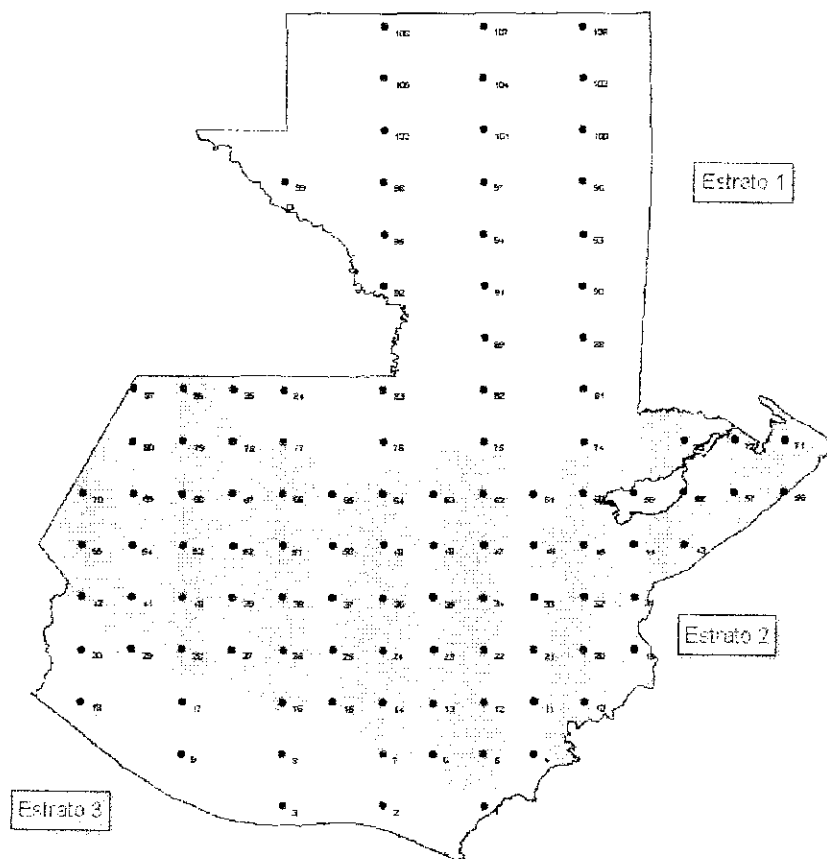
- No existe un mapa de cobertura que identifique claramente los tipos de bosque y los límites de los mismos. El mapa de cobertura publicado por INAB en 1999, es la información más actualizada (Pérez 2000). Se realizó con base en interpretación visual de imágenes de satélite Landsat TM, por lo que la resolución y escala final del mapa no proporciona información específica de los parches pequeños de bosque (por ello existe las categorías de asociaciones de algún tipo de bosque con cultivos). Por otro lado, tampoco fue posible discriminar con precisión parches pequeños con distintos tipos de bosque (sobre todo mixtos y coníferas), por lo que en muchos casos dos tipos de bosque fueron agrupadas en uno solo.
- Realizar una estratificación utilizando categorías poco estables en el tiempo, no permite hacer comparaciones a futuro, ya que el estrato en el año cero será diferente al estrato en el año siguiente. Debido a la dinámica de cambio de uso de la tierra, la cobertura forestal es muy vulnerable a cambios, por lo que no es una buena estrategia utilizarlo como criterio de estratificación.

Finalmente la definición de los estratos se realizó con base en el Mapa de Divisiones Naturales de Guatemala, el cual permite dividir al país en estratos según su naturaleza fisiográfica. Las categorías de este mapa determina la ocurrencia de los diferentes tipos de bosque del país: latifoliados, mixtos y coníferas y tienen la ventaja de ser categorías estables en el tiempo, lo cual permitirá realizar comparaciones futuras. Sin embargo, algunas categorías fueron agrupadas, por lo que el territorio nacional se dividió en tres estratos (Figura 2):

1. Zona Norte: en el mapa de divisiones naturales corresponde a las "Tierras Calizas Bajas del Norte". Esta área está formada por extensiones planas y colinas de poca altura. Ecológicamente es relativamente homogénea (comparado con la Zona Central). El bosque es latifoliado a excepción de un área muy pequeña de *Pinus caribaea* en las Montañas Mayas. Aquí se ubican la mayoría de áreas protegidas del país. Demográficamente es menos denso que el resto del país, y las actividades agropecuarias y productivas también son relativamente más homogéneas.

2. Zona Central: incluye todas las “Tierras Altas Calizas y Volcánicas, Tierras Metamórficas y las Llanuras de Inundación del Norte”. El paisaje en esta zona es mucho más heterogéneo y existe una mayor variedad de ecosistemas. La densidad poblacional es la más alta del país, por lo tanto hay una mayor dinámica de las actividades humanas y uso de la tierra. La mayoría de la zona está fuera del Sistema Guatemalteco de áreas protegidas. Predominan los bosques mixtos y coníferas.

3. Zona Sur: corresponde a las “Llanuras Costeras del Pacífico y Boca Costa Volcánica”. El bosque natural es latifoliado, aunque actualmente el uso, casi en su totalidad, corresponde a cultivos agrícolas y ganadería. Existen muy pocas áreas protegidas.



**Figura 2.** Estratificación e intensidad de muestreo para el Inventario Forestal Nacional de Guatemala. La estratificación se basa en el Mapa de Divisiones Naturales del País. Estrato 1: Zona Norte, Estrato 2: Zona Central y Estrato 3: Zona Sur.

Como se puede ver en la Figura 2, el diseño dentro de cada estrato tiene un arreglo sistemático, predeterminado por una rejilla de coordenadas geográficas (latitud-longitud). Para la Zona Norte, se ubican las unidades de muestreo permanente (UM) cada 15 minutos en latitud por 30 minutos en longitud (Aprox. cada 26.8 x 53.6 Km), por lo que dentro de este estrato quedan incluidas 29 unidades de muestreo permanente. En la Zona Central la intensidad es un poco mayor, debido a que es el estrato más diverso en cuanto a ecosistemas naturales y actividades socioeconómicas. En este estrato las unidades de muestreo permanente se ubican cada 15min x 15min (Aprox. 26.8 x 26.8 Km). Este arreglo hace un total de 70 UM. Por último en la Zona Sur, las unidades de muestreo permanente tienen un arreglo similar a la Zona Norte, haciendo un total de 9.

Se espera que con esta intensidad de muestreo se obtengan estimaciones con un error de muestreo menor de 20%, de los parámetros principales del IFN. Cada unidad de muestreo del IFN tendrá un arreglo de conglomerados de 4 parcelas rectangulares (Figura 3). Las parcelas están ordenadas en las esquinas de un cuadrado de 500 x 500 m. La primera parcela se ubica en la esquina suroeste del cuadrado y tiene dirección norte, la numeración de las siguientes parcelas es en el sentido de las agujas del reloj.

En la Figura 3, se puede observar el diseño de cada parcela. Tienen una forma rectangular y el tamaño será de 250 x 20 m (5,000 m<sup>2</sup>). Además tienen una estructura anidada, según el tamaño y tipo de recursos que se van a medir (Cuadro 5). Cada parcela tendrá tres grupos de parcelas anidadas y tres de puntos de medición, los cuales estarán distribuidos sistemáticamente.

**Cuadro 4.** Niveles de medición de la unidad de muestreo, según el tipo de información que se recopilará en el levantamiento del Inventario Forestal Nacional

Nivel	Población objetivo	Forma y tamaño de la parcela
Unidad de muestreo	Datos de ubicación y socioeconómicos	Conglomerado 500 x 500 m

Parcela	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clase de uso de la tierra y tipos de bosque</li> <li>• Árboles con <math>DAP \geq 20\text{cm}</math></li> <li>• Usuarios de los recursos forestales y arbóreos (entrevistas).</li> </ul>	Rectángulo: $250 \times 20 \text{ m}$ ( $5000\text{m}^2$ )
Parcela anidada (PAN1)	Árboles con $DAP \geq 10 < 20 \text{ cm}$	Rectángulo $20 \times 10\text{m}$ ( $200\text{m}^2$ )
Parcela anidada (PAN2)	Árboles con $h \geq 1.3\text{m}$ y $DAP < 10 \text{ cm}$	Círculo $r=3.99\text{m}$ ( $50\text{m}^2$ )
Parcela anidada (PAN3)	Plantas de bayal y mimbre	Cuadrado $10 \times 10 \text{ m}$ ( $100\text{m}^2$ )
Parcela (PAN4)	Plantas de Xate	$\frac{1}{4}$ del Círculo $r=3.99$ ( $12.5\text{m}^2$ )
Punto de medición	de Topografía y suelo	

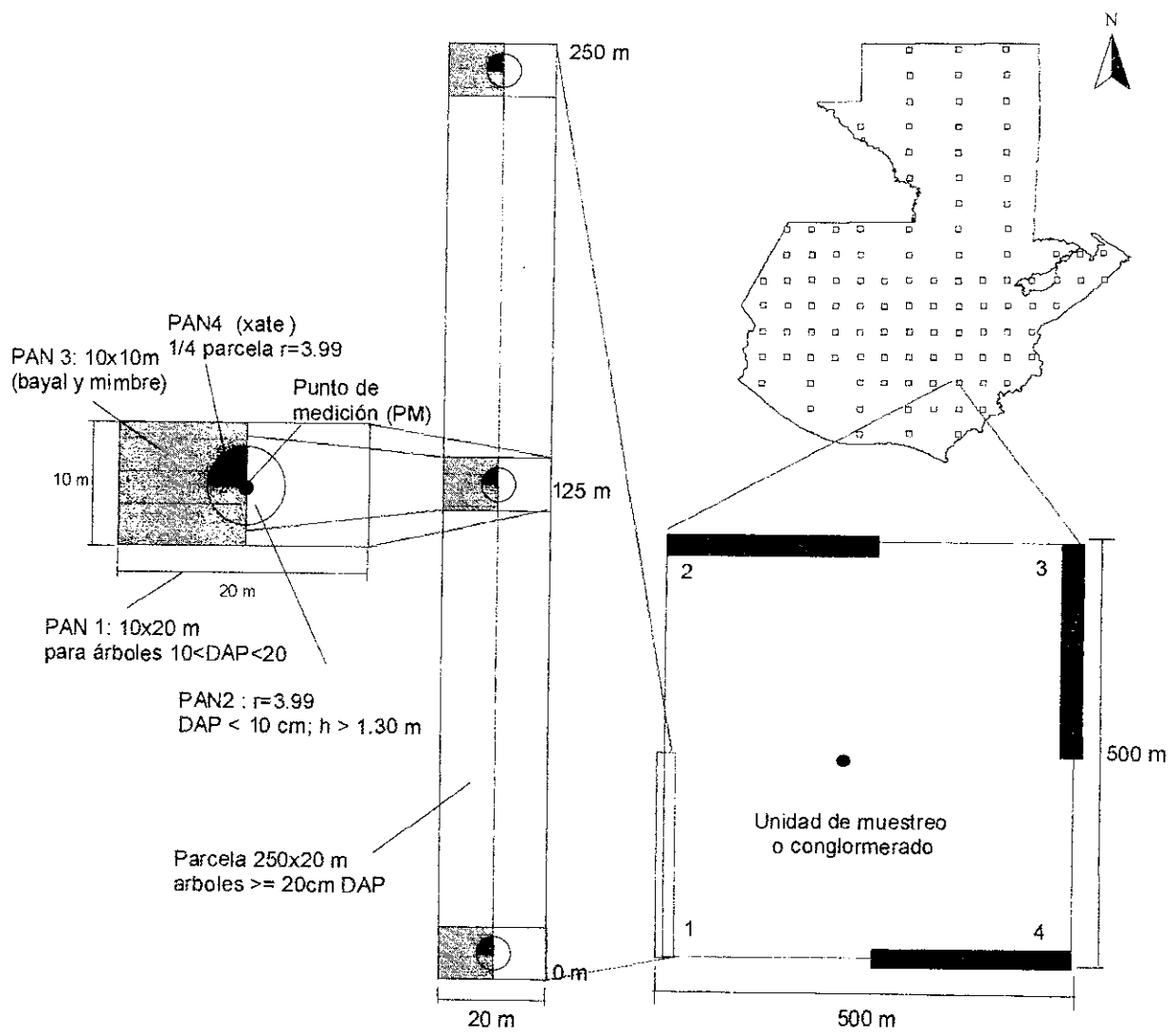


Figura 3. Diseño de parcelas para el Inventario Forestal Nacional.

**B. Indicadores de biodiversidad forestal.**

En el Cuadro 5 se presentan los indicadores de biodiversidad forestal propuestos por el Convenio de Diversidad Biológica en abril del 2003 y que pueden ser respondidos por el IFN, excluyendo aquellos indicadores que no se cuenta con información disponible para responderlos o porque son poco aplicables al país. En total se seleccionaron 20 indicadores para ser respondidos por las variables del IFN 2002-2003.

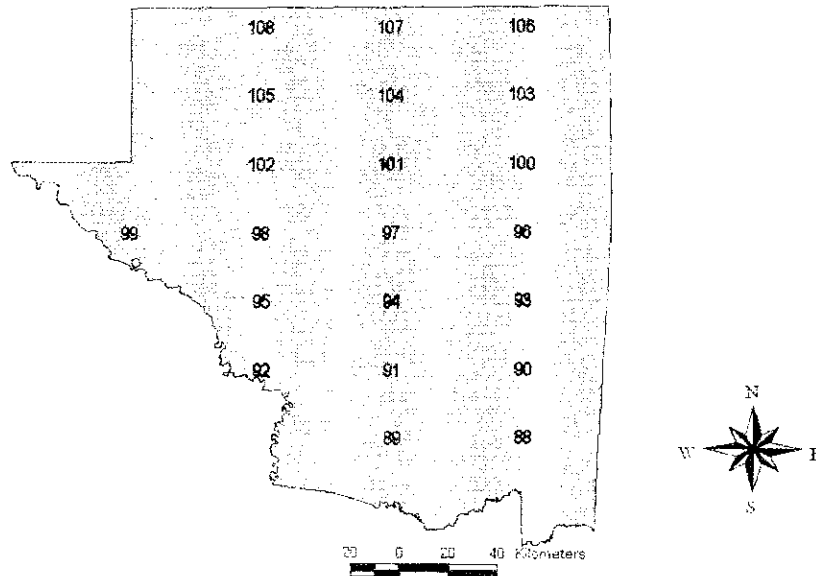
**Cuadro 5.** Indicadores del CDB que pueden responderse con el IFN. Los indicadores marcados con asterisco (\*) podrán responderse luego del 2º IFN, debido a que requieren de mediciones a lo largo del tiempo.

Indicador del CDB	Indicadores que pueden responderse con IFN
Total de superficie forestal.	√
Total de superficie forestal como porcentaje de la superficie total del país.	√
Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (primario, secundario o plantación).	√
Relación entre la superficie plantada con especies exóticas y nativas.	X
Cambio de superficie de tipo de bosque (primario, secundario, plantación).	2º *
Consumo de leña per cápita.	X
Tasa de deforestación.	2º *
Superficie auto-regenerada por tipo de hábitat.	√
Superficie auto-regenerada como porcentaje del total de superficie forestal.	√
Fragmentación del bosque.	X
Porcentaje de superficie protegida del total de superficie con bosque.	√
Porcentaje de superficie con límites claramente definidos.	√
Porcentaje de bosques manejados para la producción de leña (bosques energéticos).	√
Porcentaje de bosque manejado para la recreación y el turismo en relación al total de superficie con bosque.	√
Porcentaje de bosque manejado para la producción de agua.	X
Porcentaje de superficie forestal protegida por tipo de bosque, por edad, clase y etapa sucesional.	√
Superficie y número de corredores biológicos.	X

Volumen anual de madera y superficie aprovechada por comunidades indígenas de bosques naturales y plantaciones.	X
Contribución del sector forestal al PIB.	X
Número y tamaño de incendios forestales.	√
Superficie reforestada.	√
Extensión de áreas degradadas por operaciones forestales.	X
Relación entre la cobertura forestal y la frecuencia de inundaciones.	X
Cambio en las proporciones de bosques manejados para la conservación y utilización de los recursos genéticos.	X
Porcentaje de la superficie forestal afectada por efectos antropogénicos (aprovechamiento, tala de subsistencia).	√
Porcentaje de la superficie forestal afectada por desastres naturales.	√
Cambios en la cobertura forestal que afecten ecosistemas raros (únicos) por superficie.	X
Extensión de rodales mixtos.	√
Razón de bosques manejados.	√
Intensidad del aprovechamiento de la madera.	√
Estimación del carbono almacenado.	√
Lista de flora y fauna.	√
Número de especies extintas, en peligro, amenazadas, vulnerables y endémicas dependientes del bosque, por grupos (aves, mamíferos, vertebrados, invertebrados).	X
Abundancia, densidad, área basal, cobertura relativa y absoluta de varias especies.	√
Existencia de procedimientos para identificar especies en peligro o endémicas.	X
Número de especies clave, bandera y amenazadas.	X
Existencia de estrategias in/ex situ para conservar recursos genéticos de flora y fauna comercial, rara y en peligro.	X
Número de especies dependientes del bosque con poblaciones declinantes.	X
Especies de árboles en peligro como porcentaje de las 20 más usadas comercialmente.	X

Para seleccionar los indicadores se formó un equipo de trabajo con el personal del Proyecto IFN y se analizó detalladamente la información necesaria para cada indicador. A partir de este análisis se eligieron 20 indicadores a los cuales se les creó un protocolo de análisis, o sea una metodología detallada de la forma de utilizar las variables del IFN relacionadas que puedan responder los indicadores. Este protocolo fue aplicado como prueba a las

unidades de muestreo pertenecientes al departamento de Petén para verificar su funcionamiento y poder así responder y validar los indicadores de biodiversidad forestal (Figura 4).



**Figura 4.** Unidades de muestreo utilizadas para el análisis preliminar.

El protocolo fue sometido a análisis y discusión para cada indicador. Para analizar los indicadores que presentaron mayores dificultades se realizó un taller de consulta a expertos nacionales. El taller también sirvió para analizar las variables del IFN que puedan ser agregadas o medidas de otra forma para complementar la información que piden los indicadores de biodiversidad del CDB (Apéndice F).

Los resultados del taller fueron utilizados para corregir y perfeccionar el protocolo, así como para analizar las nuevas variables propuestas. El protocolo corregido se aplicó a todas las UM's del Inventario Forestal Nacional para obtener de esta forma la línea base de Guatemala en biodiversidad forestal.

Se hicieron giras de campo a 4 unidades de muestreo del Inventario Forestal Nacional, con el objetivo de familiarizarse con las variables y la toma de datos, así como la interpretación de la información de los diferentes formularios. Las unidades de muestreo visitadas estaban ubicadas en: faldas del volcán de Agua, Sierra Lacandón, Sierra Sta. Cruz y San José Pinula.

