



Departamento de Montes

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación



CATIE

Estudio Piloto para el Inventario Forestal Nacional en Costa Rica

Iniciativa de FAO FRA

por
Christoph Kleinn y Carla Ramírez, CATIE
Guido Chávez y Sonia Lobo, SINAC

Noviembre 2001

**Programa de Evaluación de los
Recursos Forestales Mundiales FRA**

**Documento de trabajo 66
Roma 2001**

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	4
INTRODUCCIÓN	5
OBJETIVOS DEL ESTUDIO PILOTO.....	5
PREPARACIÓN	6
COORDINACIÓN CON SINAC Y LA ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE APOYO	6
APLICACIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DEL USO DE LA TIERRA.....	6
PASO 1:.....	9
INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍA AÉREA	9
PROCEDIMIENTO	9
RESULTADOS	10
VALORACIÓN DE LA PRECISIÓN EN LA INTERPRETACIÓN DE LAS FOTOS AÉREAS	12
PASO 2:.....	13
INVENTARIO DE CAMPO	13
DISEÑO	13
VARIABLES	17
RESULTADOS	21
<i>Registro de campo de los atributos biofísicos</i>	<i>21</i>
<i>Tiempo consumido para el trabajo de campo.....</i>	<i>32</i>
<i>Comentarios generales</i>	<i>33</i>
<i>Comparación.....</i>	<i>33</i>
<i>Conclusión del paso 2.....</i>	<i>34</i>
<i>Estimación del almacenamiento de carbono</i>	<i>35</i>
REGISTRO DE LOS ATRIBUTOS DEL USO DEL BOSQUE.....	36
CONCLUSIONES.....	36
PRINCIPALES LECCIONES APRENDIDAS PARA TRANSFERIR A OTRAS REGIONES/ PAÍSES	39

APÉNDICES	43
ANEXO 1	44
<i>A1-1 Sistema utilizado para la clasificación del uso de la tierra.....</i>	<i>44</i>
<i>A1-2 Variables evaluadas y códigos (como en la base de datos).....</i>	<i>45</i>
<i>A1-3 Estructura de la documentación</i>	<i>50</i>
ANEXO 2 (DOCUMENTOS QUE VIENEN POR SEPARADO).....	51
<i>A2-1 Fotografías aéreas: interpretación y observaciones</i>	<i>51</i>
<i>A2-2 Manual de campo.....</i>	<i>51</i>
<i>A2-3 Juego de formularios</i>	<i>51</i>
<i>A2-4 Instrucciones para uso de gps.....</i>	<i>51</i>
<i>A2-5 Informe de discusión presentado a INBIO y SINAC en sept. 12, 2001</i>	<i>51</i>
<i>para iniciar discusión con las instituciones nacionales.</i>	<i>51</i>

Agradecimientos

La planificación e implementación de un inventario forestal es siempre un compromiso que depende de la dedicación y entusiasmo de muchos actores, en la oficina y en el campo.

Los autores desean expresar sus sinceros agradecimientos a nuestros colegas en CATIE quienes trabajaron directamente en el inventario GFS: Marco Chávez, Juan José Rodríguez, Alejandro Cedeño, y William Arreaga, a los consultores forestales costarricenses quienes llevaron a cabo el trabajo de campo: Jorge Fallas, Miguel García, Ignacio Retana, Manuel Solís, Alexis Romero, y Marco Chávez, y desde luego a todos sus colaboradores en el campo.

Y, nuestros agradecimientos van, por supuesto, a todos los propietarios de tierras contactados, quienes (en su mayoría) se mostraron extremadamente interesados y colaboradores en permitir el acceso a sus tierras, para realizar las mediciones de campo. Muchos de ellos, también respondieron a las entrevistas, permitiendo la colecta de información sistemática sobre su punto de vista en relación con el uso de los bosques y los recursos arbóreos.

Nuestros sinceros agradecimientos van también al equipo FRA en FAO por confiarnos este trabajo y por la permanente y eficiente retroalimentación. Extendemos nuestro particular agradecimiento al Sr. Mohamed Saket, nuestra contraparte directa, por una excelente cooperación y al Dr. Peter Holmgren, quien fue el Coordinador General.

INTRODUCCIÓN

El Inventario Forestal Piloto en Costa Rica (GFS) se llevó a cabo bajo una Carta de Acuerdo entre la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el Programa de Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales (FRA) el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), quien recibió el apoyo del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Esta es la autoridad costarricense encargada de los asuntos forestales, quien fue la principal contraparte en el ámbito nacional.

Basados en la idea del Programa de FRA de introducir nuevos enfoques para la generación de información mundial sobre el bosque y los recursos naturales, el proyecto se enfocó en el fortalecimiento de la capacidad de ejecución en el ámbito nacional, lo cual es considerado clave para mejorar la calidad de la información forestal.

En la mayoría de los países tropicales, incluyendo Costa Rica, es generalmente aceptada la necesidad de actualizar la información sobre los recursos forestales ; y Costa Rica es un país en el que se han llevado a cabo las correspondientes actividades para actualizar dicha información. En realidad, en este país, no existe deficiencia de información forestal. Sin embargo, esto es frecuentemente contradictorio, puesto que los llamados “Inventarios Forestales” provienen de estudios de mapeo basados únicamente en imágenes satelitales. Según los autores, recientemente no se han llevado a cabo estudios en el ámbito nacional que incluyan fases de campo, que permitan -realizar estimaciones de medidas forestales clásicas como composición de especies, área basal, volumen, biomasa o carbono almacenado.

Además, en el actual enfoque de la política forestal y planificación, se ve más y más la actitud de los propietarios de los bosques, por lo que ha sido considerado relevante, no solamente concentrarse en el levantamiento de atributos biofísicos tradicionales, sino que también, incluir como un nuevo componente de este ejercicio lo relacionado con atributos relacionados con el uso del bosque.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO PILOTO

El objetivo general es generar experiencias concretas instalando un inventario en el ámbito nacional que combine aspectos biofísicos y de uso de bosques, que pueda servir como ejemplo en otros países.

Bajo este objetivo general, se encuentran los principales objetivos técnicos:

Planificar, preparar, levantar, y analizar los atributos biofísicos de un inventario forestal de campo.

Establecer cooperación con instituciones en Costa Rica.

Generar capacidad técnica y sensibilización entre los expertos forestales nacionales acerca de evaluaciones forestales y técnicas de inventario forestal.

(Planificar, preparar, levantar, y analizar un inventario sobre los atributos de uso del bosque: esto, bajo la responsabilidad de un consultor externo).

PREPARACIÓN

Coordinación con SINAC y la organización del equipo de apoyo

La cooperación con SINAC fue continua como se describe en el informe de la primera Carta de Acuerdo. Todas las decisiones importantes fueron tomadas después de la comunicación y en coordinación con los oficiales de SINAC. Los oficiales de SINAC ayudaron activamente en la identificación del consultor responsable en el componente de “uso del bosque”, así como instruyeron a sus oficiales locales y regionales para ayudar al equipo de campo y emitir los permisos formales requeridos para entrar a los Parques Nacionales.

Se realizaron reuniones frecuentes en la Oficina Central de SINAC en San José, y algunas veces también en CATIE. En general, los intereses y la cooperación con SINAC fue totalmente exitosa. La comprensión sobre las intenciones y objetivos de estudio y el entusiasmo de los profesionales encargados del estudio piloto, permite confiar en la idea de mantener un inventario permanente y de su seguimiento activo.

En CATIE, se contrató personal técnico para cubrir todos los aspectos de planificación, análisis informes. Se contrató un ingeniero forestal con nivel de MSc para trabajar como coordinador técnico del estudio. Tres forestales (nivel BSc) para la asistencia en la oficina y el trabajo de campo (preparación del material para el equipo de campo, participación en la supervisión de los viajes de campo, interpretación de la fotografías aéreas, verificación de datos y preparación del análisis). Además, dos colegas trabajaron medio tiempo en la preparación del documento, impresión de imágenes, etc. Además, el CATIE contrató consultores forestales (6 en total) para el trabajo de campo. Los líderes de las cuadrillas tenían buena experiencia de campo, ya que usualmente son contratados por propietarios forestales para escribir planes de manejo. Estos consultores recibieron entrenamiento tanto en la oficina como en el campo, sobre todos los aspectos del inventario de campo incluyendo la medición de los datos biofísicos y las entrevistas. Además fueron responsables de mantener contacto permanente con el personal de CATIE y también con SINAC. Ellos contrataron ayudantes en el campo quienes usaron su propio transporte y equipo de medición.

Aplicación de la clasificación del uso de la tierra

La clasificación del uso de la tierra aplicado fue elaborado por profesionales de FAO, SINAC, UNA y CATIE en el taller de GFS sostenido en Costa Rica en Noviembre del 2000.

Se seleccionó un enfoque multi-nivel, donde las definiciones de FAO fueron respetadas, pero también se aceptó que debajo la amplitud de las clases de bosques, otras tierras boscosas, otras tierras y aguas continentales los países tengan la posibilidad de incluir sub-clases específicas. Los resultados de las clases utilizadas para Costa Rica se pueden apreciar en la Tabla 1.

La validación de la clasificación propuesta se hizo por medio de la fotointerpretación y durante el trabajo de campo donde se lograron algunos resultados que se presentan a continuación:

Contrario a nuestra expectativa inicial, se encontró la clase “bosque abierto” (cobertura de 10-40%) principalmente en bosques secundarios jóvenes.

El bosque de galería fue finalmente definido como una clase aparte. La justificación radica en la dificultad para asignarlo en otras clases, ya que el bosque de galería presenta diferentes características (algunas veces más primario o no alterado, otras veces intactos y otras veces se

presenta claramente como un bosque secundario). Además, la forma extendida de los bosques de galería a lo largo de los ríos y otros cuerpos de agua hacen que estos tengan distintos significados ecológicos: probablemente ofrezcan diferentes condiciones de vida como otros bosques del área similar, fácilmente pueden ser mini corredores biológicos.

Para efectos de análisis, se creó la clase “tierra con árboles fuera del bosque”, (tree resources outside forests); esta clase comprende todas aquellas tierras con posibilidad de encontrar árboles – principalmente en tierras cultivadas, excluyendo agua, partes altas de montañas y tierras áridas, entre otras.

Definición de la población y marco de muestreo

La población de interés está definida como el territorio continental de Costa Rica, la población de árboles y de bosques existentes en país.

Para la interpretación de la fotografías aéreas, solamente se dispuso de una cobertura parcial del país, por lo que el marco muestral fue restringido a dicha parcialidad, cubriendo las 2/3 partes del área continental de Costa Rica. Las áreas estimadas se obtuvieron del registro de las fotografías aéreas, por lo tanto, solamente se refiere a 2/3 partes de Costa Rica, siendo la zona norte donde no hubo disponibilidad de fotografías aéreas, ya que es un área frecuentemente cubierta de nubes.

Para el trabajo de campo, se planificó incluir a toda Costa Rica en el marco muestral. No obstante, debido a los problemas de acceso a áreas remotas, algunas localidades programadas como muestras no pudieron ser visitadas, por lo anterior, también se tuvo que recurrir a modificar el marco de muestreo para la fase de campo. Como estas áreas de no respuesta se ubican principalmente en el centro de bosques cerrados (Parques Nacionales), esto afecta sobre todo a las estimaciones de bosque primario. Por lo tanto, las estimaciones de bosque primario fueron realizadas, más de lo esperado, fuera de parques nacionales, los bosques primarios en áreas remotas fueron sup- representados en las parcelas de muestreo. Para la estimación de las áreas

Cuadro 1: Clasificación utilizada en la fotointerpretación aérea y la fase de campo

Clases / Código Alfa		Código Numérico
Bosque		1
Continuo		11
Bosque primario		111
PFC	Bosque primario cerrado	1111
PFM	Bosque primario medio	1112
PFC	Bosque primario abierto	1113
Bosque secundario reciente		112
RSFC	Bosque secundario reciente cerrado	1121
RSFM	Bosque secundario reciente medio	1122
RSFO	Bosque secundario reciente abierto	1123
Bosque secundario avanzado		113
ASFC	Bosques secundario avanzado cerrado	1131
ASFM	Bosques secundario avanzado medio	1132
ASFO	Bosques secundario avanzado abierto	1133
Plantación forestal		114

Clases / Código Alfa		Código Numérico
FPC	Plantaciones forestales cerradas	1141
FPM	Plantaciones forestales medias	1142
FPO	Plantaciones forestales abiertas	1143
Bosque de galería		115
GFC	Bosque de galería cerrado	1151
GFM	Bosque de galería medio	1152
GFO	Bosque de galería abierto	1153
Fragmentado		12
FF1	Bosque fragmentado 10-39%	121
FF2	Bosque fragmentado 40-70%	122
Otras tierras leñosas		2
S	Arbustos	21
FA	Barbechos	22
WGH	Pastizales con muchos árboles (5-10% cobertura de copas)	23
Otras tierras		3
Natural		31
BL	Suelo desnudo	311
G	Pastos naturales	312
WGF	Pastizales con pocos árboles(<5% cobertura de copas)	313
Tierras cultivadas		32
AC	Cultivos anuales	321
PC	Cultivos perennes	322
RL	Potreros	323
Áreas urbanizadas		33
BAQ	Áreas urbanizadas con cuadrantes	331
BAN	Áreas urbanizadas – no cuadrantes	332
W	Cuerpos de agua	4
ONI	Otras no interpretadas	5

obviamente se utilizó “bosque primario” como tipo de bosque; sin embargo, no se hizo un esfuerzo alternativo para coleccionar información en estas parcelas, por lo que simplemente no existen datos de árboles.

En ambos casos, para el registro de la fotografía y para el levantamiento de campo, el actual marco de muestral fue tomado en cuenta para la interpretación de los resultados.

PASO 1:

Interpretación de fotografía aérea

Procedimiento

El procedimiento para el diseño e interpretación de la fotografía aérea está dado en detalle en el “INFORME II GFS”. La Figura 1 presenta la rejilla de muestreo utilizada. En el contexto de la Carta de Acuerdo de este informe, la interpretación hecha anteriormente fue revisitada para permitir una integración de las experiencias hechas en el campo.

El líder de las cuadrillas de campo contaba con fotos aéreas impresas de cada sitio muestreado, con se revisó la interpretación de los usos de la tierra que interceptaban las parcelas de campo. Ellos, también tenían la instrucción de de revisar los usos de la tierra en los sitios vecinos, particularmente en terrenos que contaban con buena vista panorámica. Por supuesto, esta parte de la “verificación de la interpretación” fue menos formal y menos sistemática que la utilizada en la verificación de las parcelas de campo. Los líderes de las cuadrillas de campo hicieron la corrección de la interpretación directamente en el campo, marcando los cambios en las fotografías aéreas impresas. Este proceso se refiere a la muestra de los 26 sitios del inventario de campo donde se contaba con fotografías aéreas. Los cambios identificados fueron corregidos en las fotografías digitales y también fueron tomados en cuenta cuando se revisaron otras fotografías aéreas.



Figura 1: Mapa de Costa Rica mostrando la rejilla original (puntos) 15Km x 15Km. Para cada punto, fue seleccionada la fotografía aérea mas cercana, interpretando la parte central de la misma. Para la parte norte de Costa Rica, aproximadamente en 1/3 del territorio, no existe cobertura con fotos aéreas.

El equipo de CATIE, hizo una supervisión del inventario de campo, y visitaron varias parcelas presentes en las fotografías aéreas que no eran parte del trabajo de campo. Sin embargo, por razones de recursos limitados solamente 12 localidades de las fotografías aéreas pudieron ser visitas con el propósito de verificación. Fueron seleccionados los sitios donde la interpretación de las fotografías aéreas tuviera dificultad y que podría existir confusión entre las clases de uso de la tierra. El promedio estimado de tiempo para hacer el trabajo de campo (por los grupos de control) en 3 Km. cuadrados es de 4 horas, y el promedio de tiempo de transporte para alcanzar el sitio fue de 5 horas.

Resultados

Los resultados preliminares de la interpretación de la fotografías fueron entregados en un informe preliminar (Marzo 20001). Los detalles de la selección de las fotografías aéreas, preparación e interpretación de los procedimientos están descritos en dicho informe.

Después de adquirir experiencia de campo, la fotointerpretación fue re-elaborada. Las 159 fotografías fueron reinterpretadas y se hicieron una serie de correcciones y anotaciones, incluyendo la nueva clase “bosque de galería” la cual –a juicio de los autores- debería tratarse como una clase separada, aún cuando el porcentaje puede ser una pequeña fracción de cobertura (se estima menos del 3% de cobertura). La experiencia de campo contribuyó a reducir algunas confusiones, principalmente en áreas donde las clases de uso no se diferenciaban claramente, incluyendo bosque joven secundario con potreros y que podían confundirse con potreros y bosque.