En la Figura 5, se presenta un flujograma que simplifica la metodología a utilizar en el estudio:

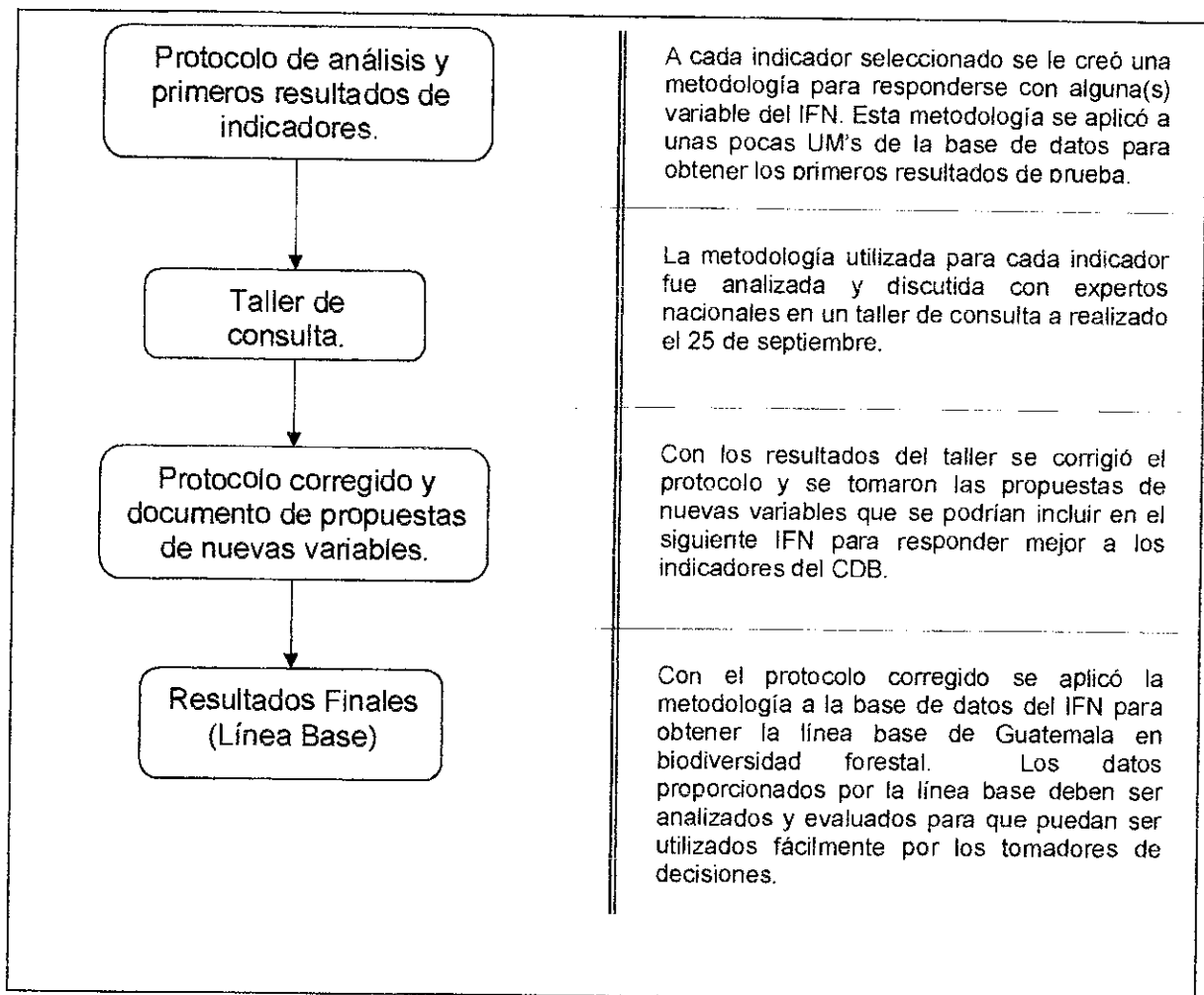


Figura 5. Flujograma de la metodología.

### III. RESULTADOS

A continuación se presentan los indicadores del Convenio de Diversidad Biológica analizados con la información de Inventario Forestal Nacional 2002-2003. Cada indicador se presenta de la siguiente forma: primero se muestran las variables del inventario utilizadas para responder al indicador, luego el procedimiento resumido<sup>1</sup>, posteriormente se presentan los resultados obtenidos con el procesamiento de las variables del IFN y por último una discusión de cada indicador, así como algunas recomendaciones al Inventario para mejorar la toma de datos para responder a algunos indicadores.

Para algunos indicadores fue difícil definir la metodología a seguir para ser respondidos con las variables del Inventario, por lo cual se realizó un taller de consulta con expertos nacionales. El objetivo del taller fue dar a conocer el presente estudio y someter a consulta las metodologías propuestas para algunos indicadores (Apéndice E). Los indicadores presentados a continuación ya incluyen los cambios recomendados en el taller.

---

- **Indicador 1. Total de superficie forestal.**

Variables del IFN:

1. Superficies de clases de uso de la tierra correspondientes a bosques.

Procedimiento:

Se suman las superficies de bosque en hectáreas y se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).

---

<sup>1</sup> La metodología detallada para responder a cada indicador con las variables del Inventario Forestal Nacional se encuentra en el Apéndice G.

**Resultados:**

A continuación se presenta la superficie forestal obtenida utilizando los datos del IFN. A la vez se compara con la superficie obtenida con el mapa de cobertura forestal INAB 1999 y INAB-UVG-CONAP-MAGA 2004.

**Cuadro 6.** Superficie forestal de Guatemala según datos del IFN, INAB 1999 y UVG-INAB-CONAP-MAGA 2003.

<b>Fuente</b>	<b>Superficie (has)</b>
Inventario Forestal Nacional (2002-2003)	4,098,175.51
Mapa Cobertura INAB 1999	4,944,213
Mapa Cobertura UVG-INAB-CONAP-MAGA 2001	4,357,749

El error de muestreo obtenido con la información del Inventario Forestal Nacional fue de **10.89 %**

**Discusión** (ver *Discusión de Indicador 2*)

- 
- **Indicador 2:** *Total de superficie forestal como porcentaje de la superficie total del país.*

**Variables del IFN:**

1. Superficies de clases de uso de la tierra correspondientes a bosques.

**Procedimiento:**

Se utiliza la superficie total del país como 100 % y con la superficie obtenida con el indicador 1 se hace una regla de tres simple, obteniendo así el porcentaje de superficie con cobertura boscosa.

**Resultados:**

A continuación se presenta el porcentaje de superficie forestal obtenida utilizando los datos del IFN. A la vez se compara con el porcentaje de superficie forestal obtenida con el mapa de cobertura forestal INAB 1999 e INAB-CONAP-UVG-MAGA 2003.

**Cuadro 7.** Porcentaje de superficie forestal de Guatemala según datos del IFN, INAB 1999 y UVG-INAB-MAGA 2003.

<b>Fuente</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Inventario Forestal Nacional (2002-2003)	37.64
Mapa Cobertura INAB 1999	45.40
Mapa Cobertura UVG-INAB-CONAP-MAGA 2001	39.90

**Discusión de indicador 1 y 2:**

Estos dos indicadores dan información sobre el estado de los bosques en Guatemala y parten del principio que, a mayor cobertura boscosa habrá mayor biodiversidad o la biodiversidad presente estará en mejores condiciones de conservación. Para el desarrollo de ambos indicadores se utilizaron los términos de FAO para definir los bosques (Apéndice A).

Los resultados obtenidos en estos indicadores se compararon con estimaciones realizadas por otros estudios anteriores, como es el Mapa de Cobertura de INAB y el estudio de Dinámica de la Cobertura Forestal UVG-

INAB-CONAP-MAGA 2004 . Los datos obtenidos difieren un poco a las demás fuentes debido a varias razones:

- Diferentes metodologías: El mapa de cobertura de INAB y el Mapa de Dinámica de la Cobertura Forestal de UVG-INAB-CONAP-MAGA utilizan imágenes de satélite para el análisis y la discriminación de bosques con imágenes Landsat (30x30 km) tiende a sobre estimar porque no es fácil separar algunos cultivos que tiene similitudes con los bosques, tales como café, cacao y hule. Además no se diferencian otros sistemas agroforestales como los huertos familiares o frutales. Otro factor es la limitada discriminación de bordes de bosque, lo cual hace que se sobreestimen las superficies, en este caso la información de campo, como la del Inventario es más exacta y real que la de las imágenes.
- A pesar de la baja intensidad de muestreo del Inventario, el dato proporcionado para estos indicadores es estadísticamente válido y permite establecer un error de muestreo, en cambio los análisis de imagen de satélite no cuentan con este dato de error. Los datos del Inventario pueden utilizarse para esto, construyendo una matriz de confusión de las diferentes coberturas para poder validar los tipos y superficies de bosque. También pueden utilizarse puntos de control para una clasificación supervisada, haciendo de esta forma que la información sea más exacta y reduciendo considerablemente los costos del proyecto, tal y como se hizo en el último mapa de cobertura (2001).
- Los datos obtenidos con los diferentes instrumentos no son comparables en el tiempo por las razones expuestas en el primer comentario, debemos esperar el segundo inventario para realmente poder hacer comparaciones temporales. Al momento ninguno de los dos mapas de cobertura son comparables, ya que uno fue realizado visualmente y el otro automatizado.

El mapa de cobertura forestal del 2001 presentado por el proyecto de Dinámica de la Cobertura Forestal es el último que se ha realizado. Este mapa se realizó por medio del análisis de imágenes de satélite trabajándose a una

escala más detallada (1:50,000) por lo que se considera que el resultado es bastante preciso. Como se mencionó anteriormente, este mapa fue validado comparando su información con las unidades de muestreo del Inventario teniendo una precisión del 82%, la cual se considera alta para el análisis de imágenes satelitales. Este dato junto con la similitud de los resultados de Inventario y el Mapa de Cobertura 2001 (2.26% de diferencia) muestran que las parcelas del Inventario reflejan la dinámica de la cobertura forestal del país, por lo que podrán ser utilizadas en el futuro para monitorear los cambios de cobertura así como las regiones en las que ocurre con mayor severidad. Esta información será de suma utilidad para priorizar sitios para la realización de programas y proyectos de conservación.

---

- **Indicador 3:** *Porcentaje de superficie protegida del total de superficie con bosque.*

Variables del IFN:

1. Superficies de clases de uso de la tierra correspondientes a bosques dentro de áreas protegidas.

Procedimiento:

Utilizando el mapa del SIGAP (Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas) se ubican las parcelas del Inventario que se encuentran dentro de algún área protegida. Luego se suman las superficies de bosque en hectáreas de las parcelas seleccionadas y se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).

Resultados:

**Cuadro 8.** Porcentaje de superficie protegida del total de superficie con bosque.

<b>Condición</b>	<b>Superficie (has)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Bosque protegido	1,710,235.25	41.73
Bosque sin protección	2,387,940.26	58.27
Total de superficie de bosque	4,098,175.51	100.00

El error muestral para el bosque protegido fue de **23.14 %**

Discusión:

El establecimiento de áreas protegidas en un país es una medida de gran repercusión en la conservación de los recursos naturales y por ende de la biodiversidad. El porcentaje de superficie de bosque protegido en el país es un indicador que refleja la capacidad del Estado en proteger sus recursos.

Este indicador parte del supuesto que a mayor superficie de bosque protegida mayor conservación de biodiversidad; sin embargo hay que tener mucho cuidado al interpretar el indicador. En países como el nuestro, donde el presupuesto dedicado a la conservación de los recursos naturales es escaso la existencia de un gran porcentaje de superficie boscosa protegida no implica necesariamente que se esté conservando la biodiversidad dentro de éstas áreas. Muchas áreas protegidas no se manejan como tales por lo que la simple designación de "protegida" no es un indicador válido.

En esta primera medición el indicador muestra un valor de 41.72% el cual difiere con el dato obtenido por el estudio de Dinámica de la Cobertura Forestal (2001) donde se indica que el 54% de superficie forestal se encuentra dentro de áreas protegidas. La poca representatividad de las parcelas del inventario

dentro de áreas protegidas (solamente 25 unidades de muestreo) fue la causante de dicha variación.

La mayoría de unidades de muestreo (13 UM's) ubicadas dentro de área protegida cayeron en la Reserva de la Biosfera Maya. Este dato muestra que la distribución de áreas protegidas en el país no es el ideal, ya que cubre casi solo el bosque latifoliado por lo que no está respondiendo a proteger todos los tipos de ecosistemas (ver discusión de indicador 9).

Con la metodología actual del Inventario no sería posible realizar un monitoreo de la dinámica de los bosques dentro de áreas protegidas debido a la intensidad y al diseño de muestreo, la cual se aplicó a nivel nacional y no de unidad de manejo. Sería necesario establecer otra metodología más puntual para monitorear los cambios de cobertura forestal dentro de áreas protegidas.

---

- **Indicador 4.** *Extensión de rodales mixtos.*

Variables del IFN:

1. Superficies de clases de uso de la tierra diferentes a bosque, a pasto natural arbolado y a humedales.
2. Código 9: "Porcentaje de cobertura de copas de árboles fuera del bosque (AFB)" con los numerales correspondientes a 3, 4, 5 y 6 los cuales indican que la cobertura de copas es igual o mayor al 10%.

Procedimiento:

Se filtran todas las Clases de Uso de la tierra diferentes a bosques, a pasto natural arbolado (Pna) y a humedales (H). Luego se filtran las clases en las que el Código 9 "Porcentaje de cobertura de copas de árboles fuera

del bosque (AFB)” que posean los numerales 3, 4, 5 y 6. Se suman las superficies de estas clases de uso de la tierra y por medio del estimador poblacional se obtiene el total poblacional (Apéndice C).

Resultados:

**Cuadro 9.** Porcentaje de superficie de rodales mixtos.

<b>Superficie de rodales mixtos (has)</b>	882,374.13
<b>Porcentaje de rodales mixtos</b>	8.10
<b>Error de muestreo (%)</b>	30.88

Discusión y recomendaciones:

Para responder a este indicador se definió rodal mixto como la superficie ocupada por bosque asociado a áreas agropecuarias. Esta información es importante para conocer el estado de la biodiversidad, ya que un bosque asociado posee mayor diversidad que un cultivo limpio pero menor que un bosque natural. En términos de conservación de la biodiversidad, es muy importante para el país el desarrollo de políticas y programas enfocados en aumentar y fomentar los cultivos asociados con bosque. Estos cambios podrán ser monitoreados con este indicador con la información que proporcionen los siguientes inventarios nacionales.

Para responder al indicador se utilizó el criterio de considerar la cobertura mayor a un 10% como bosque asociado ya que según las definiciones de FAO (Apéndice A) una superficie cubierta con árboles que posean un 10% o más de cobertura de copas puede considerarse como bosque. Se excluyeron las clases de uso de la tierra pertenecientes a pasto natural arbolado (Pna), humedales (H) y bosque ya que no poseen cultivos como hace referencia la interpretación del indicador, presentada en el párrafo anterior. Se utilizó el Código de AFB (árboles fuera del bosque) para seleccionar las clases de uso, ya que se refiere a los árboles que se encuentran fuera del bosque, por lo que al filtrar superficie con AFB y con usos de la tierra que tengan referencia a cultivos agrícolas (barbecho-

B-, agricultura anual–Aa-, agricultura perenne–Ap- y potrero–Pot-) se obtienen las superficies de árboles asociados a cultivo. También se tomó en cuenta el uso perteneciente a población (Pob) ya que se reportaron varios huertos familiares dentro de los poblados.

La precisión del dato que proporciona este indicador es bajo, debido la poca intensidad de muestreo lo que ocasionó que pocas parcelas cayeran dentro de este tipo de uso, además algunos consultores no midieron adecuadamente la variable referente a AFB ya que la cobertura de copas para definir el tipo de AFB fue subjetiva a la hora de medirse en el campo (Apéndice A).

En el próximo IFN para que la información sea analizada con mayor facilidad y responder claramente a este indicador, se recomienda la inclusión de una clase de uso de la tierra llamada áreas agroforestales. A este uso de la tierra se le podría agregar un código que indicara el tipo de área agroforestal, ya sea: árboles en asociación con cultivos anuales, árboles asociados con cultivos perennes, huerto familiar, cerco vivo y cortinas rompevientos, asociaciones de árboles con pastos, sistema taunya, sistema silvopastoril; pudiéndose de esta forma cuantificar fácilmente cada tipo de sistema agroforestal.

- 
- **Indicador 5.** *Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (primario, secundario o plantación).*

Variables del IFN:

1. Superficies de las clases de uso de la tierra para cada tipo de bosque, en el nivel 2 (latifoliado, coníferas y mixto).

2. Superficies de las clases de uso de la tierra para cada tipo de bosque, en el nivel 3 (primario, secundario avanzado, secundario joven, bosque de galería y plantaciones).

Procedimiento:

Se suman los totales de superficie para cada tipo de bosque (ya sea nivel 2 o nivel 3) y se utiliza estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C). Se toma como total la superficie forestal calculada en el indicador 1 (100%) y en base a este dato obtenemos el porcentaje de cada tipo de bosque.

Resultados:

**Cuadro 10.** Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (nivel 2).

Tipo de bosque	Superficie (has)	Porcentaje (%)	Error (%)
Latifoliado	3,398,589.40	82.93	12.63
Conífera	391,348.15	9.55	33.56
Mixto	308,237.96	7.52	35.63
<b>TOTAL</b>	<b>4,098,175.51</b>	<b>100.00</b>	

**Cuadro 11.** Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (nivel 3)

Tipo de bosque		Superficie (has)	Porcentaje (%)	Error (%)
Latifoliado	Primario	1,956,350.71	57.56	20.85
	Secundario Avanzado	882,622.26	25.97	29.18
	Secundario Joven	437,565.20	12.87	42.64
	Galería	122,051.23	3.59	65.70
	Plantación	0.00	0.00	0.00
Mixto	Primario	60,413.05	19.60	90.53
	Secundario Avanzado	138,915.91	45.07	50.33
	Secundario Joven	96,712.47	31.38	62.61
	Galería	12,196.54	3.96	123.34
	Plantación	0.00	0.00	0.00

Conífera	Primario	36,476.70	9.32	76.50
	Secundario Avanzado	183,085.37	46.78	47.37
	Secundario Joven	104,186.65	26.62	72.04
	Galería	27,456.53	7.02	138.60
	Plantación	40,142.90	10.26	79.12

### Discusión:

Este indicador se refiere específicamente a la biodiversidad forestal ecosistemática, ya que muestra la proporción de tipos de bosque en el país. El Inventario Forestal Nacional puede responder claramente a este indicador, ya se midieron las superficies de las clases de uso de la tierra presentes en cada parcela.

Los resultados muestran que el mayor porcentaje de bosque es latifoliado, seguido del de coníferas y por último el mixto, como lo indica cualquier otra fuente de información forestal. Los datos referentes a bosques primarios indican que el bosque latifoliado es el que posee mayor porcentaje y superficie; esta podría ser una buena razón para priorizar programas de conservación en los bosques remanentes primarios de coníferas y mixtos.

En el cuadro 11 se puede observar que las plantaciones de coníferas fueron las únicas presentes, lo cual sucedió debido a la poca intensidad de muestreo del inventario. Es importante mencionar que, aunque la intensidad de muestreo es baja, este dato indica que las plantaciones de coníferas realmente son las más importantes por su extensión, sin indicar que no existan plantaciones de latifoliadas. También se observa que en cada tipo de bosque, el bosque secundario muestra un alto porcentaje lo cual indica que el bosque sufrió alteraciones pero actualmente se encuentra en estado de recuperación, lo cual puede ser beneficioso en términos de biodiversidad. Estas áreas con bosque secundario deben de priorizarse ya que son potenciales para la conservación y para el desarrollo forestal del país.

Los bosques de galería muestran bajos porcentajes para todos los tipos de bosque (no llegan ni al 4%) posiblemente por la poca coincidencia de parcelas

con ríos o riachuelos. Este tipo de bosques no deben descuidarse ya que poseen gran importancia ecológica teniendo las funciones de corredores biológicos, de captación hídrica y evitar la erosión.

La información que proporciona el IFN para este indicador será de gran utilidad, ya que con las mediciones de los siguientes inventarios se podrán realizar monitoreos de los cambios que sucedan en los diferentes tipos de bosques. Esta información ayudará a identificar los bosques con mayores pérdidas de biodiversidad con lo que se podrán priorizar áreas de conservación.

- **Indicador 6.** *Porcentaje de superficie con límites claramente definidos.*

Variables del IFN:

1. Superficies para cada tipo de "Tenencia de la tierra" (Código 8)

Procedimiento:

Se filtran las clases de uso de la tierra correspondientes a cada tipo de tenencia de la tierra. Luego se obtiene la superficie total y el porcentaje para cada tipo de tenencia de la tierra utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).

Resultados:

**Cuadro 12.** Superficie y porcentaje por tipo de tenencia en tierras forestales.

Tenencia	Superficie (has)	Porcentaje (%)	Error (%)
Nacional	1,587,376.709	14.59	25.25
Nacional en concesión	232,231.8196	2.13	79.85
Nacional en arrendamiento	77,410.60653	0.71	140.80

Gobierno local o municipal	515,075.9743	4.73	47.01
Comunal	1,413,748.588	12.99	14.35
Privado con un solo dueño o sociedad	6,634,835.323	60.96	7.49
Privado en cooperativas	35,588.17204	0.33	99.82
Otro	387,138.557	3.56	57.86

En la base de datos se encontraron ocho registros en los que no se reportó ningún tipo de tenencia de la tierra.

Discusión y recomendaciones:

Este indicador está relacionado con la biodiversidad ya que se refiere a la superficie forestal que posee límites definidos. Entre mejor estén definidos los límites de los bosques es menos probable que ocurran invasiones, las cuales dañan los recursos presentes en el bosque y por ende su biodiversidad.

En el taller de consulta se discutió que este indicador se podría responder con mapas de catastro o de registro de propiedad y no precisamente con la información del Inventario. De esta forma, con el Inventario Forestal Nacional no se está respondiendo a cabalidad lo que pide el indicador pero proporciona información que nos refleja el estado legal (en términos de propiedad de la tierra) de las tierras donde se ubicaron las parcelas, sin embargo, puede ser útil como un sondeo de la proporción de tierras con algún tipo de problema, reflejado en la superficie reportada como "Otro", lo cual puede indicar invasión o agarrada que pueden afectar los recursos boscosos del área.