El cuadro 2 presenta las características más relevantes de las 159 fotografías aéreas usadas para la interpretación. Mientras que la idea inicial fue establecer en las fotografías aéreas parcelas que correspondieran a 3 Km. de largo en el campo, finalmente se decidió utilizar parcelas de tamaño fijo en las fotografías aéreas para evitar diferentes grados de distorsión geométrica (esto debido a que no se tuvieron fotos ortorectificadas). El establecimiento del tamaño fijo de las fotos aéreas hizo que el tamaño en las parcelas de campo variara de 2.72 Km. a largo y 4.52 Km., con la escala actual de las fotos aéreas variando de 1:32,000 a 1:53,000.

Cuadro 2: Características generales de las fotografías aéreas usadas para la interpretación y estimación de cobertura.

	Promedio	Mínimo	Máximo
Largo de la parcela AP [Km.]	3.73	2.72	4.52
Área de la parcela AP [Km ²]	14.03	7.38	20.39
Escala 1:	43549	31684	52687

Los resultados de la interpretación de la fotografía aérea se presentan en detalle (por clase de uso de la tierra) en el Cuadro 3, la subdivisión por clases de bosque se presenta en el Cuadro 4, y una mayor división de bosque y no-bosque se observa en el Cuadro 5. El porcentaje de error estándar dado, es un error estándar simple y no el ancho del intervalo de confianza; el error estándar está dado en % de área estimada y no por % de área. El error estándar absoluto de las estimaciones es bajo, para aquellos tipos de usos de la tierra que fueron constantemente encontrados dentro de las parcelas definidas en las 159 fotos aéreas, y más alto, para aquellos que mostraron mayor variabilidad espacial; el error estándar relativo (en porcentaje) también depende de la estimación propia del área.

Cuadro 3: Estimaciones de área para la interpretación de fotos aéreas: todas las clases de uso de la tierra diferenciadas (*solo área de cobertura con foto aérea = 2/3 del territorio de Costa Rica*)

Variable		Estimación	Error Standard (%)
PFM		1.2%	19.5%
PFC		23.7%	11.1%
RSFM		2.8%	14.1%
RSFC		5.4%	9.7%
ASFM	Bosque	4.6%	9.8%
ASFC		11.7%	9.0%
FPM		0.1%	46.0%
FPC		2.2%	34.4%
GFM		0.2%	25.3%
GFC		2.6%	13.6%
BL		0.8%	23.6%
G	Otros	0.6%	44.3%
W		1.2%	29.6%
S		0.3%	50.2%
AC	Tierras	7.5%	15.9%
PC	con	5.3%	19.1%
RL	árboles	27.1%	5.7%
BAQ	fuera	1.1%	38.4%
BAN	del	1.1%	20.8%
ONI	bosque	0.4%	23.4%

Cuadro 4: Estimaciones de área para la interpretación de fotos aéreas: tipos de bosque (*solo área cubierta con foto aérea = 2/3 del territorio de Costa Rica*).

	Estimación	Error Standard (%)
Bosque primario	24.9%	10.7%
Bosque secundario joven	8.3%	8.4%
Bosque secundario avanzado	16.3%	7.2%
Bosque de galería	2.9%	13.0%
Plantación	2.3%	33.0%
Potreros	27.1%	5.7%
Otras áreas con árboles fuera del bosque	15.1%	11.4%
Otras (sin árboles)	2.9%	19.3%
No interpretables	0.4%	23.4%

Cuadro 5: Estimaciones de área por medio de la interpretación de fotos aéreas: bosque – no bosque (solo área cubierta con foto aérea = 2/3 del territorio de Costa Rica).

	Estimación	Error Standard (%)
Bosque	54.6%	3.8%
Árboles fuera del bosque	42.1%	5.2%
Otros	2.9%	20.7%
No interpretables	0.4%	25.0%

El marco de muestreo debe ser considerado, en el momento de interpretar estos resultados. Una cobertura forestal del 54.6% fue determinada para el área cubierta por las fotos aéreas, sin embargo, esta referencia solamente corresponde a 2/3 del territorio de Costa Rica, lo cual es aproximadamente 34,000 km² del territorio continental nacional de Costa Rica. No se puede hacer una estimación inmediata de los 17,000 km² a partir de las fotos aéreas. En 1992/1993, se llevó a cabo un inventario forestal en la zona norte de Costa Rica que dio un estimado de 25% de área forestal (el área de inventario total fue de 6,000 km²). Esto solamente es un 1/3 de los 17,000 km² faltantes, no incluye, por ejemplo, los bosques densos inclinados del norte de la Cordillera Central. Por lo tanto, si extrapolamos este 25% en el total del área considerada como no incluida, probablemente se encontraría con un límite menor. Sin embargo, combinando estos dos datos, uno de nuestra interpretación de las fotos aéreas sobre los 2/3 del área de Costa Rica y otro proveniente de los resultados del inventario antiguo (54.6% * 2/3) + (25% * 1/3) obtendríamos una aproximación del área forestal del 44.7% del total de Costa Rica.

Valoración de la precisión en la interpretación de las fotos aéreas

La visita de campo a un grupo de puntos de la parcela definida en la foto aérea, permitió hacer una valoración de la exactitud. Aunque el propósito principal del trabajo de campo no era una valoración de la precisión de la fotointerpretación, algunas observaciones generales pudieron hacerse en el Cuadro 6 y Cuadro 7.

Para una “simple” diferenciación bosque/no-bosque, se alcanzó una precisión de 83/93, el cual corresponde al 89.2% (Cuadro 6). Separando solo a las clases de bosques, su precisión es 70/93, la cual corresponde a 75.3% (Cuadro 7). El dato está basado en 93 esquinas de 26 conglomerados de campo. En algunos conglomerados, no se pudieron hacer observaciones de campo por problemas de acceso. La no-accesibilidad a conglomerados y sus sub-parcelas fue prácticamente en toda el área boscosa densa, donde se puede asumir que la clase dentro de la clasificación bosque debería haber sido confirmada por las observaciones de campo. En ese sentido, lo que está dado en el Cuadro 6 y el Cuadro 7, debe ser interpretado como un límite menor de su verdadera precisión.

Es importante notar que en la valoración de la precisión, se incluyó la localización y precisión temática y las confusiones que tengan que ver con los cambios reales en el uso de la tierra (se debe considerar que las fotos aéreas eran de 4 años atrás).

Cuadro 6: Matriz de confusión entre bosque y no bosque

	0 (tierras con árboles fuera del bosque)	1 (bosque)	2 (otros)	Total
Frecuencia				
0 (tierras con árboles fuera del bosque)	32	6	0	38
1 (bosque)	4	49	0	53
2 (otros)	0	0	2	2
Total	36	55	2	93

Cuadro 7: Matriz de confusión: 93 puntos observados en 26 conglomerados de campo, donde se disponía de fotos aéreas

Frecuencia	galler	nonfor	prifor	secfor	Total
galler	1	0	0	0	1
nonfor	2	34	2	2	40
prifor	0	0	18	7	25
secfor	2	4	4	17	27
Total	5	38	24	26	93

(galler = bosque de galería, nonfor = no-bosque, prifor = bosque primario, secfor = bosque secundario)

PASO 2:

Inventario de campo

Diseño

El diseño del muestreo de campo está dado en detalle en el manual de campo, el cual se encuentra en el anexo. Aquí se presenta un bosquejo general. La figura 2 muestra la ubicación de las unidades de muestreo.

A partir de la rejilla de puntos de las fotos aéreas un sub-grupo fue seleccionado para realizar el muestreo de campo. Se tomó una muestra de campo por 2 x 3 muestras de las fotos aéreas, de manera que dado los 15 Km. de la rejilla cuadrada de las parcelas de las fotos aéreas, se obtuvo una rejilla de 30km x 45km como resultado para el muestreo de campo. Como consecuencia, de los 235 puntos de rejilla de 15 Km., 40 de estos puntos fueron sistemáticamente muestreados en el trabajo de campo. 26 de éstos estaban cubiertos por fotografías aéreas, para los restantes 14, no hubo disponibilidad de fotos aéreas para la preparación del trabajo de campo. Para las 26 fotos que cubrieron las parcelas, el punto nadir de las fotos aéreas fue seleccionado como el punto central del conglomerado angular de campo (de acuerdo con el proceso de selección descrito en el “Informe GFS II”) para las restantes 14, las coordenadas fueron tomadas de la rejilla de puntos de 15 Km.