Si fuera este el caso del numeral 8 "Otros" el Inventario muestra un valor bastante bajo indicando que existen pocos problemas de tenencia de la tierra. Como se sabe, en Guatemala existen serios problemas de tenencia de la tierra, por lo que este resultado pudo suceder porque muchos de los consultores no pusieron qué tipo de problema tenía la parcela haciendo la información

incompleta. Por esta razón, se recomienda que el próximo IFN sea más explícito en términos de tierras invadidas o agarradas, lo cual se podría incluir en alguna subdivisión del código. Además fue complicado obtener este tipo de información con el Inventario Forestal Nacional ya que los entrevistados no tuvieron siempre la confianza suficiente para proporcionar el estado legal de la tierra, o bien, en regiones muy conflictivas la gente no dio ningún tipo de información.

- 
- **Indicador 7.** *Porcentaje de bosques manejados para la producción de leña (bosques energéticos).*

Variables del IFN:

1. Superficie de clases de uso de la tierra en las que el producto de extracción sea leña.
2. Volumen de árboles cuyo principal uso es la leña en cada clase de uso de la tierra.

Procedimiento:

En el formulario correspondiente a la entrevista se filtraron las clases de uso de la tierra que tienen como producto de extracción leña. Se filtran las clases que correspondan a bosque y por medio del estimador poblacional del muestreo aleatorio simple se obtiene la superficie total potencial para leña (Apéndice C).

En el formulario 5 se filtran los árboles utilizados para leña. Por medio de las fórmulas de volumen (Apéndice G) y por medio del estimador

poblacional del muestreo aleatorio simple se obtiene el volumen potencial de leña del país (Apéndice C).

Resultados:

**Cuadro 13.** Superficie y porcentaje de bosque donde se extrae leña.

<b>Superficie forestal (has)</b>	4,098,175.51
<b>Superficie leña (has)</b>	2,489,652.02
<b>Porcentaje (%)</b>	60.75
<b>Error de muestreo (%)</b>	17.27

**Cuadro 14.** Volumen potencial de leña en Guatemala.

<b>Volumen potencial de leña</b>	226,498,954.25 m <sup>3</sup>
<b>Error de muestreo (%)</b>	38.18

Discusión y recomendaciones:

El IFN puede responder parcialmente a este indicador ya que proporciona la información referente a los bosques que son utilizados para leña pero no los que se manejan con ese propósito (como lo pide el indicador). Este dato es de importancia nacional ya que un gran porcentaje de la población aún utiliza leña como fuente de combustible. También es un tema muy importante para la biodiversidad ya que al extraer volúmenes muy altos de leña, se degradan los bosques perdiendo de esta forma su biodiversidad.

El resultado de la superficie forestal con extracción de leña muestra que más de la mitad es utilizada con este fin. Esto es sumamente preocupante ya que al no darle a los bosques algún tipo de manejo que controle la extracción de leña, éstos se degradan perdiendo su biodiversidad. Este tipo de información puede motivar a los tomadores de decisiones a promover bosques energéticos para

sustituir la extracción de leña en bosques naturales o bien promover los planes de manejo para la extracción de leña en bosques naturales.

El Inventario también puede dar información referente al volumen potencial de leña de las especies más utilizadas para dicho objetivo. A partir de los datos de los árboles que los entrevistados identificaron como fuente de leña se determinó un volumen potencial de leña de aproximadamente 315 millones de metros cúbicos. Aunque este volumen pareciera aún suficiente hay que considerar que en la mayoría de los bosques no se les está dando ningún tipo de manejo para que la extracción de leña sea sostenible. Asimismo, este dato refleja que los bosques son vistos por los pobladores como fuente de leña.

La información que proporciona este indicador junto con las mediciones de los siguientes inventarios servirá para monitorear los cambios en el volumen y superficie de extracción de leña en el país.

Respecto al tema de la leña, los participantes del taller de consulta recomendaron incluir en el Inventario alguna variable directa relacionada con la leña, ya que consideran que es un tema muy importante para conocer el estado de los bosques y su biodiversidad.

- 
- **Indicador 8.** *Porcentaje de bosque manejado para la recreación y el turismo en relación al total de superficie con bosque.*

Variables del IFN:

1. Superficies de las clases de uso de la tierra a las cuales se les da un uso turístico o recreativo.

**Procedimiento:**

Con base en los resultados de las entrevistas se identifican las clases de uso de la tierra utilizadas para el turismo o recreación. Se filtran las clases que posean bosque y por medio estimador poblacional del muestreo aleatorio simple se obtiene el total de superficie forestal con este uso (Apéndice C). Luego se obtiene el porcentaje tomando como referencia el total de superficie forestal del indicador 1.

**Resultados:**

**Cuadro 15.** Porcentaje de bosque utilizado para la recreación y el turismo.

<b>Total del superficie forestal (has)</b>	4,098,175.51
<b>Superficie turismo/Recreación (has)</b>	1,137,384.007
<b>Porcentaje</b>	27.75
<b>Error de muestreo (%)</b>	30.65

**Discusión:**

Este indicador refleja los valores de uso que puede tener la biodiversidad como lo es el turismo y la recreación. Se considera que el turismo de bajo impacto es una buena forma de conservar los recursos naturales ya que se obtienen ingresos económicos por preservar los bosques lo cual motiva al propietario a cuidar este recurso.

El IFN responde parcialmente a este indicador, ya que no indica que se esté manejando adecuadamente los bosques para el turismo, sino solamente muestra la superficie potencial para este uso. El resultado de este indicador muestra que casi la tercera parte de bosque podría tener un uso turístico según los entrevistados. Hay que tomar en cuenta que no todas las áreas identificadas son para turismo internacional o de ciudades, muchas veces es para la recreación de las comunidades cercanas debido a las dificultades/facilidades de acceso y por las preferencias turísticas.

El indicador fue mal interpretado por los consultores, ya que en las instrucciones del manual del Inventario se indicaba que primero se debía preguntar o identificar el servicio prestado por el bosque y luego responde en el cuestionario si se percibía que el entrevistado tenía conciencia de estos servicios. En cambio, los consultores no colocaron su percepción de conciencia, por esto, considero que debe indicarse claramente y supervisarse si la información se está colectando adecuadamente.

- **Indicador 9.** *Porcentaje de superficie forestal protegida por tipo de bosque, por edad, clase y etapa sucesional.*

Variables del IFN:

1. Superficie de cada tipo de clase de uso de la tierra pertenecientes a bosques dentro de áreas protegidas.

Procedimiento:

Se identifican las clases de uso de la tierra que estén dentro de área protegida. De estas clases se separan las que correspondan a bosque. Se suma la superficie de cada tipo de bosque y por medio de estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C) se obtiene la superficie total para cada tipo de bosque.

Resultados:

**Cuadro 16.** Superficie y porcentaje de bosque protegido por tipo de bosque.

<b>Tipo de bosque</b>	<b>Superficie (has)</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Error (%)</b>
Latifoliado	1,671,508.80	97.74	19.00
Conifera	20,812.88	1.22	127.49
Mixto	17,913.56	1.05	105.18
<b>TOTAL</b>	<b>1,710,235.25</b>	<b>100.00</b>	

**Cuadro 17.** Superficie y porcentaje de bosque protegido por tipo de bosque y etapa sucesional.

Tipo de bosque		Superficie (has)	Porcentaje	Error (%)
Latifoliado	Primario	1,327,832.90	79.44	28.35
	Secundario avanzado	215,834.82	12.91	67.82
	Secundario joven	113,719.44	6.80	83.27
	Galería	14,121.65	0.84	111.05
	Plantación	0.00	0.00	0.00
Mixto	Primario	0.00	0.00	0.00
	Secundario avanzado	14,065.10	78.52	120.16
	Secundario joven	3,848.47	21.48	200.00
	Galería	0.00	0.00	0.00
	Plantación	0.00	0.00	0.00
Conífera	Primario	0.00	0.00	0.00
	Secundario avanzado	13,076.70	62.83	134.18
	Secundario joven	0.00	0.00	0.00
	Galería	0.00	0.00	0.00
	Plantación	7,736.19	37.17	169.67

Discusión:

Este indicador se refiere a la biodiversidad forestal ecosistémica, ya que pretende dar a conocer el estado de los tipos de bosques dentro de Áreas protegidas, así como su estado sucesional. El Inventario Forestal Nacional puede responder parcialmente a este indicador, ya que posee datos sobre el tipo de bosque y a la etapa sucesional en las parcelas que cayeron dentro de áreas protegidas, pero no posee variables relacionadas con la edad.

Este es un buen indicador para saber qué tipos de bosque se están conservando realmente. Según los resultados obtenidos en las áreas protegidas no se están tomando en cuenta bosques importantes, tales como el mixto primario y conífera primario dentro de las áreas protegidas actuales. Sin embargo, estos resultados deben verse como un sondeo, ya que hay que tomar en cuenta que la baja intensidad de muestreo afecta porque se está haciendo un estrato pequeño, que son las áreas protegidas, y en aquellas que son pequeñas y con distribución fragmentada la probabilidad que caiga una unidad de

muestreo es baja. Por lo tanto este indicador responde a áreas protegidas grandes como es el caso de la Reserva de Biosfera Maya.

Debido a que la información a analizar es muy puntual o específica dentro del país, se elevaron los errores de muestreo, principalmente en aquellos bosques escasos. Esto nos indica que la intensidad o la metodología del muestreo no es la adecuada para este tipo de indicadores. Sería necesario un inventario de bosques en áreas protegidas utilizando otro tipo de metodología más puntual para poder concluir qué tipos de bosque están o no siendo conservados dentro de todas las áreas protegidas.

Según la información presentada, un alto porcentaje de bosque mixto y de conífera secundario se encuentra protegido. Esto indica que en unos años estos bosques se convertirán en primarios, por lo cual es importante asegurar su conservación.

La información generada puede servir de referencia o de base para compararse con futuras mediciones del inventario y monitorear los cambios de los bosques dentro de áreas protegidas. Esta información podría ser útil para identificar qué tipos de bosque se están perdiendo y priorizar programas para su conservación.

---

- **Indicador 10. Número y tamaño de incendios forestales.**

Variables del IFN:

1. Superficie afectada por incendios forestales en cada clase de uso de la tierra.
2. Superficie afectada por cada tipo de incendio forestal en cada clase de uso de la tierra.

3. Superficie afectada por incendios forestales mayores y menores a cinco años en cada clase de uso de la tierra.

**Procedimiento:**

Se filtran las clases de uso de la tierra en las que haya evidencia de incendios o sea que el Código 12 "Tipo de incendio" sea diferente a 1. Luego se multiplica la columna de "Distancia del Incendio al Carril Central" por el ancho de parcela (20 m) para obtener así la superficie del incendio dentro cada clase de uso de la tierra. Utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple se obtiene el total de superficie incendiada (Apéndice C). Con la variable "Tipo de incendio" se puede obtener el porcentaje afectado por cada tipo de incendio, asimismo, utilizando la variable "Evidencia de incendios" se puede obtener el porcentaje por el tiempo en el que ocurrieron los incendios (menor a 1 año o mayor 1 año) del total de incendios reportados en las parcelas

**Resultados:**

**Cuadro 18.** Superficie afectada por incendios forestales menor y mayor de cinco años.

<b>Tiempo</b>	<b>Superficie(has)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Error de muestreo (%)</b>
Menor a 1 año	852,672.899	7.84	34.25
Mayor a 1 año	1,311,840.32	12.04	28.50
<b>TOTAL</b>	<b>2,164,513.22</b>	<b>19.88<sup>2</sup></b>	<b>39.34</b>

**Cuadro 19.** Tipos de incendio en porcentaje.

<b>Tipo de incendio</b>	<b>Superficie (has)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Error de muestreo (%)</b>
Subterráneo	23,223.18	1.07	200.00
Copas	24,926.22	1.15	153.40
Rastrero	2,116,363.83	97.78	20.51

<sup>2</sup> Porcentaje con respecto al total de superficie del país.

Discusión:

El fuego es uno de los elementos naturales que ha influido en las comunidades vegetales a lo largo del tiempo y como proceso natural cumple una función importante para mantener la salud de determinados ecosistemas. Sin embargo, en la última parte del siglo XX, la modificación de la dinámica establecida entre la actuación humana y los incendios y la mayor frecuencia del fenómeno El Niño han dado lugar a una situación en la que los incendios son una amenaza importante para muchos bosques y la diversidad que contienen. Los incendios forestales tienen muchas repercusiones sobre la diversidad biológica. A escala mundial, son una fuente importante de emisión de carbono, contribuyendo al calentamiento mundial que podría modificar la biodiversidad. En los planos regional y local, modifican el volumen de biomasa, alteran el ciclo hidrológico con consecuencias sobre sistemas marinos como los arrecifes de coral, e influyen en el comportamiento de las especies vegetales y animales. La consecuencia de los incendios repetidos es perjudicial porque es uno de los factores principales del empobrecimiento de la biodiversidad en los ecosistemas de los bosques pluviales. Los incendios también provocan efectos indirectos más duraderos como estrés y desaparición de hábitats, territorios, cobijo y alimento. La desaparición de organismos de gran importancia para los ecosistemas forestales, tales como invertebrados, polinizadores y descomponedores (Nasi et. Al. 2002).

El Inventario Forestal Nacional responde parcialmente a este indicador, ya que puede dar la superficie afectada por incendios pero no el número. Sin embargo puede dar información adicional, tal como el tipo de incendio y una aproximación de hace cuanto el tiempo ocurrió el siniestro.

Los resultados obtenidos muestran una gran cantidad de hectáreas afectadas por incendios. Como lo muestra el Cuadro 18, el 60% de esa superficie equivale a incendios ocurridos hace más de un año, por lo que si lo comparamos con otras fuentes de información debemos de sumar la superficie de los últimos años. Según datos del INAB, a partir de 1998 se han quemado cerca de un millón y medio de hectáreas, valor que difiere un poco con el resultado del

indicador. Esta diferencia podría haber ocurrido por la existencia de varios incendios que no son cuantificados por las instituciones correspondientes debido a que no fueron denunciados o no se llenaron las boletas de registro.

La información de tiempo del incendio (Cuadro 19) conlleva algo de subjetividad ya que solo se cuenta con la experiencia del guía o el consultor para identificar hace cuánto tiempo ocurrió el incendio.

Los tipos de incendio siguen la dinámica observada en cualquier otra fuente: la mayoría son rastreros, seguidos por de copas y un pequeño porcentaje de incendios subterráneos. Hay que tomar en cuenta que esta información proviene de un inventario de reconocimiento por lo que no se pueden considerar los resultados del indicador como datos oficiales del país, para esto ya existen evaluaciones del daño ocasionado por incendios de forma más precisa por parte de las instituciones que velan por los recursos naturales. Aún así, la información presentada puede ser de gran utilidad para ir monitoreando el comportamiento de los incendios forestales dentro del país.

---

- **Indicador 11. Intensidad del aprovechamiento de la madera.**

Variables del IFN:

1. Densidad de tocones para cada clase de uso de la tierra correspondiente a bosque.

Procedimiento:

Se obtiene la abundancia de tocones para cada tipo de bosque (latifoliado, mixto y conífera) en el formulario 5 sumando los tocones de cada clase de uso de la tierra. Luego se crearon arbitrariamente 3 categorías que representan las abundancias de tocones: 1, para clases de uso de la tierra con menos de 25 tocones por hectárea; 2, para clases de uso de la tierra con

más de 25 y menos de 50 tocones por hectárea; y 3, para clases de uso de la tierra con más de 50 tocones por hectárea.

Luego se suma la superficie de las clases de uso de la tierra para cada tipo de bosque y para cada clase de abundancia de tocones utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C). Posteriormente se obtienen los porcentajes para cada tipo de bosque con relación al total de superficie forestal.

También se analizó el tipo de aprovechamiento ocurrido en los bosques perturbados. Se identificaron las clases de uso de la tierra con presencia de tocones (perturbados) a los cuales se obtuvo el porcentaje según el tipo de aprovechamiento que presentaron, ya fuera familiar, comercial o saneamiento. Asimismo, de las clases de uso de la tierra con bosque perturbado cuyo aprovechamiento era comercial o familiar, se obtuvo el porcentaje de bosque que poseía plan de manejo y que no poseía.

Resultados:

**Cuadro 20.** Grado de perturbación por extracción de madera por tipo de bosque, expresado en presencia de tocones/ha.

Tipo de bosque	Perturbación leve	Perturbación moderada	Perturbación fuerte
	Porcentaje (< 25 tocones/ha)	Porcentaje (> 25 tocones/ha < 50)	Porcentaje (> 50 tocones/ha)
Bosque Lalifoliado	8.47	0.36	1.25
Bosque Coníferas	12.77	3.27	0.89
Bosque Mixto	23.10	0.00	2.58
Total de Bosque	9.98	0.61	1.32

**Cuadro 21.** Porcentaje del tipo de aprovechamiento en bosques perturbados.

Aprovechamiento familiar	90.12 %
Aprovechamiento comercial	9.88 %
Aprovechamiento por saneamiento	0.00 %

**Cuadro 22.** Porcentaje de bosques perturbados por aprovechamiento con y sin plan de manejo.

Con plan de manejo	12.50 %
Sin plan de manejo	87.50 %

Discusión (ver discusión de Indicador 12)

- 
- **Indicador 12.** *Porcentaje de la superficie forestal afectada por efectos antropogénicos (aprovechamiento, tala de subsistencia).*

Variables del IFN:

1. Superficie afectada por incendios forestales en cada clase de uso de la tierra.
2. Densidad de tocones para cada clase de uso de la tierra correspondiente a bosque.

Procedimiento:

Para responder a este indicador hay que tomar en cuenta la superficie afectada por incendios forestales y la superficie afectada por extracción de madera.

1. El primer dato a tomar en cuenta es la superficie afectada por incendios la cual se obtiene con el indicador 10.
2. El segundo dato se obtiene de la superficie afectada por la extracción de madera la cual se encuentra en el indicador 11.

**Discusión de indicadores 11 y 12:**

Para responder a este indicador se definió que las actividades humanas que pueden perturbar los bosques y que pueden ser respondidas con el Inventario Forestal son los incendios forestales y la extracción de madera. Se tomó en cuenta los incendios forestales porque según las estadísticas forestales la mayoría son causados intencionalmente y ocasionan serios daños a la cobertura boscosa y por ende a la biodiversidad forestal. Se consideró la extracción de madera como un tipo de perturbación del bosque porque con cada árbol derribado y su respectivo acarreo fuera del bosque causa daños a la masa remanente, alterando las condiciones del bosque y su biodiversidad.

Los datos de superficie y porcentaje afectado por incendios forestales puede observarse en el indicador 10 ("Número y tamaño de incendios forestales"). El resultado de este indicador muestra casi un 20% del país afectado por incendios, lo cual nos indica que es un problema grave. Es importante que el país dedique más recursos a la prevención de estos siniestros que tanto afecta la biodiversidad. Con esta información y la que se obtenga en los siguientes Inventarios Nacionales se podrá ir monitoreando los cambios en la superficie afectada por incendios forestales durante los siguientes años, siendo éste un indicador de la eficiencia de los programas y recursos existentes.

Para evaluar la perturbación ocasionada por la extracción maderera se tomó como variable los tocones, los cuales fueron contados en cada parcela del Inventario. Se agruparon las abundancias de tocones en tres clases para poder organizar y analizar más fácilmente la información. La primera categoría corresponde a una leve perturbación, la segunda a perturbación moderada y la tercera a una fuerte perturbación.

Los resultados obtenidos al analizar la extracción de madera por medio de la presencia de tocones muestran que en todos los tipos de bosque y en el total de superficie forestal existe perturbación y que ésta en su mayoría es leve (menos de 25 tocones por hectárea). Sin embargo, no debe restársele importancia ya que se identificó que el daño ocasionado en los bosques perturbados es por

algún tipo de aprovechamiento y el 87% de estos bosques no posee plan de manejo. Esta información refleja que los bosques que no son manejados sosteniblemente (sin Plan de Manejo) están causando daños a la cobertura boscosa sobrepasando notablemente el porcentaje de los bosques manejados.

En el cuadro 21 se observa que el 90% de los aprovechamientos dentro de bosques perturbados pertenecen a consumo familiar. Esta información indica que no se está llevando un adecuado control de la extracción de leña y que esta actividad está causando alteraciones en el bosque perjudicando su biodiversidad.

---

- **Indicador 13. Superficie reforestada**

Variables del IFN:

1. Superficies de las clases de uso de la tierra correspondientes a plantación.

Procedimiento:

Se separan de la base de datos las clases de uso de la tierra correspondientes a plantación, o sea que incluyan "Pt". Luego se suma la superficie de estas clases de uso de la tierra y se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie reforestada (Apéndice C).