Figura 2: Mapa de Costa Rica mostrando la ubicación y numeración de los sitios de muestreo. Los polígonos en color gris indican Parques Nacionales y otras categorías de áreas protegidas

La unidad de referencia en campo fue de 1km cuadrado por lado (la cual debe ser llamada unidad de muestreo primaria si uno quiere usar la terminología de muestreo en dos fases). Esta unidad fue muestreada (en realidad, sub-muestreada) por un conglomerado de sub parcelas en el centro de esta unidad (donde las sub-parcelas serán las unidades de muestreo secundario usando la terminología de muestreo en dos fases). En un conglomerado cuadrado de 500 m de largo, que incluyó cuatro sub-parcelas rectangulares, se tomaron las medidas de los árboles presentes. Se utilizaron parcelas “anidadas” dentro de las sub-parcelas para la observación de árboles pequeños y regeneración. El diseño de la parcela está gráficamente descrito en la Figura 3 y Figura 4; y en el Cuadro 8. En el inventario de campo, se recolectaron cuatro niveles de información:

Unidad de muestreo / unidad de referencia (1 km²)

Parcela o conglomerado, que incluye 4 sub-parcelas

Unidad de uso de la tierra dentro de sub-parcelas

Árboles, ya sea medidas individuales a lo largo de las dos parcelas mayores, o medidas de densidad (conteo) en las parcelas de regeneración.

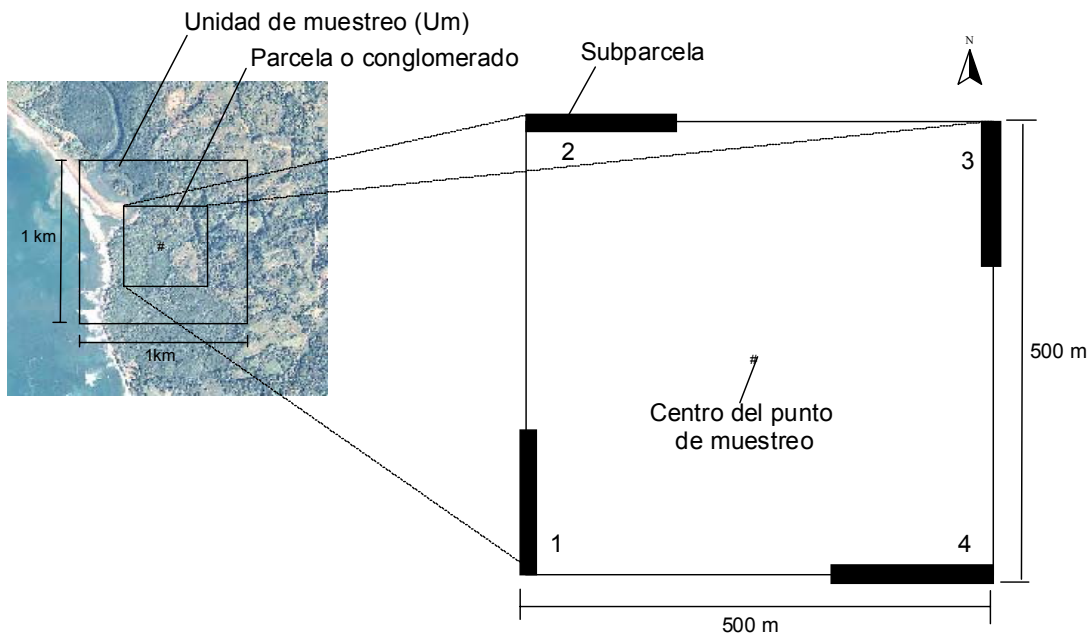


Figura 3. Diseño de parcela: posición interna de la parcela (4 sub-parcelas) en 1km de unidad de referencia.

Cuadro 8: Tamaños de los diferentes niveles de sub-parcelas

Nivel	Tamaño de planta	Forma y tamaño de la parcela
Todas las sub-parcelas	dap ≥ 30 cm	Rectangular: 150-250x20m (3000-5000m ²)
Parcelas nido nivel 1	dap ≥ 10 ≤ 30 cm.	Rectangular 20x10m (400m ²)
Parcelas nido nivel 2	h ≥ 1.3m y dap < 10 cm.	Circular r=3.99m (50m ²)
Parcelas nido nivel 3	0.3m < h < 1.3m	Circular r=1.26m (5m ²)

Fuera del bosque no se instalaron parcelas anidadas, debido a que se esperaba una relativa baja densidad de árboles de dimensiones menores; todos los árboles con dap > 10cm fueron medidos y registrados en la parcela completa.

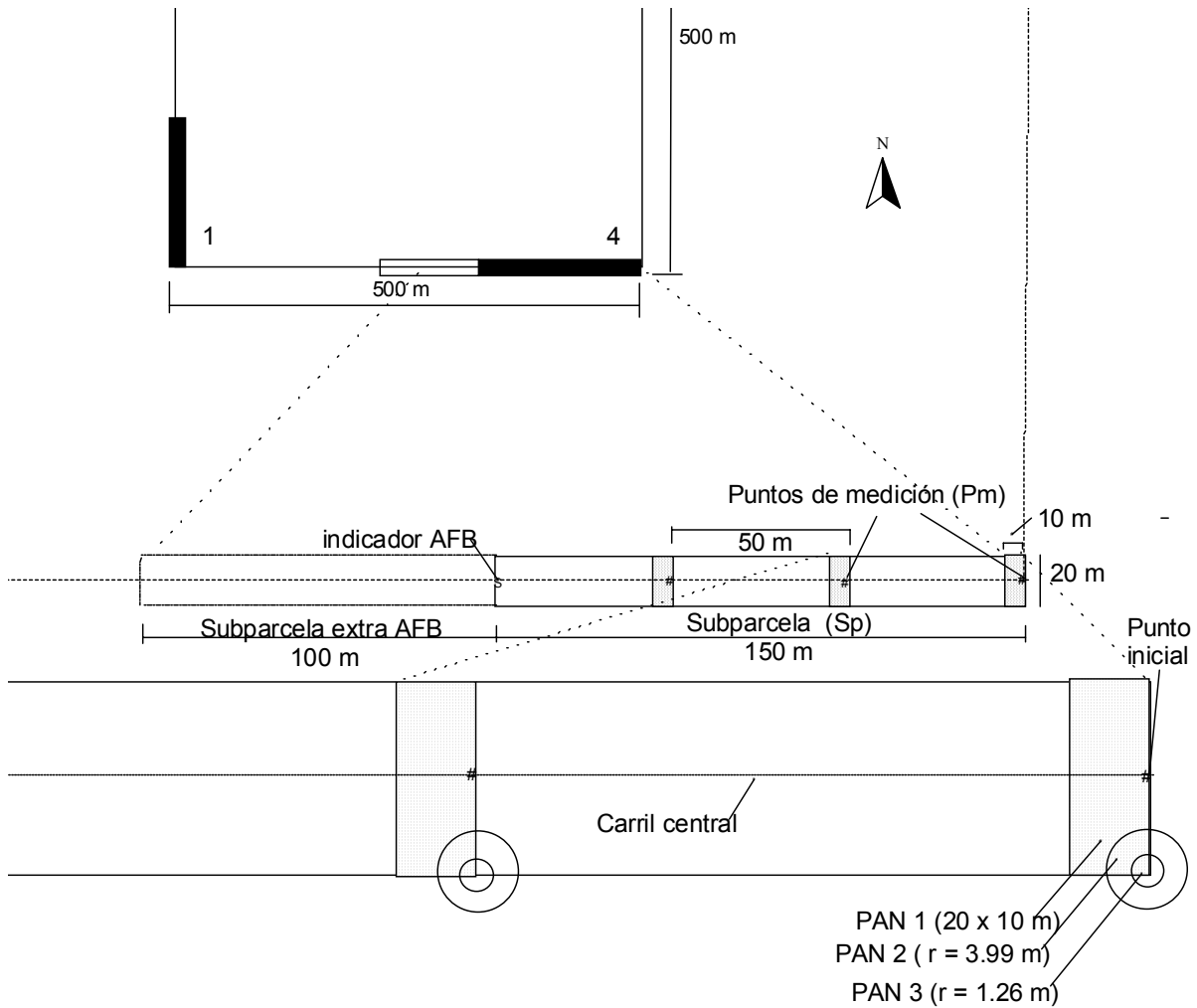


Figura 4. Diseño de la parcela: Parcela o conglomerado con 4 sub-parcelas, en donde cada sub-parcelas tiene tres niveles de parcelas “anidadas” para la observación de árboles de pequeñas dimensiones. (PAN = parcelas anidadas).

Algunas parcelas fueron establecidas como permanentes de manera que puedan ser fácilmente re-localizadas en el futuro; por lo tanto, como parte del diseño de parcelas se consideró instalar marcadores permanentes (tubos de aluminio), realizar buenos bosquejos de mapas, mostrando de forma muy visible los puntos de referencia, y tomar - donde fuera posible-, una serie de mediciones con GPS. En sitios donde existen fotografías aéreas fue posible realizar impresiones de las parcelas, lo cual será una ayuda importante para la re-localización de puntos.