Resultados:

Solamente 9 clases de uso de la tierra, pertenecientes al estrato central, reportaron reforestación. Todas estas clases de uso pertenecen al bosque de coníferas. Los resultados obtenidos se muestran en el siguiente cuadro:

**Cuadro 23. Superficie reforestada según Inventario Forestal Nacional**

<b>Clases de uso de la tierra con reforestación</b>	9
<b>Superficie reforestada (has)</b>	40,142.90289
<b>Porcentaje de superficie reforestada</b>	0.33
<b>Error de muestreo (%)</b>	78.98

Discusión y recomendaciones:

Este indicador está relacionado con la biodiversidad forestal ya que la reforestación juega un papel muy importante en la recuperación de áreas degradadas, y por ende en la recuperación del hábitat necesario para muchas especies. La información que proporciona es relevante para comparar la tasa de deforestación con la de reforestación y determinar el estado de recuperación de los bosques en el país.

El Inventario Forestal Nacional puede responder a este indicador, sin embargo, es necesario tomar en cuenta que por la poca intensidad de muestreo muy pocas parcelas cayeron dentro de plantaciones forestales lo cual aumentó el error de muestreo. Aún así el resultado muestra la realidad: que hay muy poca superficie de plantación forestal en todo el país. Es importante mencionar que, aunque la intensidad de muestreo es baja, todos los registros de plantaciones obtenidas en el Inventario pertenecen a especies coníferas, lo cual puede indicar que las plantaciones de coníferas son las más importantes por su extensión.

Con este resultado se observa que existe una gran brecha entre la superficie que se encuentra reforestada y la que se deforesta anualmente (80,000 hectáreas según datos de FAO), por lo que hay que analizar de qué forma se crean más programas para la reforestación o se fortalecen los presentes.

Si comparamos con datos de otras fuentes, como del INAB quienes tienen reportado en diciembre del 2003 un total de 27,800 hectáreas reforestadas con PINFOR, vemos que la información proporcionada por el indicador es un poco

diferente. Esto sucedió primero por la intensidad de muestreo y segundo porque los datos del INAB toman en cuenta sólo plantaciones registradas en el Programa de Incentivos Forestales, mientras que el Inventario toma cualquier tipo de plantación.

Para el próximo inventario se podría incluir una variable relacionada con la edad de la plantación con la cual se podrían hacer otros análisis, como proyecciones futuras, crecimiento por especie, por tipo de bosque, curvas de calidad sitio entre otros.

- 
- **Indicador 14.** *Porcentaje de la superficie forestal afectada por desastres naturales.*

Variables del IFN:

1. Superficies con bosque correspondientes a los códigos de sequía, inundación, deslizamientos pestes de la variable "Problemas ambientales".

Procedimiento:

De las clases de uso de la tierra correspondientes a bosque se filtra en la columna la variable "Problemas ambientales", las Clases de Uso de la Tierra que corresponden a sequía, inundación, deslizamientos pestes. Se obtiene el total para cada tipo de problema por medio el estimador poblacional del muestreo aleatorio (Apéndice D). Luego se obtienen los porcentajes de cada superficie tomando como total la superficie total de bosque (indicador 1).

**Resultados:**

**Cuadro 24.** Superficie y porcentaje de bosque afectado por desastres naturales.

<b>Problema</b>	<b>Superficie (has)</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Error (%)</b>
Sequía	157,650.10	3.85	---
Inundaciones	318,421.68	7.77	111.86
Deslizamientos	263,012.61	6.42	112.53
Pestes	71,176.34	1.74	121.58
<b>TOTAL</b>	<b>810,260.73</b>	<b>19.77<sup>3</sup></b>	

**Discusión:**

Los desastres naturales pueden causar daños severos en la superficie forestal y por lo tanto tienen un efecto directo con la pérdida de la biodiversidad. Cualquier perturbación natural en un bosque alterará su función de hábitat de especies animales y vegetales. Las perturbaciones a gran escala pueden provocar la simplificación del ecosistema y la pérdida de diversidad genética dentro de las mismas especies, la pérdida de especies y reducción de hábitats, lo cual puede llevar a una pérdida general de la biodiversidad.

Por esta razón es necesario tener la información de la cantidad de bosque que ha sido dañado por algún tipo de desastre natural. El Inventario Forestal Nacional puede proporcionar información de este tipo, clasificando como desastres naturales a la sequía, deslizamientos, inundaciones y pestes.

La información que presenta este indicador muestra altos errores porcentuales, lo cual sucedió porque solamente 10 parcelas se identificaron con problemas ambientales y también porque algunas de estas parcelas reportaron superficies muy pequeñas afectadas en relación con las demás. Por lo tanto, para que este dato sea útil al indicador debe mejorarse la confiabilidad o representatividad de la variable, aumentando quizás la intensidad de muestreo.

<sup>3</sup> Porcentaje con respecto al total de superficie forestal.

De los problemas analizados la superficie afectada por sequía fue nula, mientras que los deslizamientos, las inundaciones y las plagas mostraron porcentajes bastante bajos. . De esta forma se considera que los desastres naturales no han ocasionado daños severos en la biodiversidad del país. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que algunos consultores no identificaron adecuadamente los problemas ambientales lo cual se pudo corroborar con algunas re-mediciones de parcelas. Este problema se dio principalmente con la presencia de plagas, las cuales no fueron bien identificadas.

Se recomienda para el siguiente inventario, capacitar adecuadamente a los consultores para que evalúen de manera efectiva este tipo de variables ya sea incluyendo un capítulo en el manual del IFN sobre la identificación de plagas y enfermedades o bien con pláticas previas a su labor de campo y supervisión.

- 
- **Indicador 15. Razón de bosques manejados.**

Variables del IFN:

1. Superficies de las clases de uso de la tierra con plan de manejo.

Procedimiento:

Se separan las clases de uso de la tierra correspondiente a bosque y que posean plan de manejo. Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie de bosque manejado (Apéndice C). Se divide las superficies de bosque manejado/ bosque total. Un valor cercano a 1, se refiere a que la mayoría de bosque está bajo manejo y un valor cercano a 0 sería lo contrario.

**Resultados:**

Del total de parcelas dentro de bosque solamente 24 cumplieron con la condición de plan de manejo. A continuación se muestran los resultados del indicador.

**Cuadro 25.** Razón de bosques manejados en el país.

<b>Bosque manejado (has)</b>	586,498.4235
<b>Total de bosque (has)</b>	4,098,175.51
<b>Razón (B. manejado/B. total)</b>	0.143
<b>Porcentaje de bosque manejado</b>	14.31
<b>Error de muestreo (%)</b>	44.75

**Discusión:**

Este indicador presenta información importante referente a la biodiversidad, ya que teóricamente los bosques manejados sosteniblemente representan la mejor solución entre la conveniencia de conservar las especies y la necesidad de aprovechar la tierra para generar riqueza y fuentes de empleo. Los bosques bajo manejo suelen representar un bien económico más tangible que las áreas protegidas y por lo tanto es más probable que se los respete. En vista de la disminución de la superficie forestal a nivel mundial, incluso los bosques modificados tienen un importante papel que desempeñar en la preservación del hábitat, las especies y la diversidad de subespecies. No es posible diseñar sistemas de ordenación forestal que conserven la biodiversidad en su totalidad, pero se pueden aplicar principios para minimizar la pérdida (OIMT 1993).

El Inventario Forestal Nacional responde a este indicador y muestra una relación muy baja entre bosque total y bosque bajo manejo. Una relación cercana a 1 indicaría que el bosque se está manejando casi en su totalidad, pero en este caso el valor de 0.14 (14%) indica todo lo contrario, lo cual podría

ser un llamado a los tomadores de decisiones para evaluar las políticas sobre los programas referentes a los recursos naturales del país.

Se recomienda al Convenio de Diversidad Biológica utilizar porcentaje en lugar de razón, ya que es más fácil de interpretar.

- 
- **Indicador 16.** *Abundancia, densidad, área basal, cobertura relativa y absoluta de varias especies.*

Variables del IFN:

1. Densidad y área basal de árboles pertenecientes a los siguientes grupos:  
COMERCIALES: todos los pinos (*Pinus* sp.) ,los encinos (*Quercus* sp.), cedro (*Cedrela odorata*) y caoba (*Swietenia macrophylla*)  
SECUNDARIAS: (Santa María –*Calophyllum brasiliense*-, Amapola – *Pseudobombax ellipticum*-, Canxan – *Terminalia amazonia*-, Cola de coche – *Pithecolobium arboreum*-, Malerio Blanco –*Aspidosperma stegomeres*-, Malerio Colorado – *Aspidosperma megalocarpon*-, Manchiche – *Lonchocarpus castilloi*-, Jobillo –*Astronium graveolens*- y Danto – *Vatairea lundellii*).

Procedimiento:

Se agrupan las especies según los grupos antes mencionados. Los datos de densidad y área basal son analizados por tipo de bosque (latifoliado, mixto y conífera) y por grupo de especies utilizando el estimador de medias del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).

**Resultados:**

**Cuadro 26.** Densidad y área basal por especie por tipo de bosque.

<b>Especie / Grupo de especies</b>	<b>Tipo de bosque</b>	<b>Densidad (arb/ha)</b>	<b>Área Basal m<sup>2</sup>/ha</b>	<b>Error de Muestreo<sup>4</sup> (%)</b>
Pino	Bosque latifoliado	3.88	0.68	119.54
	Bosque conifera	93.40	8.76	2.74
	Bosque mixto	59.31	4.38	2.77
Encino	Bosque latifoliado	20.57	9.18	62.49
	Bosque conifera	93.40	8.76	2.74
	Bosque mixto	74.58	5.24	5.55
Cedro y caoba	Bosque latifoliado	0.97	0.009	61.96
Tropicales secundarias	Bosque latifoliado	3.44	0.056	53.14

**Discusión:**

Uno de los objetivos del Convenio de Diversidad Biológica es utilizar sosteniblemente los componentes de la biodiversidad. De esta forma, este indicador puede proporcionar la información de la disponibilidad de estos recursos en el país, los cuales son parte importante de la biodiversidad forestal del país y a la vez generan ingresos económicos.

El Inventario Forestal Nacional puede dar parte de la información que pide este indicador ya que proporciona el área basal y la densidad para varias especies y su tipo de bosque. Las especies analizadas se escogieron por su importancia comercial en el país: el pino y encino porque son muy utilizados en el mercado interno, la caoba y cedro porque son consideradas como especies con un mercado totalmente desarrollado y las especies tropicales secundarias se definieron según J. Gálvez (1997) y son consideradas con mercado parcialmente desarrollado. El Inventario no puede dar información de cobertura relativa y absoluta (como lo pide el indicador) de estas especies ya que no se midieron variables para este tipo de información.

<sup>4</sup> El error de muestreo se calculó en base al área basal.

Los resultados del indicador muestran el estado promedio nacional de cada tipo de bosque en relación a las especies analizadas. Este dato podrá ser comparado con estimaciones futuras para ir monitoreando los cambios que sufran estas especies, debido a su gran demanda comercial. Como se observa en el Cuadro 24, las especies de mayor valor comercial (caoba y cedro) son las más escasas en los bosques latifoliados, de esta forma es necesario buscar mecanismos que aseguren su sostenibilidad. Las especies tropicales secundarias son mucho más abundantes, sin embargo aún no posee un mercado totalmente establecido. El caso del pino y el encino es diferente, estos poseen alta demanda y los datos que proporciona el Inventario indican que se encuentran suficientes árboles por hectárea para cada tipo de bosque. Aún así estas dos especies deben tomarse en cuenta en programas de conservación y manejo sostenible por su alta demanda interna.

El área basal puede ser usada como un indicador de la aproximación de la vegetación actual a la capacidad de carga de un sitio. Las áreas basales van a variar dependiendo de la capacidad de carga del sitio y pueden reflejar el grado de intervención que ha ocurrido en el bosque al compararse con valores ideales (Louman et. Al. 2001). Para el caso del inventario no se poseen valores ideales de área basal por especie (o grupo de especies) por tipo de bosque; sin embargo la información presentada por el indicador puede servir de referencia en el futuro para ir monitoreando el aprovechamiento de estas especies en estos bosques haciendo análisis de las áreas basales.

- 
- **Indicador 17.** *Superficie auto-regenerada por tipo de bosque.*

Variables del IFN:

1. Superficie de las clases de uso de la tierra con regeneración natural y por rebrote.

**Procedimiento:**

Para cada tipo de bosque (mixto, conífera y latifoliado) se filtran las Clases de Uso de la Tierra que en la variable “Origen de Regeneración” tengan los códigos natural y rebrote. Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie auto-regenerada por tipo de bosque (Apéndice C). El dato obtenido será de regeneración de todos los bosques. Luego excluimos las clases de uso de la tierra correspondientes a bosques primarios y realizamos el mismo procedimiento.

**Resultados:**

**Cuadro 27.** Superficie de regeneración natural por tipo de bosque.

<b>Tipo de bosque</b>	<b>Superficie (has)</b>	<b>Error (%)</b>
Latifoliado	2,187,325.18	18.65
Conífera	182,051.09	51.91
Mixto	116,404.72	63.52

**Cuadro 28.** Regeneración natural por tipo de bosque (Excluyendo bosques primarios).

<b>Tipo de bosque</b>	<b>Superficie (has)</b>	<b>Error (%)</b>
Latifoliado	724,705.48	32.46
Conífera	170,722.15	55.97
Mixto	81,074.49	70.74
<b>TOTAL</b>	<b>976,502.12</b>	

**Discusión** (ver *Discusión de Indicador 18*)

- **Indicador 18. Superficie auto-regenerada como porcentaje del total de superficie forestal**

Variables del IFN:

1. Superficies de las clases de uso de la tierra con regeneración natural y por rebrote.

Procedimiento:

Se toma la superficie total obtenida en el indicador 18 y se obtiene el porcentaje con relación al total de bosque. Luego se realiza el mismo procedimiento excluyendo el bosque primario.

Resultados:

**Cuadro 29.** Superficie con regeneración natural como porcentaje del total de superficie forestal por tipo de bosque.

Tipo de bosque	Superficie total (has)	Superficie regeneración natural (has)	Porcentaje
Latifoliado	3,398,589.40	2,187,325.18	64.36
Conífera	391,348.15	182,051.09	46.52
Mixto	308,237.96	116,404.72	37.76
TOTAL	4,098,175.51	2,485,780.99	60.66

**Cuadro 30.** Superficie con regeneración natural como porcentaje del total de superficie forestal por tipo de bosque (Excluyendo los bosques primarios).

Tipo de bosque	Superficie total (has)	Superficie regeneración natural (has)	Porcentaje
Latifoliado	3,398,589.40	724,705.48	21.32
Conífera	391,348.15	170,722.15	43.62
Mixto	308,237.96	81,074.49	26.30
TOTAL	4,098,175.51	976,502.12	23.83

Discusión (indicador 17 y 18):

Según la interpretación que se discutió sobre este indicador, la superficie auto-regenerada se refiere a la regeneración natural de los bosques. El Inventario Forestal Nacional puede responder a este indicador, ya que posee una variable en la que se indica el tipo de regeneración presente en el bosque. La regeneración natural es importante para el mantenimiento de la biodiversidad de un bosque ya que permite la continuidad de las especies arbóreas presentes la cual sirven de hábitat para muchas otras especies. El indicador se analizó de dos formas: utilizando el total de bosques y excluyendo los bosques primarios.

Los resultados obtenidos al analizar el total de bosques muestran un alto porcentaje de regeneración para el total de superficie forestal, lo cual muy positivo para la biodiversidad. Al analizar la información por tipo de bosque, se observa que el bosque latifoliado es el que muestra más regeneración mientras que el mixto es el de menor porcentaje. Esta información podría ser útil para enfocar programas de silvicultura a los bosques con menor regeneración.

Al analizar el indicador se decidió excluir la superficie de los bosques primarios, ya que estos se sobreentiende que poseen regeneración natural. Al excluir estos bosques podemos dar la información de autorecuperación de los bosques que tienen algún grado de perturbación (que no son primarios) que es el dato que le interesa a los tomadores de decisiones. Podemos ver, según el Cuadro 28 que solamente el 23% de los bosques se está autorecuperando y que es el bosque de coníferas el se recupera en mayor porcentaje.

Para obtener el dato de superficie que se está recuperando en el país se debe sumar la superficie obtenida en este indicador (excluyendo bosques primarios) a la superficie de reforestación. Este dato nos da 1,034,440 has y puede indicar que el 9.50% de la superficie del país se está recuperando mediante regeneración natural o bien reforestación.

Con la información que se obtenga en el próximo Inventario se podrá monitorear los cambios en términos de regeneración por tipo de bosque y se

podrá identificar aquellos bosques en que se reduzca más la regeneración, lo cual indicará mayor perturbación.

Se recomienda al Convenio de Diversidad Biológica que este indicador se una con el anterior ya que es la misma información la que se analiza.

---

- **Indicador 19. Estimación del carbono almacenado.**

Variables del IFN:

1. Biomasa de cada clase de uso de la tierra.

Procedimiento:

Se utilizan las ecuaciones de biomasa para todos los árboles del formulario 5 separándolos en vivos y muertos. Luego se obtiene la biomasa por cada clase de uso de la tierra y este dato se convierte a toneladas de carbono. Utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple se obtiene el total de carbono almacenado en los bosques.

Resultados:

**Cuadro 31.** Estimación de fijación de carbono en Guatemala.

<b>Carbono fijado en Guatemala (tonC)</b>	209,551,320.34
<b>Error de muestreo (%)</b>	29.75

Discusión y recomendaciones:

Este indicador es muy importante para la biodiversidad ya que muestra los valores que se le pueden dar, específicamente a la vegetación del

bosque la cual funciona como un almacén de carbono. Según el Convenio de Cambio Climático en un futuro cercano se podrán realizar incentivos económicos a los bosques por su captación de carbono. Por lo tanto es de suma importancia conocer la cantidad de carbono almacenado que posee el país para poder realizar negociaciones con los países que forman parte del Convenio.

El pago por captación de carbono podría ser un incentivo para conservar los recursos boscosos y por ende la biodiversidad presente. El Inventario Forestal Nacional puede proporcionar información de la biomasa presente del bosque y por medio de fórmulas generales puede dar estimaciones del carbono fijado en el país. Sin embargo, el indicador no se puede responder en su totalidad, ya que para realizar una estimación completa del carbono fijado en el bosque se necesita tomar muestras de hojarasca, de vegetación inferior y de suelo; las cuales no se tomaron en las mediciones de campo del Inventario. Aún así, la masa arbórea es la que más contribuye con el almacenamiento de carbono por lo que el dato que muestra el Inventario es muy útil para darse una idea del valor real.

La estimación de carbono conlleva un error de muestreo ya que los datos provienen de la estimación de la biomasa, la cual ya lleva implícita un error. De esta forma al hacer una estimación de otra estimación el error aumenta considerablemente. Los resultados muestran que el país posee más de 200 millones de carbono fijado por encima del suelo, valor que difiere un poco de otros estudios como el J. Rodríguez y L. Pratt (1998) quienes estiman un valor de 770 millones. La diferencia se debe a las distintas metodologías usadas ya que Rodríguez y Pratt utilizaron información específica para cada tipo de bosque y cobertura del suelo, en cambio con el IFN se tomaron ecuaciones generales de biomasa.

En el próximo Inventario Nacional se podría proporcionar información más completa sobre este indicador. Para ello sería necesario realizar mediciones de hojarasca, vegetación menor y suelo en cada parcela del Inventario. Para esto se debería coordinar con la Oficina Guatemalteca de Implementación Conjunta - OGIC- y con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- para que

proporcionen fondos, ya que a estas instituciones son las más interesadas en este tipo de información.

• **Indicador 20. Lista de flora y fauna.**

Variables del IFN:

1. Nombres científicos de todos los árboles del formulario 5 de la base de datos.

Procedimiento:

En el formulario 5 – árbol, se filtra especie por especie para ir obteniendo la lista de flora arbórea de Guatemala. Posteriormente se cuenta el número de especies arbóreas.