Variables

La lista de variables se encuentra en el Anexo 1. Todas las variables listadas fueron medidas y el análisis hecho para este informe se concentró principalmente en las variables dasométricas.

Preparación del trabajo de campo y las actividades relacionadas Un total de 40 muestras fueron localizadas y seleccionadas como parte del trabajo de campo.

34 parcelas fueron visitadas y medidas completamente;

Por problemas de acceso a la parcela 43, ésta no fue visitada, pero se planeó sustituirla por la parcela 40, no obstante, esta también presentó serios problemas, solo una parcela circular fue posible establecer debido a las condiciones topográficas y un accidente (menor) en el campo, que no permitió cuadrilla de trabajo completarla;

Otras tres parcelas no fueron completadas por problemas de acceso: la parcela 76, solo dos sub-parcelas fueron medidas, la parcela 78 solo tres, y la parcela 80 solo una;

Para la parcela 126 una subparcela no pudo ser visitada, ni medida debido a que el propietario denegó el acceso a la misma.

A continuación se describe la organización del trabajo de campo:

Compilación de toda información necesaria:

- 21 fotos aéreas fueron convertidas a formato digital con el uso de *escáner* de alta resolución (correspondiente a 1m de resolución del terreno), y ortorectificadas. Para las restantes 5 fotografías (de las 26 medidas de campo) no se pudo realizar una ortorectificación por falta de buenos puntos de referencia en el campo.

Por lo tanto, en un total de 19 localizaciones de campo únicamente se utilizaron mapas para localizar los puntos de muestreo (las 5 fotos no ortorectificadas y 14 sin cobertura con fotos aéreas).

- Los puntos de muestreo fueron definidos en el campo según el punto central de las fotos aéreas. Las coordenadas geográficas (Lat -Lon) fueron calculadas para permitir la aplicación del GPS.
- El diseño total de las parcelas fue impreso dentro de las fotos aéreas y mapas para ayudar a los grupos de campo con la orientación en el campo (ejemplos de fotos aéreas se pueden encontrar en el anexo y se entregó un juego completo del proyecto).

- Un manual detallado fue escrito, discutido, revisado y experimentado en el campo. También se escribió un manual detallado acerca del uso del GPS ya que los forestales contratados no tenían mayor experiencia en el tema.
- Se diseñaron y se elaboraron formularios para acomodar el juego de atributos observados en el campo. Se seleccionó un formato relativamente pequeño para facilitar el trabajo en el campo. Una parte del formulario fue impreso en papel impermeable para permitirle a los grupos de campo continuar trabajando bajo la lluvia.
- Cinco diferentes formularios fueron elaborados en función a cinco niveles de información (parcela o conglomerado, sub-parcelas, sitios, árboles y puntos de referencia)
- Una base de datos fue diseñada para ingresar los datos de campo; la estructura de la base de datos siguió la definición de FAO FRA. Los datos fueron almacenados en EXCEL.
- Los líderes de las cuadrillas de campo recibió dos días de entrenamiento en CATIE (primeros días de abril).
- Un taller fue organizado para explicar y discutir las ideas y definiciones de la iniciativa GFS, así como el estudio piloto. También se discutió en detalle el manual de campo así como el uso de los formularios.
- Se entrenó para el uso de GPS, uso de fotos aéreas y para la preparación de material cartográfico.
- Una lista de oficiales de SINAC fue elaborada, la cual sirvió a los líderes de las cuadrillas de campo para realizar contactos en las oficinas regionales de SINAC.
- Para la realización de la primera parcela de campo, los líderes de las cuadrillas fueron acompañados por uno o dos técnicos expertos de CATIE. Esto se consideró necesario para garantizar un alto nivel de estandarización en los procedimientos de campo

Actividades en las que los líderes de cuadrillas de campo fueron responsables:

- Contactar a los oficiales regionales de SINAC.
- Visita de forma preliminar al sitio de muestreo para familiarizarse con el área, contactar a los propietarios y tener una charla inicial con ellos. Frecuentemente, los oficiales regionales de SINAC acompañaron la líder de cuadrilla en su primer viaje. Los ayudantes de campo e identificadores de árboles (baquianos) fueron contactados y contratados durante el primer viaje, donde fue posible, se contrató a individuos de los lugares o fincas donde están las muestra.

- Buscar el punto de inicio de las parcelas, usando el GPS y la documentación proporcionada por el CATIE. La forma de acceso al punto inicial fue descrita en el formulario y marcada de forma permanente para su re-localización.

Realizar las mediciones en las sub-parcelas.

Anotar los detalles que no quedaron claros para luego consultarlos con el equipo de CATIE vía telefónica.

Tomar fotografías de campo de aspectos relevantes. Registraron la localización exacta de cada fotografía.

Entrevistas con los propietarios de tierra.

Organización de la información recolectada, ingreso de datos a la base de datos preparada por CATIE y la elaboración del informe y documentación de los datos y las experiencias de las parcelas muestreadas.

Actividades de supervisión y verificación

- Los datos y documentos presentados por los líderes de cuadrillas de campo fueron revisados y archivados integralmente. Se realizó una revisión rápida de la exactitud de los datos al momento de recibirlos.
- Los equipos de campo fueron acompañados para supervisión y discusión de los temas problemáticos. En la mayoría de los casos, esta clase de control se prefirió por encima de un control de medidas independientes por carecer, este último, de las características y ventajas de un entrenamiento. En total, 20 puntos muestreados fueron visitados por el equipo de CATIE para supervisión.
- Siete puntos de muestreo fueron visitados independientemente (verificación).
- Por cada visita de supervisión fue realizado un breve informe analizando los resultados y las impresiones. Estos informes fueron circulados a todos los líderes de cuadrillas de campo para que todos tuvieran siempre el mismo nivel de información acerca del desarrollo de las discusiones en el proyecto.
- Este flujo de información fue laborioso pero se consideró necesario para retroalimentación.
- En cada visita adicional de campo se tomaron fotografías terrestres, sobre todo cuando se discutieron problemas de clasificación del uso de la tierra.
- Se organizó una reunión intermedia en CATIE para tener un foro común para la discusión de los problemas y dificultades con respecto al trabajo de campo y la aplicación de la metodología.

Actividades relacionadas con el manejo de los datos:

- La información geográfica (basada en las coordenadas del GPS) se ingresó a una base de datos en los programas Surfer y ArcView para un posterior acceso fácil a la información. Todas las sub-parcelas están georeferenciadas y registradas respectivamente. Las coordenadas de árboles dentro de una sub-parcela fueron establecidas en el campo y a partir de esta información el mapa de árboles fue producido para cada sub-parcela. Toda esta descripción de parcelas ayudará a re-localizar los puntos de muestreo para posteriores análisis.
- Al final todas las bases de datos individuales preparadas por los líderes de los equipos de campo fueron combinadas dentro de una única base de datos. Esta base de datos fue revisada paso a paso para asegurar consistencia y correcciones antes de entrar en la fase de análisis.

Actividades de entrenamiento y construcción de formación:

- Entrenamiento y formación de capacidad necesariamente debe acompañar cada inventario forestal. Estas actividades también se extendieron hacia la creación de conciencia, sobre la idea, conceptos y la justificación de una metodología de inventario forestal de grandes dimensiones que no es muy conocida en Costa Rica y en la región. Se percibió que existía poca confianza sobre lo que se puede concluir por medio de un estudio con una baja intensidad de muestreo.
- Por muchas razones, se trabajó con varios grupos de campo. Por lo tanto, fueron entrenados muchos forestales sobre los procedimientos del inventario, y aprendieron también la iniciativa de GFS, del Programa FRA, así como los antecedentes y la justificación de una extensa área de evaluación forestal. Estas actividades de entrenamiento alcanzaron a 6 líderes de cuadrillas de campo y sus técnicos. Cerca de 15 forestales fueron beneficiados por este entrenamiento.
- En CATIE, un grupo núcleo trabajó en la planificación del trabajo de campo, sobre la documentación del proyecto y los resultados, y sobre el manejo y análisis de los datos. Un total de 9 personas colaboraron en CATIE y recibieron el entrenamiento correspondiente
- Se sostuvieron varias reuniones y talleres con la participación de forestales y expertos de otros sectores de diferentes instituciones en Costa Rica.

Observaciones

- El tiempo máximo utilizado para la medición de una parcela fue de diez días (Corcovado), con un total de 5 días para el trabajo de campo. La parcela más rápida fue realizada en un total de 7.5 días, 2.5 para el trabajo de campo, y éstas se encontraban en plantaciones de piña y banano.

- Aparte de Corcovado, las condiciones más difíciles de campo fueron encontradas en Tapantí, Pejibaye y Chirripó; ninguna de estas parcelas pudo ser completada por ser el traslado de una sub-parcela a la otra demasiado difícil.
- La geo-referenciación de las fotografías aéreas facilitó el uso de los datos geográficos en el campo, el uso del GPS y la localización de las parcelas. Sin embargo, en algunos casos no hubo suficientes puntos de referencia en los mapas topográficos de 1:50,000 que pudieran ser utilizados para este propósito, como también permitir una georeferenciación apropiada. Posiblemente, los nuevos mapas de 1:25,000 mejorarán la situación (estos estarán disponibles hasta Octubre 2001).
- Definir claramente las variables, para qué y cómo éstas serán medidas, fue de mucha relevancia para homogenizar los procedimientos del trabajo de los equipos de campo. Se tuvo que discutir muchas variables en el transcurso del trabajo de campo. Esto es una característica típica de un estudio piloto que debe de evitarse en la implementación de un inventario final, ya que podría causar confusión e inconsistencia.
- La permanente supervisión y la presencia del equipo de apoyo de CATIE en el campo fue muy importante, ya que se pudieron detectar errores e inconsistencias.

Resultados

Registro de campo de los atributos biofísicos

Los resultados del análisis de la investigación de campo están presentados del Cuadro 9 al Cuadro 22, donde el área basal está siempre dada en m²/ha y el volumen en m³/ha.

Todos los resultados deben ser interpretados manteniendo en mente la relativa baja intensidad de muestreo. Sin embargo, existe validez estadística. Todos los resultados presentados se refieren a un área de referencia total (la cual es Costa Rica). Mayores subdivisiones geográficas \ reducen precisión, puesto que menos muestras se situarán en estas sub-regiones. Para las variables dasométricas, se presentan las estimaciones del error estándar relativo. Para el cálculo de este error estándar, fue empleado el estimador de muestreo aleatorio. Este es estándar ya que para el muestreo sistemático al azar no existe un diseño basado en estimaciones de varianzas insesgadas. Se sabe, sin embargo, que la aplicación de estimadores de muestreo aleatorio lleva a una precisión de estimaciones conservadoras; esto significa que probablemente seamos mucho más precisos que los valores dados en los cuadros. Ahora, cuanto mejor, no puede ser determinado.

El análisis está enfocado en variables forestales claves como área basal, volumen y densidad de los árboles. Para el volumen se utilizó la fórmula de Lojan, la cual es aplicada en Costa Rica para estimar volúmenes de troza comercial. Esta fue calculada para todos los árboles con dap>30cm:

$$\log \text{Vol} = 2.03986 \log \text{dap} + 0.779 \log h - 4.07682$$

Dada la relevancia de las estimaciones de biomasa y carbono bajo el contexto de UNFCCC, se calculó una estimación de almacenamiento de carbono. Utilizamos una fórmula de biomasa inédita correspondiente a una reciente investigación efectuada en CATIE, esta tiene como base medidas de biomasa para un total de 75 árboles forestales y no forestales <peso del árbol seco [Kg.] = -136.80 +

0.6144 d²). Del peso seco al carbono, se utilizó el factor de conversión 0.5. Estos cálculos se deberán ver como aproximaciones de carbono de árboles por encima del suelo.

El Cuadro 9 presenta algunas características básicas de las parcelas muestreadas, especificando el área total de las sub-parcelas muestreadas, y la correspondiente área en forma absoluta y relativa para bosques, tierras con árboles fuera del bosque, y otros. De las 38 parcelas, 7 estaban completamente en bosque, y 4 completamente fuera del bosque, mientras que en 27 parcelas de campo se encontraron ambos, bosque y no-bosque. Esto es una indicación de lo fragmentado del paisaje, donde hay más cantidad de bloques compactos de bosque, comparados con áreas sin bosque, o (el hecho conocido) que hay aún más áreas de bosque cerrado (sobre todo en los parques nacionales) y que los bosques fragmentados existen en la mayoría de las regiones del país.

Del Cuadro 10 al Cuadro 12 se presentan las estimaciones por clase de uso de la tierra. El Cuadro 10 presenta estimaciones de error relativo estándar para área basal, volumen comercial y número de árboles, también en la columna del extremo derecho se presenta la estimación del área correspondiente. En el Cuadro 11 se presenta el área basal y número de árboles para la clase correspondiente a 10cm<dap<30cm (denominada como “regeneración establecida”), y el Cuadro 12 presenta el total de área basal, combinando los valores del Cuadro 10 y Cuadro 11.

El Cuadro 13 y el Cuadro 14 presentan un resumen de las estimaciones correspondientes al tipo de bosque y el Cuadro 15 y Cuadro 16 para la relación bosque/no-bosque. Cuando se está leyendo los datos de “bosque primario”, se debe tomar en cuenta que no se pudo llegar a varias parcelas de bosque, particularmente en aquellas que se encontraron en el medio de los parques nacionales. Por lo tanto, no se cuenta con estos datos, y el cálculo estadístico para bosque primario en algunos casos se encuentra basado en “bosques primarios fuera de parques nacionales”, o mejor dicho, “bosque primario con accesibilidad razonable”.

Del Cuadro 17 al Cuadro 21 se presenta información acerca de especies encontradas. Esta es una lista descriptiva y proporciona simplemente el número de especies encontradas en las parcelas. Interesante, (y claramente esperado) es que el porcentaje de árboles no identificados es mucho más alto en los bosques que fuera de ellos. Esto puede explicarse fácilmente, afuera del bosque, frecuentemente las especies forestales comerciales son dejadas como bosques remanentes y las especies comerciales son usualmente mejor conocidas que las no comerciales.

En el Cuadro 21 los datos para el bosque primario cerrado (PFC) se presentaron separadamente para aquellas parcelas que se encuentran en los parques nacionales (PFPA=Bosque Primario en Áreas Protegidas), y las que están fuera de los parques (PFNP=Bosques Primarios No Protegidos). Es interesante notar -y en realidad esperado- que en los Parques Nacionales el número de especies es más alto, y el porcentaje de árboles no identificados, también. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en el PFNP fueron medidos alrededor 350 árboles y en el PFPA se midieron alrededor de 500, lo cual explica las diferencias encontradas.

El Cuadro 22 proporciona un estimado del porcentaje de bosque y no-bosque que existe en los Parques Nacionales (no se toma en cuenta aquí las áreas protegidas que se encuentran próximas a un río o en pendientes pronunciadas). Se estimó que un 40% de los bosques están en los Parques Nacionales, pero un estimado de cerca del 20% de tierras con árboles fuera del bosque.

Cuadro 9: Algunas características de las parcelas muestreadas (hectáreas) (UM=unidad de muestreo)