Resultados:

**Cuadro 32.** Especies de flora arbórea encontradas en el Inventario Forestal Nacional de Guatemala 2002 – 2003.

<b>Lista de especies arbóreas</b>		
<i>Acacia acanthophylla</i>	<i>Eugenia capuli</i>	<i>Posoqueria latifolia</i>
<i>Acacia angustissima</i>	<i>Eugenia jambos</i>	<i>Poulsenia armata</i>
<i>Acacia arabica</i>	<i>Eugenia sp.</i>	<i>Pouroma sp.</i>
<i>Acacia centrales</i>	<i>Eugenia xalapensis</i>	<i>Pouroma aspera</i>
<i>Acacia dolichostachya</i>	<i>Euterpe macrospadix</i>	<i>Pouteria amygalina</i>
<i>Acacia farnesiana</i>	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	<i>Pouteria campechiana</i>
<i>Acacia gentlei</i>	<i>Faramea occidentales</i>	<i>Pouteria mammosa</i>
<i>Acacia glomerosa</i>	<i>Ficus donnell-smithii</i>	<i>Pouteria reticulata</i>
<i>Acacia hindis</i>	<i>Ficus guatemalana</i>	<i>Pouteria sapota</i>
<i>Acacia penatula</i>	<i>Ficus sp.</i>	<i>Pouteria sp.</i>
<i>Acalipha lancetillae</i>	<i>Fraxinus sp.</i>	<i>Protium copal</i>
<i>Acrocomia mexicana</i>	<i>Fraxinus vellerea</i>	<i>Prunus brachyobotrya</i>
<i>Allophylus occidentales</i>	<i>Freziera guatemalensis</i>	<i>Prunus capuli</i>
<i>Alnus acuminata</i>	<i>Garrya laurifolia</i>	<i>Prunus domestica</i>
<i>Alnus arguta</i>	<i>Genipa americana</i>	<i>Prunus persica</i>
<i>Alnus firmifolia</i>	<i>Gliricidia guatemalensis</i>	<i>Prunus salicina</i>
<i>Alnus jorulensis</i>	<i>Gliricidia sepium</i>	<i>Prunus sp.</i>
<i>Alseis yucateensis</i>	<i>Grevillea robusta</i>	<i>Pseudobombax ellipticum</i>

<i>Amaioua canibosa</i>	<i>Guaiacum sanctus</i>	<i>Pseudolmedia oxyphyllaria</i>
<i>Amanoa potamophila</i>	<i>Guarea excelsa</i>	<i>Pseudolmedia simiarum</i>
<i>Ampelocera hottlei</i>	<i>Guarea glabra</i>	<i>Psidium guajava</i>
<i>Amyris sylvatica</i>	<i>Guarea grandiflora</i>	<i>Psidium sartorianum</i>
<i>Anarcadium occidentale</i>	<i>Guarea sp.</i>	<i>Psidium sp.</i>
<i>Andira inermis</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>	<i>Quararibea fieldii</i>
<i>Annona divesifolia</i>	<i>Guettarda combsii</i>	<i>Quararibea funebris</i>
<i>Annona primigenia</i>	<i>Gymnanthes guatemalensis</i>	<i>Quercus acatenangensis</i>
<i>Annona scleroderma</i>	<i>Gymnanthes lucida</i>	<i>Quercus benthami</i>
<i>Anona tibourbour</i>	<i>Gymnopodium florifundum</i>	<i>Quercus brachystachys</i>
<i>Apocynaceae</i>	<i>Haematoxylon campechianum</i>	<i>Quercus candicans</i>
<i>Araucaria sp.</i>	<i>Haematoxylon sp.</i>	<i>Quercus conspersa</i>
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Hampea trilobata</i>	<i>Quercus corrugate</i>
<i>Ardisia erythocarpa</i>	<i>Hedyosmum mexicanum</i>	<i>Quercus crispifolia</i>
<i>Aspidosperma megalocarpon</i>	<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	<i>Quercus crispipilis</i>
<i>Aspidosperma stegomeris</i>	<i>Heliocarpus mexicanus</i>	<i>Quercus oleoides</i>
<i>Astronium fraxinifolium</i>	<i>Heliocarpus sp.</i>	<i>Quercus peduncularis</i>
<i>Astronium graveolens</i>	<i>Hernandia sonora</i>	<i>Quercus pilicaulis</i>
<i>Baccharis vaccinioides</i>	<i>Hieronyma guatemalensis</i>	<i>Quercus sapotaefolia</i>
<i>Bellucia grossularioides</i>	<i>Hirtella americana</i>	<i>Quercus segovienses</i>
<i>Belotia campbellii</i>	<i>Hirtella racemosa</i>	<i>Quercus skinneri</i>
<i>Belotia mexicana</i>	<i>Hirtella sp.</i>	<i>Quercus sp.</i>
<i>Bernardia interrupta</i>	<i>Hymenea courbaril</i>	<i>Quiina schippii</i>
<i>Beurenia oxiphilla</i>	<i>Ilex discolor</i>	<i>Randia armata</i>
<i>Bixa orellana</i>	<i>Ilex guianensis</i>	<i>Rapanea ferruginea</i>
<i>Blepharidium arboreum</i>	<i>Inga donnell-smithii</i>	<i>Rehera penninervia</i>
<i>Blepharidium guatemalense</i>	<i>Inga fagifolia</i>	<i>Rheedia intermedia</i>
<i>Bombacopsis sp.</i>	<i>Inga laurina</i>	<i>Rhus striata</i>
<i>Bombax ellipticum</i>	<i>Inga leptoloba</i>	<i>Ricinus communis</i>
<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Inga micheliana</i>	<i>Rondeletia sp.</i>
<i>Brosimum costaricanum</i>	<i>Inga paterno</i>	<i>Roupalaba boreales</i>
<i>Brosimum panamense</i>	<i>Inga sp.</i>	<i>Sabal mexicana</i>
<i>Bucida buceras</i>	<i>Inga spuria</i>	<i>Salix alba</i>
<i>Buddleia americana</i>	<i>Inga vera</i>	<i>Salix babilónica</i>
<i>Buddleia euryphylla</i>	<i>Inga xalapensis</i>	<i>Salix chilensis</i>
<i>Buddleia nitida</i>	<i>Ipomoea arborescens</i>	<i>Salix sp.</i>
<i>Buddleia skutchii</i>	<i>Jacaranda mimosifolia</i>	<i>Sambucus canadensis</i>
<i>Bursera bipinnata</i>	<i>Jatropha curcas</i>	<i>Sambucus mexicana</i>
<i>Bursera diversifolia</i>	<i>Jacquinia sp.</i>	<i>Sapindus saponaria</i>
<i>Bursera graveolens</i>	<i>Juglans guatemalensis</i>	<i>Sapium lateriflorum</i>
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Juglans olanchana</i>	<i>Sapium schippii</i>
<i>Byrsonima bucidaefolia</i>	<i>Karwinskia calderón</i>	<i>Sapium sp.</i>
<i>Byrsonima crassifolia</i>	<i>Krugiodendron ferreum</i>	<i>Sauraria kegeliana</i>
<i>Caesalpinia crista</i>	<i>Laetia thamnina</i>	<i>Sauraria oreophila</i>
<i>Caesalpinia velutina</i>	<i>Ledenbergia macrantha</i>	<i>Sauraria sp.</i>
<i>Caesalpinia vesicaria</i>	<i>Leucaena diversifolia</i>	<i>Schinus molle</i>
<i>Calatola laevigata</i>	<i>Leucaena guatemalensis</i>	<i>Schizolobium parahybum</i>
<i>Calliandra confusa</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Sebastiania longicuspis</i>
<i>Calliandra mexicana</i>	<i>Leucaena sculenta</i>	<i>Sideroxylon permisile</i>
<i>Callicarpa sp.</i>	<i>Licania capitata</i>	<i>Simaoruba glauca</i>
<i>Callistemon salignus</i>	<i>Licania sp.</i>	<i>Simaoruba sp.</i>
<i>Calophyllum brasiliense</i>	<i>Liquidambar styraciflua</i>	<i>Simira salvadorensis</i>
<i>Calophyllum chytraculia</i>	<i>Litsea glaucescens</i>	<i>Sloanea ampla</i>
<i>Calycophyllum biflorum</i>	<i>Litsea sp.</i>	<i>Sloanea sp.</i>
<i>Calyptranthes sp.</i>	<i>Lonchocarpus castilloi</i>	<i>Solanum bansii</i>
<i>Capparis verrucosa</i>	<i>Lonchocarpus guatemalensis</i>	<i>Solanum hartwegii</i>
<i>Carica mexicana</i>	<i>Lonchocarpus latifolius</i>	<i>Spathodea campalunata</i>
<i>Carica papaya</i>	<i>Lonchocarpus michelianus</i>	<i>Spondias mombin</i>
<i>Casimiroa edulis</i>	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	<i>Spondias petaba</i>
	<i>Lonchocarpus salvadorensis</i>	<i>Spondias purpurea</i>

<i>Cassia nicaraguensis</i>	<i>Lonchocarpus santarosanus</i>	<i>Spondias</i> sp.
<i>Castilla elastica</i>	<i>Lonchocarpus</i> sp.	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>
<i>Castilla guatemalensis</i>	<i>Louteridium donnell-smithii</i>	<i>Stemmadenia</i> sp.
<i>Casuarina equisetifolia</i>	<i>Luehea candida</i>	<i>Sterculia apetala</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Luehea</i> sp.	<i>Swartia lundelli</i>
<i>Cecropia peltata</i>	<i>Luehea speciosa</i>	<i>Swartia</i> sp.
<i>Cedrela mexicana</i>	<i>Lysiloma acapulcense</i>	<i>Sweetia panamensis</i>
<i>Cedrela odorata</i>	<i>Lysiloma auritum</i>	<i>Swietenia macrophylla</i>
<i>Ceiba aescutifolia</i>	<i>Lysiloma bahamense</i>	<i>Swietenia mahogani</i>
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Lysiloma desmotachys</i>	<i>Symphonia globulifera</i>
<i>Celtis trinervia</i>	<i>Lysiloma divaricatum</i>	<i>Tabebuia palmeri</i>
<i>Cestrum diurnum</i>	<i>Lysiloma kellermanii</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
<i>Cestrum dumetorum</i>	<i>Lysiloma</i> sp.	<i>Talauna mexicana</i>
<i>Chirantodendron pentadactylon</i>	<i>Macadamia integrifolia</i>	<i>Talisia floresii</i>
<i>Chrysophyllum caimito</i>	<i>Machrohasseltia macroterantha</i>	<i>Talisia oliviformis</i>
<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	<i>Malus</i> sp.	<i>Tamarindos indica</i>
<i>Cinchona officinalis</i>	<i>Mangifera indica</i>	<i>Tapiria macrophylla</i>
<i>Cinometra colimensis</i>	<i>Manilkara achras</i>	<i>Tecota stans</i>
<i>Citrus aurantifolia</i>	<i>Manilkara zapota</i>	<i>Terminalia amazonia</i>
<i>Citrus limetta</i>	<i>Mastichodendron belizense</i>	<i>Terminalia catappa</i>
<i>Citrus limonia</i>	<i>Mastichodendron capari</i>	<i>Terminalia oblonga</i>
<i>Citrus limonum</i>	<i>Matayba oppositifolia</i>	<i>Theobroma bicolor</i>
<i>Citrus sinensis</i>	<i>Metopium brownei</i>	<i>Thevetia neriifolia</i>
<i>Clethra mexicana</i>	<i>Miconia hondurensis</i>	<i>Thevetia peruviana</i>
<i>Clethra skutchii</i>	<i>Miconia</i> sp.	<i>Thevetia</i> sp.
<i>Clidemia</i> sp.	<i>Mortoniendron</i> sp.	<i>Thuja occidentales</i>
<i>Clusia</i> sp.	<i>Morus celtidifolia</i>	<i>Tilia</i> sp.
<i>Coccoloba caracasana</i>	<i>Mosquitoxylum jamaicense</i>	<i>Topobea standleyi</i>
<i>Coccoloba laurifolia</i>	<i>Mutingia calabura</i>	<i>Trema micrantha</i>
<i>Coccoloba reflexiflora</i>	<i>Myrcia splendens</i>	<i>Trichilia breviflora</i>
<i>Coccoloba schippii</i>	<i>Myrciaria floribunda</i>	<i>Trichilia glabra</i>
<i>Coccoloba spicata</i>	<i>Myrciaria ibarrae</i>	<i>Trichilia martiana</i>
<i>Coccoloba tuerckheimii</i>	<i>Myrica</i> sp.	<i>Trichilia</i> sp.
<i>Cochlospermum vitifolium</i>	<i>Myriocarpa longipes</i>	<i>Triplaris melaenodendron</i>
<i>Coffea arabica</i>	<i>Myriocarpa obovata</i>	<i>Triumfetta calderonii</i>
<i>Colubrina arborescens</i>	<i>Myroxylon balsamum</i>	<i>Trophis racemosa</i>
<i>Colubrina guatemalensis</i>	<i>Nectandra sanguinea</i>	<i>Turpinia occidentales</i>
<i>Cordia alba</i>	<i>Nectandra sinuata</i>	<i>Urera alceifolia</i>
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Nectandra</i> sp.	<i>Urtica ureas</i>
<i>Cordia diversifolia</i>	<i>Neuroleana</i> sp.	<i>Vatairea lundelli</i>
<i>Cordia dodecandra</i>	<i>Ochroma lagapus</i>	<i>Vernonia cinerea</i>
<i>Cordia gerascanthus</i>	<i>Ochroma</i> sp.	<i>Vernonia patens</i>
<i>Cordia glabra</i>	<i>Ocotea</i> sp.	<i>Vernonia triflosculosa</i>
<i>Cornus florida</i>	<i>Ocotea lundellii</i>	<i>Viburnum</i> sp.
<i>Cornutia pyramidata</i>	<i>Ocotea veraguensis</i>	<i>Virola koschinyi</i>
<i>Coussapoa oligocephala</i>	<i>Orbignya cohune</i>	<i>Vismia camparaguey</i>
<i>Crataegus stipulosa</i>	<i>Oreopanax guatemalense</i>	<i>Vismia mexicana</i>
<i>Crataegus mexicana</i>	<i>Oreopanax peltatus</i>	<i>Vides gaumeri</i>
<i>Crescentia alata</i>	<i>Oreopanax xalapensis</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>
<i>Crisobalanus icaco</i>	<i>Ormosia isthmensis</i>	<i>Vochysia hondurensis</i>
<i>Croton draco</i>	<i>Ostrya virginiana</i>	<i>Vochysia</i> sp.
<i>Croton guatemalensis</i>	<i>Pachira aquatica</i>	<i>Wimmeria concolor</i>
<i>Croton macrodontus</i>	<i>Parathesis calophylla</i>	<i>Xanthoxylum lagartus</i>
<i>Cupania glabra</i>	<i>Parathesis cubana</i>	<i>Xanthoxylum</i> sp.
<i>Cupania guatemalensis</i>	<i>Parathesis</i> sp.	<i>Ximena americana</i>
<i>Cupania macrophylla</i>	<i>Paurotis wrightii</i>	<i>Xylopia frutescens</i>
<i>Cupania prisca</i>	<i>Persea Americana</i>	<i>Yucca elephantipes</i>
<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Persea</i> sp.	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i>
<i>Curatella americana</i>	<i>Persea vesticulata</i>	<i>Zanthoxylum kellermani</i>
<i>Cutanea guatemalensis</i>	<i>Perymenium strigillosum</i>	

<i>Cybastax donnell-smithii</i>	<i>Perymenium tuerkheimii</i>	<i>Zanthoxylum mayanum</i>
<i>Cymbopetalum penduliflorum</i>	<i>Peuranthodendron ferreum</i>	<i>Zanthoxylum microcarpum</i>
<i>Cynometra retusa</i>	<i>Phisidra psicola</i>	<i>Zanthoxylum sp.</i>
<i>Dalbergia cubiliquitzensis</i>	<i>Phoebe ampliflora</i>	<i>Zuelania guidonia</i>
<i>Dalbergia funera</i>	<i>Phoebe mexicana</i>	<i>Zygia latifolia</i>
<i>Dalbergia glabra</i>	<i>Phoebe sp.</i>	
<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Phyllanthus nobilis</i>	
<i>Dialium guainense</i>	<i>Pimenta dioica</i>	
<i>Diospyros ebenaster</i>	<i>Pinus ayacahuite</i>	
<i>Dipholis stevensonii</i>	<i>Pinus hartwegii</i>	
<i>Diphysa americana</i>	<i>Pinus maximinoii</i>	
<i>Diphysa floribunda</i>	<i>Pinus montezumae</i>	
<i>Diphysa robinioides</i>	<i>Pinus oocarpa</i>	
<i>Diphysa sp.</i>	<i>Pinus pseudostrobus</i>	
<i>Drimys sp.</i>	<i>Pinus rudis</i>	
<i>Drypetes brownii</i>	<i>Pinus tenuifolia</i>	
<i>Ehretia tinifolia</i>	<i>Pinus teocote</i>	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	<i>Piscidia grandiflora</i>	
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	<i>Pithecolobium arboreum</i>	
<i>Enobotrya japonica</i>	<i>Pithecolobium dulce</i>	
<i>Erythrina glauca</i>	<i>Pithecolobium sp.</i>	
<i>Erythrina guatemalensis</i>	<i>Pithecolobium tonduzii</i>	
<i>Erythroxyton pallidum</i>	<i>Pithecolobium zollerianum</i>	
<i>Eucalyptus pallidum</i>	<i>Platymiscium dimorphandrum</i>	
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Platymiscium sp.</i>	
<i>Eucalyptus citriodora</i>	<i>Platymiscium yucatanum</i>	
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Pleuranthodendron mexicana</i>	
<i>Eucalyptus robusta</i>	<i>Plumeria obtusa</i>	
<i>Eucalyptus sp.</i>	<i>Plumeria rubra</i>	
<i>Eugenia acapalensis</i>	<i>Podocarpus oleifolius</i>	
<i>Eugenia axillaris</i>	<i>Poeppigia procera</i>	

**Cuadro 33.** Número de especies identificadas, árboles identificados hasta género y desconocidos.

<b>Grado de avance en la identificación</b>	<b>Número</b>
Número de especies encontradas	428
Número de géneros encontrados	442
Número de registros no identificados	2,365

Discusión y recomendaciones:

Este indicador presenta la diversidad de especies arbóreas que posee el país y se relaciona directamente con el nivel de especies de la biodiversidad. El indicador se puede responder parcialmente con la información del Inventario Forestal Nacional ya que solamente proporciona las especies de flora arbórea.

Los resultados del indicador muestran que en el Inventario se identificaron 428 especies arbóreas. Sin embargo, este dato no se puede considerar oficial, ya que la información presentada en este indicador tiene varias limitaciones, como las siguientes:

- la mayoría de especies fueron identificadas en campo por parte de los consultores o por los guías de campo, lo cual nos da un rango de incertidumbre,
- durante la toma de datos de campo del Inventario hubo varias especies reportadas como desconocidas y de éstas solamente una pocas fueron colectadas para ser identificadas por un especialista,
- aproximadamente 415 nombres comunes no fueron encontrados en la Flora de Guatemala; sin embargo de este total muchos nombres pueden referirse a la misma especie,
- 2,365 árboles se reportaron por los consultores y guías de campo como desconocidos; sin embargo muchos de ellos pueden haberse identificados en otras parcelas,
- se reportaron 14 géneros en los que no se pudo identificar hasta especie,
- las especies propias de ecosistemas únicos difícilmente se ubican dentro de alguna parcela, tal es el caso de *Abies guatemalensis*, el cual se sabe que existe pero no se presentó en las mediciones de campo.

Por estas limitaciones la información presentada debe tomarse como preliminar, o más bien sujeta a revisión por parte de un experto. Se recomienda que se realicen colectas de las especies desconocidas y de aquellas que solo se identificaron hasta género y se manden a un herbario para que sean debidamente determinadas. Con esta información se podría obtener un dato más real de las especies encontradas en el Inventario.

La información de este indicador podría completarse con datos externos al Inventario, ya que se podrían utilizar listas nacionales de fauna silvestre de vertebrados e invertebrados.

- **Propuesta para dar información de tipo de cobertura:**

Variables del IFN:

1. Superficies de las clases de uso de la tierra nivel 4 (cerrado, medio, abierto y reciente)

Procedimiento:

Se separa cada clase de uso de la tierra correspondiente a bosque hasta el nivel 4 (cerrado, medio, abierto y reciente), como se encuentran definidos en el Apéndice A. Sumando las superficies de cada una y utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C) se obtiene el total para cada clase de uso de la tierra.