UM- ID	Área Bosque	Área con árboles fuera del bosque	Área, agua y otras tierras	Área Total	% Bosque	% Árboles fuera del bosque	% Otros
3	1.2000	0.0000	0.0000	1.20	1.00000	0.00000	0.00000
5	0.9650	0.235	0.0000	1.20	0.80417	0.19583	0.00000
17	0.9160	0.284	0.0000	1.20	0.76333	0.00000	0.23667
19	0.7480	0.452	0.0000	1.20	0.62333	0.37667	0.00000
21	0.4630	0.737	0.0000	1.20	0.38583	0.61417	0.00000
23	1.1500	0.050	0.0000	1.20	0.95833	0.04167	0.00000
36	0.3250	0.875	0.0000	1.20	0.27083	0.72917	0.00000
38	0.1510	1.049	0.0000	1.20	0.12583	0.87417	0.00000
40	0.0825	0.037	0.0000	0.12	0.68750	0.00000	0.31250
41	0.3610	0.839	0.0000	1.20	0.30083	0.00000	0.69917
69	0.6700	0.190	0.3400	1.20	0.55833	0.15833	0.28333
72	0.3330	0.867	0.0000	1.20	0.27750	0.72250	0.00000
74	0.5150	0.685	0.0000	1.20	0.42917	0.57083	0.00000
76	0.6000	0.000	0.0000	0.60	1.00000	0.00000	0.00000
78	0.9000	0.000	0.0000	0.90	1.00000	0.00000	0.00000
80	0.3000	0.000	0.0000	0.30	1.00000	0.00000	0.00000
82	0.2400	0.960	0.0000	1.20	0.20000	0.80000	0.00000
118	0.5700	0.570	0.0600	1.20	0.47500	0.47500	0.05000
120	1.2000	0.000	0.0000	1.20	1.00000	0.00000	0.00000
122	1.1240	0.076	0.0000	1.20	0.93667	0.06333	0.00000
124	0.7860	0.414	0.0000	1.20	0.65500	0.34500	0.00000
126	0.1330	0.767	0.0000	0.90	0.14778	0.85222	0.00000
128	0.9310	0.269	0.0000	1.20	0.77583	0.22417	0.00000
130	0.0000	1.200	0.0000	1.20	0.00000	1.00000	0.00000
132	0.3510	0.781	0.0680	1.20	0.29250	0.65083	0.05667
154	0.3000	0.900	0.0000	1.20	0.25000	0.75000	0.00000
162	0.7680	0.432	0.0000	1.20	0.64000	0.36000	0.00000
166	1.2000	0.000	0.0000	1.20	1.00000	0.00000	0.00000
184	0.9000	0.300	0.0000	1.20	0.75000	0.00000	0.25000
186	0.0000	0.000	1.2000	1.20	0.00000	0.00000	1.00000
188	0.2820	0.918	0.0000	1.20	0.23500	0.76500	0.00000
190	0.3000	0.900	0.0000	1.20	0.25000	0.75000	0.00000
192	1.2000	0.000	0.0000	1.20	1.00000	0.00000	0.00000
194	0.0000	1.200	0.0000	1.20	0.00000	1.00000	0.00000
196	0.3000	0.900	0.0000	1.20	0.25000	0.75000	0.00000
219	0.6300	0.570	0.0000	1.20	0.52500	0.00000	0.47500
221	0.0000	1.200	0.0000	1.20	0.00000	1.00000	0.00000
223	0.3000	0.900	0.0000	1.20	0.25000	0.75000	0.00000
225	0.4360	0.764	0.0000	1.20	0.36333	0.63667	0.00000
227	0.0550	1.145	0.0000	1.20	0.04583	0.95417	0.00000

Cuadro 10: Estimaciones por clase de uso de la tierra (solamente dap > 30cm). Las celdas vacías para las estimaciones significa que no hay árboles en la muestra, no hay especificaciones del error estándar: solamente observaciones en una parcela, no permitió el cálculo del error del muestreo

Clases UT	Estimaciones			Error estándar %			Tipo bosque	Área prop.
	Área basal	Volumen comercial	# de árboles	Área basal	Volumen comercial	# de árboles		
GFC	15.6815	63.462	65.3527	32.3555	105.099	16.9766	galler	0.02209
FPC	.	.	.	.	.	.	planta	0.01714
FPM	2.4356	12.085	26.6667	.	.	.	planta	0.00669
PFM	19.3645	156.672	84.3882	31.6925	26.883	44.4314	prifor	0.01586
PFC	18.4221	136.349	88.0005	10.0395	15.288	10.5851	prifor	0.24411
ASFC	7.4985	48.281	50.8357	27.3900	50.755	18.0948	secfor	0.06604
ASFM	10.5139	59.158	47.6190	38.0827	87.134	66.5640	secfor	0.01513
RSFC	2.2523	11.201	13.4362	60.5125	77.786	41.9542	secfor	0.07838
RSFM	5.8279	39.522	44.4444	58.1164	38.786	13.4535	secfor	0.00239
RSFO	4.0181	22.644	10.4822	28.8590	55.156	8.6413	secfor	0.01600
AC	1.0607	9.745	9.5694	.	.	.	nonfor	0.04018
BAN	1.4586	0.625	14.2450	7.3336	242.536	15.5223	nonfor	0.01265
PC	0.6536	2.130	5.0088	48.4114	109.283	41.1663	nonfor	0.08664
RL	2.3777	11.602	11.9344	22.6413	37.812	23.8414	nonfor	0.29306
BL	.	.	.	.	.	.	nonfor	0.00112
G	.	.	.	.	.	.	nonfor	0.02045
S	.	.	.	.	.	.	nonfor	0.01941
W	.	.	.	.	.	.	nonfor	0.04266

(galler=bosque de galería, nonfor=no bosque, prifor=bosque primario, secfor=bosque secundario).

Cuadro 11: Estimaciones por clase de uso de la tierra para diámetros menores de 10cm < dap < 30cm

Clase uso tierra	Tipo bosque	Área basal	#. de árboles
ASFC	secfor	6.49	298.8
ASFM	secfor	6.59	225.0
FPC	planta	16.46	628.6
FPM	planta	7.90	237.5
GFC	galler	6.82	312.5
PFC	prifor	7.58	305.0
PFM	prifor	8.18	293.8
RSFC	secfor	2.18	116.4
RSFM	secfor	4.37	225.0
RSFO	secfor	2.14	97.6
AC	nonfor	0.35	18.3
BAN	nonfor	0.99	42.3
BL	nonfor	0.00	0.0
PC	nonfor	1.31	49.7
RL	nonfor	0.59	23.8
G	nonfor	0.00	0.0
S	nonfor	0.00	0.0
W	nonfor	0.00	0.0

(galler=bosque de galería, nonfor=no bosque, prifor=bosque primario, secfor=bosque secundario)

Cuadro 12: Área basal por clases de uso de la tierra, i.e. combinación de las dos tablas anteriores

Clases uso tierra	Tipo bosque	Área Basal [m ²]
GFC	galler	22.4996
FPC	planta	16.4617
FPM	planta	10.3339
PFC	prifor	26.0034
PFM	prifor	27.5414
ASFC	secfor	13.9895
ASFM	secfor	17.1022
RSFC	secfor	4.4336
RSFM	secfor	10.1987
RSFO	secfor	6.1556
AC	nonfor	1.41385
BAN	nonfor	2.44915
PC	nonfor	1.96609
RL	nonfor	2.9709
BL, G, S, W	nonfor	

(galler=bosque de galería, nonfor=no bosque, prifor=bosque primario, secfor=bosque secundario).

Cuadro 13: Estimaciones por categoría de bosque (solamente dap > 30cm)

Tipo bosque	Estimaciones			Error Estándar %			Área prop
	Área basal	Volumen Comer.	#. de árboles	Área basal	Volumen Comer.	No. de árboles	
galler	15.6815	63.462	65.3527	32.3555	105.099	16.9766	0.02209
planta	2.4356	12.085	26.6667	.	.	.	0.02383
prifor	18.4867	137.743	87.7531	9.3809	13.967	10.2157	0.25998
secfor	5.0032	29.827	30.1228	25.6707	40.566	21.1672	0.17793
nonfor	1.6447	7.770	8.7327	22.7890	39.274	24.0673	0.51616

(galler=bosque de galería, nonfor=no bosque, prifor=bosque primario, secfor=bosque secundario)

Cuadro 14: Estimaciones por clases de bosque (solamente 10cm < dap < 30cm)

Tipo bosque	Área basal por ha	# de árboles por ha
galler	6.82	312.5
planta	13.35	486.4
prifor	7.63	304.2
secfor	4.20	195.3
nonfor	0.61	24.3

(galler=bosque de galería, nonfor=no bosque, prifor=bosque primario, secfor=bosque secundario)

Cuadro 15: Estimaciones de acuerdo a bosque / no bosque (solamente dap > 30cm)

Bosque- No bosque	Estimaciones			Error estándar %			Proporc. área
	Área basal	Volumen comerciales	# de árboles	Área basal	Volumen comercial.	# de árboles	
1 (bosque)	12.5416	87.7977	61.8284	12.4374	17.4202	11.2383	0.48384
0(área con árboles fuera del bosque)	1.8322	8.6550	9.7279	23.0400	38.4674	23.1485	0.43365
2 (otros)	.	.	.	.	.	.	0.08252

Cuadro 16: Estimaciones por bosque / no bosque ($10\text{cm} < \text{dap} < 30\text{cm}$)

	Ba prom	Vol prom	No prom
1 (Bosque)	6.51253	16.1240	270.670
0 (áreas con árboles fuera del bosque)	0.72473	1.55447	28.9154
2 (otros)	0.00000	0.00000	0.0000

Cuadro 17: Especies encontradas con mayor frecuencia en las parcelas muestreadas ($\text{dap} > 30\text{cm}$)

Obs	Código árbol	Especies	Nombre común	Freq.	%Freq.
1	Ni	No identificado	No identificado	189	4.01957
2	Penma	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	Gavilan	108	2.29689
3	Coral	<i>Cordia alliodor</i>	Laurel	47	0.99957
4	Ocosp	<i>Ocotea spp.</i>	Ira	39	0.82943
5	F-Lau	Familia Lauraceae	Ira	36	0.76563
6	Cordi	<i>Cornus disciflora</i>	Lloro	32	0.68056
7	Querco	<i>Quercus costarricensis</i>	Encino	32	0.68056
8	Lagra	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle mariquita	28	0.59549
9	Spomo	<i>Spondias bombin</i>	Jobo	28	0.59549
10	Rhispp	<i>Rhizophora spp.</i>	Mangle rojo	23	0.48915