Resultados:

**Cuadro 34.** Superficie de bosque latifoliado abierto, medio y reciente.

Tipo de sucesión	Cobertura	Superficie (has)	Porcentaje	Error (%)
Primario	Cerrado	459,570.26	23.49	40.95
	Medio	1,225,324.59	62.63	29.95
	Abierto	271,455.86	13.88	65.94
Secundario avanzado	Cerrado	181,742.54	20.59	54.05
	Medio	356,557.71	40.40	46.83
	Abierto	344,322.00	39.01	49.82
Secundario joven	Cerrado	64,812.57	14.81	74.71
	Medio	97,016.06	22.17	78.68
	Abierto	254,605.25	58.19	63.00
	Reciente	21,131.32	4.83	191.54

**Cuadro 35.** Superficie de bosque conífera abierto, medio y reciente.

Tipo de sucesión	Cobertura	Superficie (has)	Porcentaje	Error (%)
Primario	Cerrado	7,067.75	11.70	200.00
	Medio	10,874.98	18.00	143.03
	Abierto	18,533.97	30.68	100.72

Secundario avanzado	Cerrado	24,288.59	17.48	114.08
	Medio	54,076.13	38.93	80.04
	Abierto	104,720.65	75.38	68.18
Secundario joven	Cerrado	21,973.67	22.72	166.23
	Medio	27,570.45	28.51	135.54
	Abierto	43,471.37	44.95	110.32
	Reciente	11,171.15	11.55	149.54

**Cuadro 36.** Superficie de bosque mixto abierto, medio y reciente.

Tipo de sucesión	Cobertura	Superficie (has)	Porcentaje	Error (%)
Primario	Cerrado	3,603.79	9.88	200.00
	Medio	26,925.44	73.82	146.14
	Abierto	29,883.82	81.93	116.56
Secundario avanzado	Cerrado	12,513.94	6.84	154.97
	Medio	74,360.67	40.62	61.07
	Abierto	52,041.30	28.42	91.10
Secundario joven	Cerrado	32,313.22	31.01	100.34
	Medio	7,603.79	7.30	162.51
	Abierto	53,304.70	51.16	91.32
	Reciente	3,490.76	3.35	200.00

Discusión y recomendaciones:

El Inventario Forestal Nacional puede proporcionar más información relacionada con biodiversidad que la piden los indicadores de biodiversidad forestal del Convenio de Diversidad Biológica. Este es el caso del tipo de cobertura de cada tipo de bosque, la cual está relacionada directamente con la biodiversidad.

Los distintos tipos de hábitat presentes en un bosque dependen de la cobertura que este posea. Los bosques que se encuentren con algún tipo de intervención presentan estructuras simples, poco complejas por lo que su biodiversidad se encuentra lejos del nivel que poseía antes de la perturbación. Esta información la puede proporcionar el Inventario ya que clasifica los bosques en cuatro tipos distintos de cobertura: cerrado, medio, abierto y reciente (Apéndice B). Esta información será muy útil ya que podemos identificar qué tipos de bosque se encuentran mejores conservados en términos de biodiversidad (o sea con cobertura media o cerrada) y cuáles se encuentran con mayores problemas.

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que en todos los tipos de bosque predomina la cobertura media y abierta. Esto indica que la mayoría de bosques se encuentran con algún tipo de perturbación. Una observación general de los resultados, es que los bosques cerrados fueron subestimados por los consultores ya que difícilmente daban la categoría más alta a un bosque. Casi podría decir que el porcentaje de mayor de 70% es en realidad >90%. Además existe una tendencia a aumentar los porcentajes de bosque primario medio y abierto en bosques de coníferas y mixtos, esto si puede deberse a un alto aprovechamiento de este tipo de bosques. Esta información será debidamente evaluada por parte del proyecto.

Se recomienda para un futuro que si se da el proceso de creación de indicadores nacionales de biodiversidad (como se está dando en Ecuador) se tome en cuenta esta información para crear un indicador relacionado con el tipo de cobertura.

#### **IV. DISCUSIÓN GENERAL**

Por medio del presente estudio se comprobó que se pueden utilizar las variables de los Inventarios Forestales Nacionales para obtener información relacionada con la biodiversidad forestal. Algunos investigadores habían planteado esta hipótesis pero solo unos pocos países lo han realizado por lo que Guatemala se convierte en uno de los primeros en ampliar el uso de la información de los Inventarios Forestales Nacionales. La información obtenida en este estudio será muy importante para los tomadores de decisiones, ya que se podrán priorizar áreas de conservación, evaluar programas y políticas relacionadas con los recursos naturales, así como generar reportes nacionales ante convenios ratificados (como el CDB).

Para realizar este estudio se eligieron los indicadores del Convenio de Diversidad Biológica, ya que el país no posee un estándar nacional de indicadores de biodiversidad ni existe un proceso para su creación. Los indicadores del Convenio presentaron algunos problemas al ser evaluados con el Inventario, ya que éstos no poseen definiciones claras por tratarse solamente una propuesta de indicadores. Ante esta situación se decidió realizar un taller de consulta a expertos nacionales, con el cual se definieron metodologías de indicadores problemáticos y se obtuvieron recomendaciones generales para el estudio y para el Inventario.

Para el análisis de los datos se utilizó la estadística del muestreo aleatorio simple (MAS). El MAS se utilizó porque es el más adecuado para el muestreo sistemático; ya que se ha comprobado mediante pruebas de Chi-cuadrado y los índices de asimetría que entre el muestreo aleatorio y sistemático no hay diferencias significativas con la distribución normal, por lo que estos estudios concluyen que es estadísticamente permitido realizar el análisis estadístico de un muestreo sistemático utilizando las fórmulas del muestreo aleatorio (Ferreira 1994).

En cada indicador se obtuvo el error de muestreo, el cual en algunos casos fue muy elevado. La razón es porque en algunas variables, como volumen y biomasa, los datos dependen de modelos que ya llevan implícito errores por lo que al someterlos a los estimadores estadísticos los errores muestrales aumentan considerablemente, de esta forma es más recomendable utilizar errores de variables menos afectadas como el área basal. Otro factor importante para el error de muestreo, fue el número de registros analizados en el indicador, ya que en algunos casos éstos eran muy pocos, lo cual crea grandes variaciones entre los datos y, por ende, altos errores de muestreo. Sin embargo, esto no quiere decir que la información no sea útil ya que se siguió un modelo estadístico confiable. El error de muestreo solamente indica si se midió un número suficiente de parcelas para mantener la variabilidad entre los promedios de las parcelas a niveles aceptables, no indica si los datos son representativos. Para corregir estos errores sería necesario aumentar la intensidad de muestreo, variar la estratificación o realizar inventarios específicos según la ocurrencia del elemento a analizar. De esta forma, si se quiere responder mejor a los indicadores muy específicos y cubrir la necesidad de información de varios sectores del país, es necesario unificar esfuerzos y recursos.

Debe tomarse en cuenta que el Inventario puede responder solamente a indicadores a nivel "nacional", lo cual es nuevo para el manejo de información y evaluación de los recursos naturales en el país. Los indicadores de nivel nacional no le encuentran sentido al nivel de la unidad de ordenación u otros niveles subnacionales, debido a problemas de escala, por lo que para otros objetivos de conservación deben utilizarse indicadores solamente aplicables dentro de áreas protegidas o unidades de manejo.

El Inventario sirvió de herramienta para validar los indicadores de biodiversidad forestal. A partir del estudio se identificó que el Inventario validó 12 indicadores los cuales fueron respondidos en un 100%, otros 8 indicadores fueron validados parcialmente ya que el Inventario proporcionó información relacionada al indicador, pero no exactamente la requería el indicador. Un total de 19 indicadores del CDB no fueron validados por el Inventario. Varios de estos

indicadores de CDB no pudieron ser respondidos por el Inventario debido a que algunos requieren de información de años anteriores, con la cual no se cuenta por lo que estos indicadores se podrán responder luego del Segundo Inventario Forestal Nacional. Otros indicadores no pudieron responderse porque piden información que no entra dentro de los objetivos del Inventario, como especies de animales y otros indicadores (como fragmentación) necesitan de un trabajo muy extenso para poderse responder, lo que equivaldría a otro trabajo de investigación.

A partir de los indicadores analizados se puede obtener una aproximación del estado de los bosques del país en relación a la biodiversidad: Según los datos del Inventario el 37.6 % de superficie del país se encuentra cubierta con bosques, de los cuales el bosque latifoliado primario es el más extenso mientras que los bosques de coníferas y mixtos poseen poca extensión del tipo primario. La biodiversidad de los bosques del país está siendo afectada severamente por las perturbaciones, las cuales son en su mayoría de carácter antropogénico y en poco porcentaje por causas naturales. Los incendios han consumido extensas áreas de bosque y la extracción no sostenible de madera también está afectando los bosques. El daño ocasionado en los bosques perturbados es por algún tipo de aprovechamiento de los cuales el 87% de estos bosques no posee plan de manejo. La recuperación de los bosques no se compara con el grado de perturbación, ya que como indica en la discusión del indicador 18 solamente un 9.5% de bosque perturbado se regenera o se reforesta. Además, las reforestaciones actuales no favorecen la biodiversidad ya que se están utilizando muy pocas especies, como lo muestra el indicador 5 el cual reporta solamente plantaciones de coníferas. La biodiversidad de ecosistemas no se encuentra totalmente representada por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. Según los datos obtenidos en el indicador 9, no se está protegiendo los bosques primarios de coníferas y mixtos, en cambio el SIGAP favorece principalmente la protección del bosque latifoliado. Existe un porcentaje considerable de bosque secundario avanzado mixto y conífera protegido el cual es importante de conservar ya que pronto formarán bosques cerrados que favorecen a la biodiversidad. La biodiversidad de los bosques posee un gran valor ecológico intrínseco, además pueden tener un gran valor económico si se

le usa adecuadamente. Este valor se puede obtener fomentando el turismo, ya que como muestra el indicador 8 existe un gran potencial para utilizar el bosque para el turismo; con la venta futura de carbono fijado en los bosques (indicador 19) y con el manejo sostenible de las especies maderables comerciales (indicador 16). Debe observarse que todas las especies arbóreas identificadas en el Inventario (428 según el dato preliminar de este estudio) muy pocas son las que se utilizan comercialmente, por lo que no se está utilizando en todo su potencial la diversidad de especies. Las especies que sí se usan deben aprovecharse siguiendo todos los lineamientos de la ordenación forestal sostenible para asegurar la perpetuidad de los recursos, ya que especies más valiosas (el cedro y la caoba) son las que se encuentran más escasas en sus respectivos bosques.

Muchos de los indicadores respondidos por el Inventario no poseen valores de referencia para compararse e indicar si el país está bien o mal encaminado en relación al indicador, o no poseen fuentes externas con que comparar la información. Aún así, estos resultados poseen un alto valor ya que servirán de línea base para futuras mediciones del Inventario, con lo cual se podrán ir evaluando los cambios a nivel nacional. De esta forma se establecerá un sistema de monitoreo de biodiversidad a nivel nacional que se irá alimentando cada vez que se realice un Inventario (cada 5 años), siempre y cuando se valide adecuadamente los datos presentados por este estudio y se realicen los cambios necesarios a la metodología del IFN.

## **V. CONCLUSIONES**

1. Con este estudio se comprobó que con la información del Inventario Forestal Nacional se puede responder aceptablemente a indicadores de biodiversidad forestal a escala nacional. En general la metodología del Inventario es apropiada para responder a la mayoría de indicadores analizados.
2. El Inventario Forestal Nacional puede servir como herramienta para validar los indicadores de biodiversidad forestal. A partir de este estudio se identificó que el inventario validó totalmente 12 indicadores, 8 fueron parcialmente validados proporcionando información adicional al indicador y 19 no fueron validados.
3. Los indicadores del Convenio de Diversidad Biológica presentaron algunos problemas de interpretación debido a que no poseen definiciones. A partir de esta problemática se aclararon los criterios para responder a los indicadores y estos criterios fueron sometidos a consulta por medio de un taller de expertos nacionales.
4. La baja intensidad de muestreo del Inventario ocasionó altos errores para los indicadores de elementos muy específicos o "raros", aún así los resultados obtenidos para cada indicador poseen validez estadística, ya que se utilizó un diseño de muestreo.

5. Se estableció la línea base de biodiversidad forestal a nivel nacional usando las variables del Inventario Forestal Nacional. Esta línea base servirá de referencia para poder evaluar los cambios que se presentan en la biodiversidad forestal a nivel nacional con la información que proporcionen los próximos Inventarios Forestales Nacionales, constituyéndose en un sistema de monitoreo nacional que aporta información importante a la Estrategia Nacional de Biodiversidad.

## VI. RECOMENDACIONES

1. En caso de aumentar la intensidad de muestreo en el próximo Inventario Forestal Nacional, se recomienda utilizar las mismas parcelas que se analizaron en el presente estudio para responder a los indicadores de biodiversidad e ir monitoreando de esta forma los cambios.
2. Se recomienda utilizar la información del Inventario Forestal Nacional junto con imágenes de satélite para realizar un estudio sobre la fragmentación de los bosques, el cual es un tema importante para la biodiversidad (Apéndice B).
3. Como se indicó en el indicador 20, la lista de flora arbórea presentada posee muchas especies dudosas que fueron identificadas por consultores en el campo y otras desconocidas. Como se conoce la ubicación exacta de cada especie, se recomienda realizar una colecta y una identificación taxonómica por parte de un experto. De esta forma se podría tener un dato más exacto de la lista de especies arbóreas encontradas con el Inventario.
4. Se recomienda al Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP– realizar una evaluación de los resultados de esta tesis, para evaluar el tipo de información que se proporciona, analizar qué otros indicadores se necesitarían para mejorar las evaluaciones de biodiversidad, así como identificar otros datos del Inventario que pueden generar información importante para la Estrategia Nacional de Biodiversidad.
5. A los diferentes sectores relacionados con la conservación de los recursos naturales, se les recomienda tomar en cuenta las ventajas de tener un sistema multidimensional de recopilación de información a nivel nacional como lo es el Inventario Forestal Nacional, para realizar las

evaluaciones de los recursos. Es necesario que este sistema sea fortalecido económicamente por los diferentes sectores interesados en este tipo de información para poder así continuar con futuras mediciones y mejorar la calidad de recopilación de datos.

6. En general, la metodología del Inventario respondió adecuadamente a la mayoría de indicadores; sin embargo algunos indicadores que requieren información muy específica mostraron altos errores de muestreo. Por esta razón, se recomienda realizar una validación de los datos obtenidos en este estudio para determinar si es necesario una modificación en la metodología del Inventario para responder de manera más precisa a los indicadores que solicitan información muy específica. Algunas opciones que se podrían evaluar para el cambio de metodología son: aumentar la intensidad de muestreo, realizar muestreo adaptativo o un muestreo en dos etapas.
7. El Inventario posee muchas variables que no fueron analizadas en este estudio, y que de ser manejadas adecuadamente podrían proporcionar información adicional del estado de los bosques. Algunas de estas variables son: presencia de caminos, estructura de rodal, pendientes, texturas de suelo. De esta forma se recomienda realizar un estudio para determinar la metodología de utilizar estas variables para proporcionar más información.
8. Al CONAP se le recomienda apoyar y gestionar la realización de inventarios forestales a nivel del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas -SIGAP- (o al menos de las áreas protegidas de mayor importancia) para obtener datos más concretos que podrían mejorar la información y el manejo de los recursos naturales dentro de las áreas protegidas ya que el IFN no responde adecuadamente a los indicadores que requieren información muy específica, como los relacionados con áreas protegidas.

9. A la OTECBIO, a que realice un proceso de identificación y definición de los indicadores de biodiversidad aplicables al país identificando indicadores de otras fuentes (diferentes al CDB) que podrían ampliar la información nacional. Asimismo, apoyar al Proyecto Inventario Forestal Nacional para dar continuidad al uso de los indicadores de biodiversidad forestal utilizando la información del primer inventario y de los que prosigan, creando así un sistema de monitoreo nacional de biodiversidad forestal por medio de los indicadores del CDB, utilizando como punto de partida el presente estudio.

#### IV. BIBLIOGRAFÍA

1. Burley, Jeffery. 2002. «Panorámica de la diversidad biológica forestal». *Unasyva* [Roma]. 53 (210): 3 - 9.
2. Carrera, José Román. 2000. *Tesis Mag. Sc.: Evaluación de indicadores para el Monitoreo y evaluación de concesiones forestales en Petén, Guatemala*. Turrialba, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Estudios - CATIE-. 150 págs.
3. Castañeda, C.; O. Castañeda y S. Gramajo. 1995. *Importancia de la biodiversidad en el desarrollo de la sociedad guatemalteca, Ponencia del Primer Congreso Nacional Sobre Biodiversidad de Guatemala*. Guatemala, Publicación de la Facultad de Agronomía de la Universidad San Carlos -FAUSAC-. 24 págs.
4. *Convenio de Diversidad Biológica, Textos y Anexos*. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). Nairobi, Editorial de PNUMA. 41 págs.
5. *Convenio sobre Diversidad Biológica*. 2002. Consejo Nacional de Biodiversidad de México - CONABIO-. México.  
[http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion\\_internacional/doctos/cdb.html](http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/cdb.html)
6. Córdova, A. 2002. *Tesis de Ing. Agr. En Recursos Naturales Renovables: Estimación de Biomasa Carbono para Pinus oocarpa Schide, Pinus maximinoi H.E. Moore y Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis en algunos bosques naturales de Guatemala*. Guatemala, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala -FAUSAC-. 60 págs.

7. *Directrices de la OIMT para la conservación de la diversidad biológica en Los bosques tropicales de producción*. 1993. Organización Internacional de Maderas Tropicales -OIMT-. Yokohama, Serie de desarrollo de políticas OIMT No. 5. 20 págs.
8. *Estrategia Nacional para la conservación y el uso sostenible de la Biodiversidad y Plan de Acción Guatemala*. 1999. Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA). Guatemala, Editorial Serviprensa. 129 págs.
9. *Evaluación de los recursos forestales mundiales - Informe principal*. 2002. Food and Agricultural Organization (FAO). Roma, FAO. 320 págs.
10. Ferreira, O. 1994. *Manual de Inventarios Forestales*. 2ª edición. Siguatepeque, ESNACIFOR. 97 págs.
11. Gálvez, Juventino. 1997. *El caso de Guatemala con énfasis en los bosques naturales del Departamento de Petén. Presentado en el Taller de Comercialización de recursos tropicales maderables no tradicionales de Centroamérica*. Turrialba, CATIE. 20 págs.
12. Govil K. 2002. *The conceptual frameworks for identification, assessment and aggregation of global variables and criteria for Global Forest Resources Assessment. Global Forest Resources Assessment: Concept Note. First meeting of Advisory Group to Global Forest Resources Assessment, October 14 - 18, 2002*. Nairobi Kenya. 6 págs.
13. Hunter, M.L. 1999. «Maintaining biodiversity in forest ecosystems». En *Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales*, de A. C. Newton y V. Kapos. Unasylva [Roma] 53 (210): 56 - 63.

14. Iremonger, S.; C. Ravillious y T. Quinton. 1997. «A statistical analysis of Global forest conservation». En *A global overview of forest Conservation*, de S. Iremonger, C. Ravillious y T. Quinton. Cambridge, CIFOR y CMVC.
15. Kapos, Valerie, et al. 2001. *Forest Biodiversity Indicators*. Kenya, UNEP-WCMC-FRP-DFID. 12 págs.
16. Kapos, V.; I. Lysenko y R. Lesslie. 2000. «Assessing forest integrity and naturalness in relation to biodiversity». En *Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales*, de A. C. Newton y V. Kapos. *Unasyuva* [Roma] 53 (210): 56 - 63.
17. Kleinn, C. 2002. «Nuevas Tecnologías y Metodologías para Inventarios Forestales Nacionales». *Unasyuva* [Roma] . 53 (210) : 25 - 34.
18. Kleinn C. 1998. *Curso de Muestreo, Apuntes de clase*. Turrialba, Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza -CATIE-.
19. Lee, Glenda. 2002. *Tesis de Ing. Agr. En Recursos Naturales Renovables: Estudio preliminar para la estimación de biomasa y cuantificación de carbono para Vochysia guatemalensis, Calophyllum brasiliense y Cibistaxdonnel-smithii en bosques naturales de Guatemala*. Guatemala, Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala -FAUSAC-. 75 págs.
20. Louman, B., D. Quirós y M. Nilsson. 2001. *Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con énfasis en América Central*. Turrialba, CATIE. 265 págs.
21. Nasi, R., et al 2002. « Los incendios forestales y la diversidad biológica». *Unasyuva* [Roma]. 53 (210): 36 - 40.

22. Newton, A. C. y V. Kapos. 2002. «*Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales*». Unasylva [Roma]. 53 (210): 56 - 64.
23. Noss, E. F. 1990. « Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical Approach ». En *Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales*, de A .C . Newton y V. Kapos. Unasylva [Roma] 53 (210): 56 - 63.
24. Pérez, G. *Resumen de la metodología y resultados para la realización del mapa de cobertura forestal 1999 de Guatemala* . <http://www.inab.gob.gt>
25. Prabhu , R., *et al.* 1996 . « Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: Phase I. Final report. CIFOR, Yakarta». En *Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales* , de A. C. Newton y V. Kapos. Unasylva [Roma] 53 (210): 56 - 63.
26. Ramírez , Carla . 2002 . *Inventario Forestal Nacional , Boletín Informativo*. Guatemala , Plan de Acción Forestal para Guatemala -PAFG- . 8 págs.
27. Ramírez, Carla. 2003. *Metodología del Inventario Forestal Nacional de Guatemala* . Guatemala , Plan de Acción Forestal para Guatemala. 21 págs.
28. Ramírez, Carla y R. Rodas. 2002. *Manual de campo del Inventario Forestal Nacional*. Guatemala, Plan de Acción Forestal para Guatemala. 36 págs.
29. *Recommendations for a core set of indicators of biological diversity*. 1997. Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB). Canadá, Secretaría del CDB. 9 págs.

30. Reid, W.V. et al. 1993. « Biodiversity prospecting: using genetic resources for sustainable development ». En *Panorámica de la Diversidad Biológica Forestal*, de J. Burley. Unasylyva [Roma] 53 (209): 3 - 9.
31. Rodríguez, J. y L. Pratt. 1998. *Potencial de Carbono y Fijación de Dióxido de Carbono de la Biomasa en Pie por Encima del Suelo en los Bosques de Guatemala*. Guatemala, Centro Latinoamericano para la Competitividad y el Desarrollo Sostenible -CLACDS-. 51 págs.
32. Scheaffer, R. y W. Mendenhall . 1987. *Elementos de muestreo*. 3ª edición. México D.F., Grupo Editorial Iberoamérica. 321 Págs.
33. *Séptima reunión del Organismo Subsidiario de Asesoramiento Científico, Técnico y Tecnológico*. 2001. Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB). Montreal, Secretaría de CDB. 21 págs.
34. Stork, N.E., et al 1997. « Criteria and indicators for assessing the sustainability of forest management: conservation of biodiversity, CIFOR Working Paper No. 17 ». En *Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales*, de A. C. Newton y V. Kapos. Unasylyva [Roma] 53 (210): 56 - 63.
35. Turner, S. J. 1995 . « Scale, observation and measurement: critical choices for biodiversity research ». En *Indicadores de la biodiversidad en los inventarios forestales nacionales*, de A. C. Newton y V. Kapos. Unasylyva [Roma] 53 (210): 56 - 63.
36. Vanclay, J. K. 1998. « Towards a more rigorous assessment of biodiversity ». En, *Assessment of biodiversity for improved forest planning*, de P. Bachmann, M. Köhl y R. Päivinen. Dordrecht,

Kluwer Academic Publishers. Págs. 211-232.

37. Wijewardana, D. ; S. J. Caswell y C. Palmberg - Lerche. 1997. *XI Congreso Forestal Mundial, Ponencia sobre criterios e indicadores*. Turquía.

(<http://www.fao.org/montes/foda/wforcong/PUBLIV6/T0S/1-12.HTM#TOP>)

## VIII. APÉNDICES

### A. Definiciones de FAO

Nivel 1	
<b>Bosque</b>	Tierra con una cubierta de copa (o su grado equivalente de espesura) de más del 10 por ciento del área y una superficie superior a 0,5 hectáreas (ha). Los árboles deberían poder alcanzar una altura mínima de 5 metros (m), más del 10% del DAP a su madurez <i>in situ</i> , con copa y fuste bien definida. Puede consistir ya sea en formaciones forestales cerradas, donde árboles de diversos tamaños y sotobosque cubren gran parte del terreno; o formaciones forestales abiertas, con una cubierta de vegetación continua donde la cubierta de copa sobrepasa el 10 por ciento. Dentro de la categoría de bosque se incluyen todos los rodales naturales jóvenes y todas las plantaciones establecidas para fines forestales, que todavía tienen que crecer hasta alcanzar una densidad de copa del 10 por ciento o una altura de 5 m. También se incluyen en ella las áreas que normalmente forman parte del bosque, pero que están temporalmente desarboladas, a consecuencia de la intervención del hombre o por causas naturales, pero que eventualmente volverán a convertirse en bosque. <u>Incluye:</u> viveros forestales y huertos semilleros que forman parte integral del bosque; caminos forestales, senderos talados, rondas cortafuegos y otras pequeñas áreas abiertas; bosques que integran parques nacionales, reservas de la naturaleza y otras áreas protegidas que sean de interés espiritual, cultural, histórico o científico; barreras cortavientos y cinturones de protección formados con árboles, con una superficie superior a 0,5 ha y un ancho mayor a 20 m; plantaciones utilizadas principalmente para fines forestales, incluidas las plantaciones de árboles de caucho y rodales de alcomoque; <u>Excluye:</u> Tierras donde el uso principal sean las prácticas agropecuarias.
<b>Otras tierras arboladas</b>	Estas abarcan ya sea tierras donde la cubierta de copa (o su grado de espesura equivalente) tiene entre 5 y 10 por ciento de árboles capaces de alcanzar una altura de 5 m a su madurez <i>in situ</i> ; o tierras con una cubierta de copa de más del 10 por ciento (o su grado de espesura equivalente) en la que los árboles no son capaces de alcanzar una altura de 5 m a su madurez <i>in situ</i> (por ej. árboles enanos o achicados); o aquellas donde la cubierta arbustiva abarca más del 10 por ciento.
<b>Otras tierras</b>	Tierras no clasificadas como forestales u otras tierras boscosas especificadas más arriba. Incluye tierras agrícolas, praderas naturales y artificiales, terrenos con construcciones, tierras improductivas, etc.
<b>Aguas interiores</b>	Superficie ocupada por ríos, lagos y embalses importantes.
<b>Nivel 2</b>	
<b>Latifoliado</b>	Bosque con más del 70% de especies latifoliadas
<b>Coníferas</b>	Bosques con más del 70% de especies coníferas

Mixto	Bosque compuesta por un 30 a 70% de especies latifoliadas y coníferas
<b>Nivel 3</b>	
Primario/Maduro	Bosque sin intervención humana significativa en los últimos <u>50 años</u> . Con un ancho mínimo de 20 m. (dominan los fustales)
Secundario avanzado	Bosques con alturas > de 5 m y que aún no han llegado a su estado de madurez. Con un ancho mínimo de 20 m. (dominan los latizales)
Secundario joven	Bosque con alturas < de 5 m y con un ancho mínimo de 20 m. (dominan los brinzales).
Plantaciones	Rodales forestales establecidos mediante la plantación y/o siembra durante el proceso de forestación o reforestación.
Bosques de galería	Bosques maduros o secundarios que se encuentran a la orilla de los ríos, que se caracterizan por tener un ancho entre 20 y 60 m.
Arbustos	Plantas leñosas con uno o varios troncos que no alcanza los 5 m de altura en su madurez.
Pastos naturales arbolados cc: 5-10%	Vegetación de crecimiento natural de gramíneas y herbáceas arbustivas, con algunos árboles dispersos, cobertura de copas entre 5-10%
Sistema de barbecho	Complejos de vegetación boscosa derivados de la tala del bosque natural para la agricultura migratoria. Está formado por un mosaico en distintas fases de reconstitución e incluye trechos de bosques no talados.
Humedal	Tierra cubierta periódicamente por agua y dominada por gramíneas
Suelo desnudo	Áreas donde no crece la vegetación y el suelo está compuesto de arena y rocas
Pastos naturales cc: < 5%	Vegetación con crecimiento natural de gramíneas y herbáceas arbustivas, con algunos árboles dispersos, cobertura de copas de árboles menor al 5%
Cultivos anuales	Plantas que se cultivan en cierta época del año y se cultivan anualmente, incluye la tierra en preparación.
Cultivos perennes	Cultivos como café, cacao, palmas, bambú, etc.
Potreros	Pastos sembrados con fines ganaderos
Áreas urbanas	Áreas pobladas con construcciones significativas de concreto
Poblaciones rurales	Áreas pobladas con construcciones dispersas en el campo
<b>Nivel 4</b>	
Cerrado cc:>70%	Cobertura de copas mayor al 70%
Medio cc:40-70%	Cobertura de copas entre el 40 y 70 %
Abierto cc:10-40%	Cobertura de copas entre el 10 y 40%
AFB grupos de árboles	Grupos de árboles fuera del bosque, menores de 0.5 ha
AFB cc: < 5%	Árboles fuera del bosque con cobertura de copas menor al 5%
AFB cc: 5 - 10%	Árboles fuera del bosque con cobertura de copas entre 5 y 10%
AFB cc: 10 - 40%	Árboles fuera del bosque con cobertura de copas entre 10 y 40%
AFB cc: > 40%	Árboles fuera del bosque con cobertura de copas mayor al 40%

## **B. Metodología propuesta para fragmentación por medio de ArcInfo.**

A continuación se presenta la metodología proporcionada por Ian May (Director de GIS de UNEP-WCMC) con la cual se realizó un estudio de fragmentación en Ecuador. Esta metodología está basada en datos MODIS de cobertura de árboles, los cuales tienen una resolución espacial de 1 km. El análisis se hizo con ArcINFO 8.2 Workstation Grid extension. Los datos se presentan tal como fueron enviados (en inglés) para evitar errores de interpretación al traducir.

### Patch Size (PS)

Patch Size represents the area of connected forest in a patch, connections were made on the horizontal, vertical and diagonal axis. The aml used to do this is written out below.

```
reg_group_40 = regiongroup(for_40_1, #, EIGHT, WITHIN, #, #) //this
grid has an individual value for each patch
ps\equ_ps = reg_group_40.count // this grid gives each cell a value relating to
the number of cells in its patch
ps\equ_ps_sc = int(con(((ps\equ_ps >= 40) & (ps\equ_ps <= 1200)),
(float(ps\equ_ps - 40) / 1160) * 100), (ps\equ_ps < 40), 0, (ps\equ_ps
> 1200), 100)) //this grid scales the patch sizes between 0 and 100 all patches
between 0 and 10km2 in size are classified as 0 and all those above 300km2
are classified as 100. Those between 10 and 300km2 are scaled between 0 and
100.
```

### Local Forest Density (SF)

Local Forest Density represents the density of forest in relation to non-forest. For this all cells of the original modis dataset with a value over 40% were classified as 1 and all those less than 40 and not no data were classified as 0. Local density was then assessed as a mean of the values of the cells in a 5 km radius giving a value between 0 and 1.

```
for_40_1 = con((original\equ_proj_sml >= 40), 1) // this is a grid where all forest  
over 40% Canopy cover was classified as 1  
for_40_10 = con((original\equ_proj_sml >= 40), 1,  
(original\equ_proj_sml < 40), 0) // this is a grid where all forest over 40% canopy  
cover is classified as 1 and all the cells with less than 40% canopy cover is  
classified as 0.  
sf\equ_sf = con((for_40_1 == 1), focalmean(for_40_10, circle, 10,  
DATA)) //this grid contains values for the local forest density for all forested cells  
in relation to the cells surrounding them in 5km.  
sf\equ_sf_sc = int((sf\equ_sf * 100)) //this grid represents the mean  
local forest density scaled between 0 and 100
```

### Connectivity (CF)

Connectivity represents the the connectivness of forest through forest to core forest. Core forest is defined as forested Areas with a local forest density over 60% in patches greater than 100km<sup>2</sup> taken from the previous metric. all forest that is not connected to the core and forest over 18km away from the core is classified as 0 and core forest is classified as 100.

```
cf\equ_sf60 = con((sf\equ_sf >= 0.6), 1) //this grid has values of 1 for all forest  
over 60%  
cf\equ_sf60reg = regiongroup(cf\equ_sf60, #, EIGHT, WITHIN, #, #) //  
this grid contains a unique value for each core forest patch  
cf\equ_core = con((cf\equ_sf60reg.count >= 400), 1) //this grid contains all  
forest defined as core with patch size over 100km2  
cf\equ_cf = costdistance(cf\equ_core, for_40_1, #, #, #, #) //this grid contains  
values for forest in terms of there distance through forest to core forest in  
meters  
cf\equ_cf_sc = int(con((cf\equ_cf_int < 18000), (100 -  
(((float(cf\equ_cf_int)) / 18000) * 100)), (cf\equ_cf_int >= 18000),  
0)) //this grid contains the scaled values with all forest cells over 18km and not  
connected to core forest defined as 0 and all core forest defined as 100
```

### Distance from Edge (DE)

This metric represents the distance of forest from a nonforested cell in a straight line.

```
delequ_de = con((for_40_1 == 1), eucdistance(for_40_0)) //this grid contains
values in terms of distance in metres of forest from non-forest
delequ_de_int = int(delequ_de) // this grid contains all the above values as
integers
delequ_de_sc = int(con((delequ_de_int < 18000),
(((float(delequ_de_int)) / 18000) * 100), (delequ_de_int >= 18000),
100)) //this grid contains the scaled values for distance from edge where all
forested cells over 18km from the edge are classified as 100 and those next to
the edge are classified as 0.
```

### Final Metric

The final Metric was created using the Patch Size, Local Forest Density and Connectivity Grids using the following formula

```
equ_index = ((0.25 * pslequ_ps_sc) + (0.25 * sflequ_sf_sc) + (0.5 *
cflequ_cf_sc))
```

## A. Estimadores Estadísticos Para El Análisis De Datos

Para realizar los cálculos de los estimadores se utilizará la siguiente notación:

$N$  = número de parcelas en la población

$L$  = número de estratos

$N_h$  = número de conglomerados en el estrato  $h$

$n$  = número de parcelas seleccionados en una muestra irrestricta aleatoria

$n_h$  = tamaño de la muestra en el estrato  $h$

$\gamma_i$  = total de todas las observaciones en el estrato  $h$

$y_h$  = Estimador de la media del estrato  $h$

$\bar{y}$  = Estimador de la media poblacional

$N\bar{y}_r$  = Estimador del total poblacional

### ESTIMADORES MUESTREO ALEATORIO SIMPLE (para cada estrato)

El muestreo por conglomerados puede considerarse como un muestreo sistemático, es por ello que se pueden utilizar estimadores del muestreo irrestricto aleatorio. (Kleinn 1998). Los estimadores que se utilizarán deben aplicarse por separado para cada estrato y luego se realizarán las estimaciones totales por estrato.

#### Estimador de la media $\mu_h$

$$\mu_h = \bar{\gamma}_h = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

#### Varianza estimada de $\bar{\gamma}_h$

$$\hat{V}(\bar{\gamma}_h) = \frac{s_h^2}{n_h} \left( \frac{N_h - n_h}{N_h} \right)$$

donde,

$$s_h^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n\bar{y}^2}{n-1}$$

**Límite para el error de estimación de  $\bar{y}_h$**

$$2\sqrt{\hat{V}(\bar{y}_h)} = 2\sqrt{\frac{s_h^2}{n} \left( \frac{N-n}{N} \right)}$$

**Estimador del total por estrato  $\tau_h$**

$$\hat{\tau}_h = N\bar{y}_h = \frac{N_h \sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

**Varianza estimada de  $\hat{\tau}$**

$$\hat{V}(\hat{\tau}_h) = \hat{V}(N\bar{y}_h) = N_h^2 \left( \frac{s^2}{n} \right) \left( \frac{N-n}{N} \right)$$

**Límite para el error de estimación de  $\hat{\tau}$**

$$2\sqrt{\hat{V}(N\bar{y}_h)} = 2\sqrt{N_h^2 \left( \frac{s^2}{n} \right) \left( \frac{N-n}{N} \right)}$$



**Límite para el error de estimación de  $\hat{\tau}_y$**

$$2\sqrt{\hat{V}(\hat{\tau}_y)} = 2\sqrt{\hat{\tau}_x^2 \left( \frac{N-n}{nN} \right) \left( \frac{1}{\mu_x^2} \right) \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - rx_i)^2}{n-1}}$$

## **ESTIMADORES DEL TOTAL POBLACIONAL**

**Estimadores de la media poblacional  $\mu$**

La media muestral es un buen estimador de la media poblacional.

$$\bar{y}_{st} = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^L N_h \bar{y}_h$$

**Varianza estimada de  $\bar{y}$**

$$\hat{V}(\bar{y}_{st}) = \sum_{h=1}^L \left( \frac{N_h}{N} \right)^2 \hat{V}(\bar{y}_h)$$

**Límite para el error de estimación de  $\bar{y}$**

$$2\sqrt{\hat{V}(\bar{y}_{st})}$$

**Estimador del total poblacional  $\hat{\tau}$**

$$\hat{\tau} = \sum_{h=1}^L \hat{\tau}_h$$

**Varianza estimada de  $\hat{\tau}$**

$$\hat{V}(\hat{\tau}) = N^2 \hat{V}(\bar{y}_{st})$$

**Límite de error de estimación de  $\hat{\tau}$**

$$2\sqrt{\hat{V}(\hat{\tau})}$$

## **B. Fotografías tomadas durante el levantamiento de las parcelas del IFN**



**Fotografía 3.** Levantamiento de la Unidad de Muestreo 20.



**Fotografía 2.** Recopilación de información por medio de entrevistas.



**Fotografía 3.** Indicios de incendio en la base de los árboles de la Unidad de muestreo 12.



**Fotografía 4.** Levantamiento de parcela en Sierra Lacandón, Petén.



**Fotografía 5.** Daños ocasionados por efectos naturales en la vegetación del bosque, en este caso el paso una fuerte oleada de viento en Sierra Lacandón, Petén.

### E. Taller de consulta sobre los indicadores de biodiversidad forestal.

El taller se realizó el 25 de septiembre en el salón Ivo Bockor en las instalaciones del Instituto Nacional de Bosques. El objetivo del taller fue informar sobre el presente estudio, así como obtener opiniones, comentarios y sugerencias sobre los indicadores de biodiversidad forestal del Convenio de Diversidad Biológica, sobre el manejo de las variables del Inventario Forestal Nacional y sobre otros posibles indicadores o variables que se podrían tomar en cuenta. Las personas que participaron en el taller se presentan a continuación:

NOMBRE	INSTITUCIÓN
Pedro Pineda	IARNA-URL
Reginaldo Reyes Rodas	Consultor Independiente
Ebal Abdiel Sals	Programa Forestal Nacional
Gerónimo E. Pérez I.	DSI - INAB
Mario Díaz	CEFE - INAB
Luis R. Montes	IFN
Rodrigo Rodas	IFN
Carla Ramírez Zea	IFN
Oscar M. Nuñez	UVG - Defensores

A cada uno de los indicadores a discutir se le realizó una prueba con las parcelas del departamento de Petén obteniendo resultados preliminares los cuales fueron sometidos a consulta. A continuación se presentan los indicadores discutidos y las recomendaciones y comentarios obtenidos para cada uno:

- **Sobre los indicadores en general:**

Algunos indicadores son importantes a nivel nacional y otros a nivel internacional. Se comentó que sería conveniente revisar los indicadores del FSC para ver si son más aplicables al país que los del CDB, sin embargo estos indicadores son utilizables únicamente a escala de unidad de manejo y no a nivel nacional, como se busca en el presente estudio. Se recalcó por parte de los participantes la importancia de este tipo de estudios debido a la carencia de información actual sobre biodiversidad.

**1. Porcentaje de superficie con límites claramente definidos.** Para este indicador se discutió que lo mejor sería responderlo con datos de catastro. Se recomendó especificar que este indicador se refiere a Superficie forestal. El inventario puede proporcionar información relacionada con el tema del indicador, como los datos del tipo de tenencia de la tierra. Para esta variable del inventario se recomendó que se debería identificar claramente si existe algún tipo de problema. Se podría comparar la información del inventario con la de catastro o de registros municipales. También se recomendó la incorporación en el inventario de una variable específica para leña.

Conclusión: La información que pide el indicador es muy específica y el inventario no lo puede responder adecuadamente; sin embargo se debe proporcionar la información de tenencia de la tierra la cual sería útil.

**2. Porcentaje de bosques manejados para la producción de leña (bosques energéticos).** Este indicador se considera muy importante a nivel nacional ya que la leña aún es muy importante para muchas familias rurales del país. Sería interesante que el inventario proporcionara qué especies arbóreas están siendo utilizadas con ese fin, para poder establecer las especies potenciales para bosques energéticos. Con la información del inventario se podría ampliar lo que pide este indicador, proporcionando en volumen potencial de leña, el cual podría compararse con el volumen de madera. El inventario no puede responder a la superficie de bosque manejada para leña por lo que se recomendó la eliminación de esa palabra en el indicador, o bien aclarar que el porcentaje de superficie respondido por el inventario es potencial y no la real. Actualmente existen en el país muy pocos bosques manejados para la producción de leña, por lo que la intensidad del inventario es muy baja para este tipo de información.

Conclusión: Este indicador es de importancia nacional por lo que aunque el inventario no responda exactamente el indicador, es importante que se de la información de superficie y volumen potencial.

**3. Porcentaje de superficie forestal afectada por efectos antropogénicos (aprovechamiento, tala de subsistencia).** La superficie afectada por incendios forestales es una variable que debe utilizarse ya que el mayor porcentaje de estos siniestros son provocados intencionalmente por el hombre. La variable de tocones también puede ser útil pero hay que formar categorías de las densidades de tocones en los bosques. Se comentó que los claros podrían ser otra variable a tomar en cuenta, sin embargo estos serían útiles sólo para bosques latifoliados primarios ya que en los otros tipos de bosque es muy difícil identificar los claros así como su causa. Los resultados podrían presentarse en porcentajes para cada una de las variables. Otras variables que podrían tomarse en cuenta son la leña y la presencia de caminos para el aprovechamiento. También se discutió la variable del inventario llamada "grado de perturbación", la cual se rechazó por ser muy subjetiva al aplicarse en el campo.

Conclusión: Utilizar la variable de incendios forestales y tocones, para esta última formar categorías de las distintas densidades.

**4. Volumen anual de madera y superficie aprovechada por comunidades indígenas de bosques naturales y plantaciones.** Según los participantes del taller este dato es difícil de obtener con el inventario y es de poco interés para el país. Se propone cambiarle el enfoque al indicador, cambiándole el nombre por "extensión de bosques de manejo comunitario". Sin embargo, aunque se modificara el indicador la intensidad del inventario podría dar poca información, por lo que se recomienda que si se quiere utilizar este indicador es necesario aumentar la intensidad de muestreo. Las variables que se podrían tomar en cuenta son los tocones y el formulario de entrevistas.

Conclusión: No tomar en cuenta este indicador para el análisis actual, en caso de tomarse con el próximo inventario utilizar la variable de tocones y la entrevista.

**5. Intensidad del aprovechamiento de la madera.** Se comentó que era adecuado el uso de tocones para proporcionar esta información. Sería interesante que el inventario mostrara las especies aprovechadas (las especies de cada tocón), sin embargo se comentó que esta información sí es posible darla pero lleva la incertidumbre de la persona que identificó el tocón. Sería bueno tener un valor de referencia nacional e internacional con que comparar el dato que proporciona el inventario.

Conclusión: Utilizar los tocones como variable y comparar con otra información de referencia.

**6. Propuesta para dar información de complejidad espacial.** Se recomendó agrupar de otra forma los bosques para disminuir el número de niveles de los tipos de bosques del inventario, se proponen los siguientes niveles: bosque primario maduro, bosque primario medio y bosque secundario (para los tres tipos de bosque: latifoliado, conífera y mixto). Se podría obtener el área basal promedio para cada tipo de bosque para verificar si se identificó adecuadamente cada tipo de bosque. El porcentaje de cobertura de copa para cada tipo de bosque es una información bastante útil para la biodiversidad y lleva implícita la información de estructura por lo cual se recomienda no tomar en cuenta esta variable.

Conclusión: Reagrupar las categorías de bosque y comparar con área basal promedio por tipo de bosque.

## F. Metodología detallada para cada indicador

No.	Indicador	Metodología
1	<i>Total de superficie forestal.</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En la base de datos se deben filtrar en Excel las clases de uso de la tierra que pertenezcan a bosque. Antes de filtrar los usos debemos de cambiarle la letra "B" al uso barbecho convirtiéndolo en "X" (con la fórmula =SI((celda="B"),"X", celda)) y colocar los usos de la tierra corregidos en otra columna. Esto se hace con el propósito de poder agregar un filtro personalizado que separe todos los usos que comiencen con B, o sea los correspondientes a bosque evitando tomar en cuenta los barbechos (que se consideran otras tierras arboladas y no bosques).</li> <li>2. Luego se suman las superficies en hectáreas en la columna de superficie de las clases de uso de la tierra.</li> <li>3. Para el cálculo de superficie total se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).</li> </ol>
2	<i>Total de superficie forestal como porcentaje de la superficie total del país</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Utilizar el total de superficie del país como 100%.</li> <li>2. Con el total de superficie forestal obtenido en el indicador 1, hacer una regla de tres simple para obtener el porcentaje de superficie forestal en el país.</li> </ol>
3	<i>Porcentaje de superficie protegida del total de superficie con bosque.</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En ArcView abrir el shape de Áreas Protegidas y el shape de fusión de todas las unidades de muestreo del inventario Forestal Nacional. Seleccionar fusión.shp e ir a <i>Theme/Select by theme...</i>, en la ventana que aparece elegir <i>Are completely with</i> y escoger el shape de Áreas Protegidas; luego presionar el botón de <i>Add to sel</i>. Este procedimiento hará que se seleccionen las unidades de muestreo que se encuentren dentro de algún área protegida.</li> <li>2. Luego hay que convertir las unidades de muestreo seleccionadas en una nueva shape. Para esto se busca en la barra de herramientas <i>Theme/Convert to shapefile</i> y se le asigna un nombre (por ejemplo, IFN-AP.shp). A esta nueva shape le calcula la superficie de cada uso de la tierra, en <i>Xtools/ Calculate area, perimeter, length, acres, hectares</i>.</li> <li>3. Luego se pasa la base de datos de esta shape a Excel, mediante <i>Xtools/ Export Table to Excel Spreadsheet</i>. En Excel se repite el procedimiento del indicador 1 para discriminar al uso barbecho ("B") y luego se filtran las clases de uso de la tierra correspondientes a bosque.</li> <li>4. Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener la superficie total de bosque dentro de áreas protegidas. Con este dato obtenemos el porcentaje con respecto al valor reportado en el indicador anterior (Apéndice C).</li> </ol>
4	<i>Extensión de rodales mixtos.</i>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.</li> <li>2. En la base de datos de Excel, formulario F3-a se filtran todas las Clases de Uso de la tierra diferentes a bosques, a pasto natural arbolado (Pna) y a humadales (H). Luego se filtran las clases en las que el Código 9 "Porcentaje de cobertura de copas (TROF)" posean los numerales 4, 5 y 6. Estos numerales indican que la cobertura</li> </ol>

		<p>de copas es igual o mayor al 10%.</p> <p>3. Se suman las superficies de estos usos de la tierra. Posteriormente se obtiene el total poblacional por medio del estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).</p>
5	<b>Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (primario, secundario o plantación).</b>	<p>1. En la base de datos, formulario 3-a, se filtra cada tipo de bosque nivel 2 (latifoliado, coníferas y mixto). Se suman los totales para cada tipo de bosque y se utiliza estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C). Se toma como total la superficie forestal calculada en el indicador 1 (100%). En base a este dato obtenemos el porcentaje de cada tipo de bosque.</p> <p>2. Luego se realiza el mismo procedimiento con el nivel 3 (primario, secundario avanzado, secundario joven, bosque de galería y plantaciones).</p>
6	<b>Porcentaje de superficie con límites claramente definidos.</b>	<p>1. Se utiliza el formato F3-a de la base de datos. En la columna de Código 8 "Tenencia de la tierra" se filtran las clases de uso de la tierra (Cut's) para cada uno de los numerales.</p> <p>2. Se obtiene la superficie total y el porcentaje para cada tipo de tenencia de la tierra, utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C).</p>
7	<b>Porcentaje de bosques manejados para la producción de leña (bosques energéticos).</b>	<p>1. En el formulario F3-b (o F-7) de la base de datos, el cual corresponde a la entrevista, se filtran las parcelas en las que como producto se extrae leña.</p> <p>2. Las parcelas filtradas se identifican en el formulario 3-a. Luego se filtran las parcelas pertenecientes a bosque, según la metodología el indicador 1.</p> <p>3. Posteriormente por medio del estimador poblacional del muestreo aleatorio simple se obtiene la superficie total potencial para leña (Apéndice C).</p> <p>4. En el formulario 5 se filtran los árboles utilizados para leña. Por medio de las siguientes fórmulas se obtiene el volumen de cada árbol:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Para <i>Cupressus lusitanica</i> Miller, la fórmula de Roland Peters  <math display="block">V = 0.0134651922 + 0.0000289134*(D^2*h)</math> </li> <li>o Para latifoliadas, la fórmula de Koper  <math display="block">V = 0.108337266 + 0.000046499*(D^2*h)</math> </li> <li>o Para <i>Pinus ayacahuite</i>, la fórmula de Roland Peters  <math display="block">V = -0.0197725259 + 0.0000288708*(D^2*h)</math> </li> <li>o Para <i>Pinus maximinoii</i>, la fórmula de Roland Peters  <math display="block">V = 0.0044171177 + 0.0000285570*(D^2*h)</math> </li> <li>o Para <i>Pinus montezumae</i>, la fórmula de Roland Peters  <math display="block">V = -0.0229946375 + 0.0000277515*(D^2*h)</math> </li> <li>o Para <i>Pinus oocarpa</i>, la fórmula de Roland Peters</li> </ul>

		$V = -0.0484361649 + 0.0000279866*(D^2*h)$ <ul style="list-style-type: none"> <li>o Para <i>Pinus pseudostrabus</i>, la fórmula de Roland Peters  <math display="block">V = 0.0050811768 + 0.0000286052*(D^2*h)</math></li> <li>o Para <i>Pinus rudis</i>, la fórmula de Roland Peters  <math display="block">V = -0.0179835819 + 0.0000283104*(D^2*h)</math></li> </ul> <p>Dónde,                  D = diámetro a la altura del pecho                  V = volumen                  h = altura total</p> <p>La fórmula utilizada para latifoliadas es general por lo que lleva implícita errores de estimación.</p> <p>5. Utilizando el estimador poblacional de razones se obtiene el volumen potencial de leña del país (Apéndice C).</p>
8	<b>Porcentaje de bosque manejado para la recreación y el turismo en relación al total de superficie con bosque.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se utiliza el formulario F3-b y F-7, los cuales corresponden a la entrevista.</li> <li>2. Se separan las parcelas en las que se mencione que al área se le da un uso turístico o de recreación, o sea que posean un número 1 en la columna de turismo/recreación de la entrevista.</li> <li>3. A las parcelas seleccionadas se filtran las que pertenezcan a bosque, según la metodología del indicador 1.</li> <li>4. Se usa el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie forestal con este uso (Apéndice C).</li> <li>5. Luego se obtiene el porcentaje de bosques utilizados para el turismo tomando como referencia la superficie de bosque total del resultado del indicador 1 (Total de superficie forestal).</li> </ol>
9	<b>Porcentaje de superficie forestal protegida por tipo de bosque, por edad, clase y etapa sucesional</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para responder al tipo de bosque se utiliza solamente las parcelas ubicadas dentro de áreas protegidas (las cuales pueden filtrarse con el shape de Áreas Protegidas en ArcView). Con estas parcelas se separan con filtros personalizados los tipos de bosque (latifoliada, coníferas y mixto) y se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie de cada tipo de bosque protegido. Luego se obtiene el porcentaje para cada tipo de bosque tomando como totales los resultados del indicador 6 (Apéndice C).</li> <li>2. Para responder a etapa sucesional se el mismo procedimiento descrito anteriormente, filtrando cada etapa sucesional (nivel 3).</li> </ol>
10	<b>Número y tamaño de incendios forestales.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La superficie afectada por incendio se obtiene utilizando en la base de datos el formulario F3-a. Primero se filtran las parcelas en las que ocurrió algún incendio, para esto se utiliza un filtro en la columna del Código 12 - "Tipo de Incendio" - y se separan los numerales diferentes a 1 (sin evidencia de incendio). Luego se busca la</li> </ol>

		<p>columna de "Distancia del Incendio al Carril Central", la distancia se multiplica por el ancho de parcela (20 m) para obtener así la superficie del incendio dentro de la parcela. Luego se suman todas las superficies para obtener el total de área incendiada dentro de las UM's. Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie incendiada (Apéndice C).</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Se puede obtener el porcentaje del tipo de incendio utilizando el Código 12 "Tipo de incendio". Se deben contar el total de incendios reportados en las parcelas lo cual será el 100%. Luego en Excel se filtra cada tipo de incendio para contabilizarlos y obtener un porcentaje para cada tipo.</li> <li>Con el Código 11 "Evidencia de incendios" se puede obtener un porcentaje por el tiempo en el que ocurrieron los incendios (menor a 1 año o mayor a 1 año) del total de incendios reportados en las parcelas. Es necesario sumar el total de incendios reportados en las parcelas, para lo cual se utiliza un filtro personalizado que incluya los numerales 2 (&lt;1 año) y 3 (&gt;1 año), dato que será el 100%. Luego se suma por separado la cantidad de 2 y de 1 y se obtiene el porcentaje de cada uno.</li> </ol>
11	<b>Intensidad del aprovechamiento de la madera.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Para obtener la intensidad del aprovechamiento de la madera se utiliza la variable tocones. Primero se obtiene la abundancia de tocones para cada tipo de bosque (latifoliado, mixto y conifera) en el formulario 5 sumando los tocones de cada clase de uso de la tierra. Se deben crear 3 categorías para las abundancias de tocones: 1, para clases de uso de la tierra con menos de 25 tocones por hectárea; 2, para clases de uso de la tierra con más de 25 y menos de 50 tocones por hectárea; y 3, para clases de uso de la tierra con más de 50 tocones por hectárea.</li> <li>Luego cada tipo de bosque se dividen en manejado y no manejado filtrando el código "Plan de manejo" en el formulario 3-a. Luego se aplica un filtro para cada categoría de abundancia de tocones, se suma la superficie de las clases de uso de la tierra filtradas y se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie por tipo de bosque, con o sin plan de manejo, para cada categoría de abundancia (Apéndice C).</li> <li>Luego se obtiene el porcentaje para cada tipo de bosque en relación al total presentado en el indicador 6 "Porcentaje de superficie forestal por tipo de bosque (primario, secundario o plantación)".</li> </ol>
12	<b>Porcentaje de la superficie forestal afectada por efectos antropogénicos (aprovechamiento, tala de subsistencia).</b>	<p>Para responder a este indicador hay tomar en cuenta la superficie afectada por incendios forestales y la superficie afectada por extracción de madera.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>El primer dato a tomar en cuenta es la superficie afectada por incendios la cual se obtiene con el indicador 10.</li> <li>El segundo dato se obtiene de la superficie afectada por la extracción de madera la cual se encuentra en el indicador 11.</li> </ol>
13	<b>Superficie reforestada</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>En el formulario 3-a de la base de datos, se separan en Excel con un filtro personalizado las clases de uso de la tierra que incluyan Pt ya que se refieren a que son plantaciones.</li> </ol>

		<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Luego se suman la superficie de estas Clases de uso de la tierra y se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie reforestada (Apéndice D).</li> </ol>
<p>14</p>	<p><b>Porcentaje de la superficie forestal afectada por desastres naturales.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. En la base de datos, se utiliza el formulario F3-a para filtrar las parcelas que pertenecen a bosque (ver metodología de indicador 1).</li> <li>2. Luego se filtra en la columna del Código 7 "Problemas ambientales", las Clases de Uso de la Tierra que corresponden a # 3 (sequia), 4 (inundación), 6 (Deslizamientos), y 9 (Pestes).</li> <li>3. Es necesario corroborar en el formulario F5 el daño en el árbol, o sea si ocurrió alguno de los problemas ambientales antes descritos debe de existir daño en la masa arbórea. También se pueden observar las fotos de los informes para ver el grado de daño.</li> <li>4. Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie afectada por algún tipo de desastre natural (Apéndice D).</li> <li>5. Posteriormente se obtiene el porcentaje de estas Clases de Uso de la Tierra tomando como total la cobertura forestal que da el indicador 1.</li> </ol>
<p>15</p>	<p><b>Razón de bosques manejados.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Para responder a este indicador se necesita obtener el porcentaje de la superficie de bosque manejado del total de superficie forestal. Para esto primero se filtran las clases de Uso de la Tierra pertenecientes a bosque (según el procedimiento indicado en el indicador 1).</li> <li>2. Luego se filtran las clases de Uso de la Tierra en las que el Código 15 "Plan de manejo" sea # 2 (Con plan de manejo).</li> <li>3. Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie de bosque manejado (Apéndice C).</li> <li>4. Se divide las superficies de bosque manejado/ bosque total. Un valor cercano a 1, se refiere a que la mayoría de bosque está bajo manejo y un valor cercano a 0 sería lo contrario.</li> </ol>
<p>16</p>	<p><b>Abundancia, densidad, área basal, cobertura relativa y absoluta de varias especies.</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se deben filtrar en el formulario 5 las siguientes especies: todos los pinos (<i>Pinus</i> sp.) , los encinos (<i>Quercus</i> sp.), cedro (<i>Cedrela odorata</i>) y caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) en un mismo grupo y las especies tropicales secundarias en otro grupo (Santa María - <i>Calophyllum brasiliense</i>-, Amapola - <i>Pseudobombax ellipticum</i>-, Cañaxan - <i>Terminalia amazonia</i>-, Cola de coche - <i>Pithecolobium arboreum</i>-, Madero Blanco - <i>Aspidosperma stegomeres</i>-, Madero Colorado - <i>Aspidosperma megalocarpon</i>-, Manchiche - <i>Lonchocarpus castilloi</i>-, Jobillo - <i>Astronium graveolens</i>- y Danto - <i>Vatairea lundellii</i>). Cada grupo de especies se trabaja por separado.</li> <li>2. Para obtener el área basal, se debe utilizar siguiente fórmula para cada árbol:</li> </ol>

		$g = \frac{\pi \times d^2}{4}$ <p>Donde:  g = área basal de un solo árbol  d = diámetro a la altura del pecho</p> <p>Luego se obtienen los totales de área basal por cada clase de uso de la tierra perteneciente a bosque.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Para obtener la densidad se crea una columna que ponga un 1 al lado de cada árbol. Luego se suma el número de árboles por cada clase de uso de la tierra perteneciente a bosque.</li> <li>Los datos de densidad y área basal son analizados por tipo de bosque (latifoliado, mixto y conifera) y por grupo de especies utilizando un estimador de medias de razones (Apéndice C).</li> </ol>
17	<b>Superficie auto-regenerada por tipo de bosque</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Para responder a este indicador se debe de ordenar la información por tipo de bosque (mixto, conifera y latifoliado).</li> <li>Luego se utiliza para cada tipo de bosque el formulario F3-a y se filtran las Clases de Uso de la Tierra que en el Código 20 "Origen de Regeneración" tengan los numerales 3 (Natural) y 5 (Rebrote).</li> <li>Luego se utiliza el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple para obtener el total de superficie auto-regenerada por tipo de bosque (Apéndice C).</li> <li>El dato obtenido será de regeneración de todos los bosques. Luego excluimos las clases de uso de la tierra correspondientes a bosques primarios y realizamos el mismo procedimiento.</li> </ol>
18	<b>Superficie auto-regenerada como porcentaje del total de superficie forestal</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Se toma la superficie forestal obtenida en el indicador 1 como el 100%.</li> <li>Se toma la superficie total obtenida en el indicador 18 y se obtiene el porcentaje con una regla de tres simple.</li> <li>También se puede obtener el porcentaje por tipo de bosque utilizando las superficies obtenidas en el indicador 18 y como totales los resultados del indicador 6.</li> <li>Luego se realiza el mismo procedimiento excluyendo el bosque primario.</li> </ol>
19	<b>Estimación del carbono almacenado.</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Para responder a este indicador hay que utilizar la información del formulario 5 –árbol. Primero se separa por medio de un filtro los árboles en dos grupos: árboles vivos y muertos. Para llevar a cabo esto, en el Código 35 "Condición fitosanitaria" se filtra el numeral 4 (muerto) para obtener el grupo de árboles muertos y los numerales 1,2 y 3 para árboles vivos.</li> <li>Se utilizan las siguientes fórmulas para estimar la biomasa: <ul style="list-style-type: none"> <li>Para latifoliadas, la fórmula de Glenda Lee (2002)</li> </ul> </li> </ol>

		$Y = e^{(3.852749 + (0.086911 * DAP) - (0.042662 * h) - (0.000406 * DAP^2) + (0.002021 * h^2))}$ <p>o Para latifoliadas, la fórmula de Lorena Córdoba (2002)</p> $Y = e^{(1.737076 + (0.147573 * DAP) + (0.082182 * h) - (0.00148 * h^2) + (0.00155 * DAP^2))}$ <p>Donde,                  Y = biomasa en kg                  DAP = diámetro a la altura del pecho                  h = altura total</p> <p>3. Para los árboles vivos se usan las ecuaciones de biomasa. Luego hay que dividir el resultado por 1000 para convertirlo a toneladas. Luego se multiplica por 0.5 ya que la literatura indica que en promedio la materia vegetal contiene 50% de carbono.</p> <p>4. Para los árboles muertos utilizar las mismas ecuaciones con la condición que se tome solamente en cuenta el 70% de la biomasa. Luego convertir los datos a toneladas de carbono.</p> <p>5. Luego se utiliza el estimador de razones (ver Anexos, Análisis Estadístico) para obtener el total de carbono almacenado por tipo de bosque.</p>
20	<i>Lista de flora y fauna.</i>	En el formulario 5 – árbol, se filtra especie por especie para ir obteniendo la lista de flora arbórea de Guatemala. Posteriormente se cuenta el número de especies arbóreas
21	<i>Propuesta para dar información de tipo de cobertura</i>	Se separa cada clase de uso de la tierra correspondiente a bosque hasta el nivel 4 (cerrado, medio, abierto y reciente). Sumando las superficies de cada una y utilizando el estimador poblacional del muestreo aleatorio simple (Apéndice C) se obtiene el total para cada clase de uso de la tierra.