Cuadro 18: Especies más frecuentes encontradas en las parcelas muestreadas (dap > 30cm), separadas de acuerdo a bosque / no bosque

Obs		Código árbol	Especies	Nombre común	Freq	%Freq
1	No-bosque	Coral	<i>Cordia alliodora</i>	Laurel	32	19.0476
2		Spomo	<i>Spondias mombin</i>	Jobo	20	11.9048
3		Penma	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	Gavilan	15	8.9286
4		No identificado	No identificado	Sombra de iguana	8	4.7619
5		Goeme	<i>Goethalsia meiantha</i>	Guacimo blanco	7	4.1667
6		Pteof	<i>Pterocarpus michelianus</i>	Sangrillo	6	3.5714
7		F-Are	Familia Arecaceae	Palma real	5	2.9762
8		Cedod	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro amargo	4	2.3810
9		Entcy	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	4	2.3810
10		Rolpi	<i>Rollinia pittieri</i>	Anonillo	4	2.3810
1	Bosque	Ni	No identificada	Tabacon	181	14.9094
2		Penma	<i>Pentaclethra macrophylla</i>	Gavilan	93	7.6606
3		Ocosp	<i>Ocotea</i> spp.	Quizarra rojo	39	3.2125
4		F-Lau	Familia Lauraceae	Palomo	36	2.9654
5		Queco	<i>Quercus costarricensis</i>	Encino	32	2.6359
6		Cordi	<i>Cornus disciflora</i>	Lloro	31	2.5535
7		Lagra	<i>Laguncularia racemosa</i>	Mangle mariquita	26	2.1417
8		Rhispp	<i>Rhizophora</i> spp	Mangle rojo	23	1.8946
9		Virko	<i>Virola koschnyi</i>	Fruta dorada	22	1.8122
10		Pousp	<i>Pouteria</i> spp	Zapotillo	20	1.6474

Cuadro 19: Número de especies encontradas en bosque y no-bosque y % de árboles no identificados (dap>30cm)

	Identificado	% Individuos no identificados. Número de especies encontradas.	Número de individuos.
No-bosque	No	4.8%	8
	Si	55	160
Bosque	No	14.9%	181
	Si	189	1033

Cuadro 20: Número de especies por tipo de bosque y % de árboles no identificados (dap>30cm).

Tipo de Bosque	Especies Identif.	% individuos no identificados. número especies encontradas	Número de individuos.
Bosque de galería	no	19.0%	12
	si	32	51
No-bosque	no	4.8%	8
	si	55	160
Plantación	no	0.0%	
	si	2	8
Bosque primario	no	15.5%	141
	si	137	769
Bosque secundario	no	12.0%	28
	si	80	205

Cuadro 21: Número de especies por clases de uso de la tierra, y % de árboles no identificados (dap>30cm). Aquí, los datos para bosques primarios están presentados en forma separada por parcelas en los parques nacionales (PFPA=Bosque Primario en Áreas Protegidas), y aquellos fuera de las áreas protegidas (NP=Bosque Primario No Protegido).

Clases de uso de la tierra	Especies identificadas	% individuos no identificados #especies muestreadas	#. de individuos.
ASFC	no	15.1%	22
	si	53	124
ASFM	no	0.0%	
	si	21	31
FPC	no	0	0
	si	1	.
FPM	no	0.0%	0
	si	1	8
GFC	no	19.0%	12
	si	32	51
PFM	no	8.3%	5
	si	19	55
PFNP	no	12.7%	44
	si	65	303
PFPA	no	18.3%	92
	si	104	411
RSFC	no	12.8%	6
	si	24	41
RSFM	no	0.0%	
	si	4	4
RSFO	no	0.0%	
	si	5	5
AC	no	50.0%	1
	si	2	1
BAN	no	20.0%	1
	si	5	4
PC	no	0	0
	si	10	17
RL	no	4.2%	6
	si	46	138
BL, G, S, W	.	.	.

Cuadro 22: Porcentaje de bosque / no bosque, clases de uso de la tierra en áreas protegidas.

Clase	En áreas protegidas	% total	% en clase
Tierra con árboles fuera del bosque	no	34.9%	80.5%
	si	8.5%	19.5%
Bosque	no	29.2%	60.4%
	si	19.2%	39.6%
Otros	no	6.3%	76.9%
	si	1.9%	23.1%

Tiempo consumido para el trabajo de campo

El Cuadro 23 da una idea del desglose del tiempo utilizado durante el tiempo de campo, calculado como promedio por conglomerado de campo.

Cuadro 23: Desglose del tiempo utilizado durante trabajo de campo, promedio estimado por conglomerado (localidad muestreada)

Actividad	Tiempo/días
1. Preparación (CATIE)	
Ortorectificación de fotografías	1
Georeferenciación de mapas	
Identificación de coordenadas	
Impresión de fotografías y mapas	
Preparación de formularios	
2. Campo (equipos de campo)	
<i>Planificación del inventario</i>	
Planificación de viaje de campo	0.5
Primera visita (contactos)	1
<i>Contacto con propietarios y entrevistas</i>	
1-2 propietarios	1
3-4 propietarios	1.5
<i>Retorno al conglomerado de campo</i>	
Dificultad en el acceso	1.5
Fácil acceso	1
<i>Mediciones</i>	
Bosques en áreas montañosas	4 (8 hrs./parc)
Bosques en terrenos planos	2.5 (5 hrs./parc)
Pastizales o plantaciones forestales	2 (4 hrs./parc)
Pastizales o plantaciones con pocos árboles	1 (2 hrs./parc)
<i>Supervisión de campo</i>	
Preparación de viajes de campo	0.5
Dificultad de acceso	3.5
Fácil acceso	2.5
3. Oficina (CATIE)	
<i>Ingreso de datos</i>	
Base de datos en Excel	0.5
Geodatos en Surfer y Arc View	0.5
Foto catálogo (scan y organización)	0.5
Revisión y corrección de la base de datos (información completa, digitalización, inconsistencias, enlace entre archivos de bases de datos)	2.5

Registro de campo – incluyendo las 250 parcelas de campo

Comentarios generales

Las sub-parcelas promedio tienen 20m de ancho y 150m de largo. Cabe señalar, que las parcelas con estas dimensiones proporcionarían datos forestales buenos y suficientes. Sin embargo, para las áreas fuera del bosque, donde la densidad de árboles es mucho menor, fue necesario aumentar el tamaño de las parcelas. Por lo tanto, el largo de las sub-parcelas se fijó a 250m y cuando el punto final de los 150m llegara a coincidir con áreas fuera del bosque. Esto significa que 100m más fueron medidos, sin hacer caso a la clase de uso de la tierra que fue encontrada en el transcurso de la parcela; por lo tanto, no solo áreas consideradas como no bosque fueron medidas, sino también se midieron adicionalmente áreas con bosque.

Por lo anterior, se ganó más precisión de lo esperado, particularmente para la estimación de los atributos de árboles en las clases de uso de la tierra fuera de la clase bosque. Obviamente este alargamiento condicional de una sub-parcela, no puede utilizarse para mejorar estimaciones de área. Este debe llegar desde parcelas de 150m (como se presentó anteriormente) o desde un análisis de observación de puntos de las parcelas angulares.

Cuando ahora se comparan los resultados obtenidos en las parcelas de 150m con las parcelas condicionales de 250m se puede concluir si es meritorio continuar con esta idea.

Comparación

En esta sección, los resultados principales del análisis de las parcelas de 150m y de las parcelas condicionales de 250m son comparados en una serie de tablas.

El primer efecto del alargamiento condicional es que el área total de las parcelas medidas en el campo es más grande. Con la corrección de las parcelas de 150m, un área total de 44.82ha fue visitada y marcadas. Para las parcelas condicionales de 250m, el total de área sumada fue de 62.90ha, lo cual significa un 40% más de área. Solamente en 10 parcelas muestreadas no se tuvieron que ser alargadas.

El número total de especies observadas por dimensión de árboles de 30cm y más, se incrementó ligeramente de 205 a 212; esto probablemente se debe al hecho de que la mayoría del área adicional se localiza fuera del bosque, en donde la diversidad de especies de árboles no es tan grande como lo es en un bosque interno.

Mientras que el esfuerzo de planeación adicional es bajo, el esfuerzo adicional en el campo se estimó de 30 a 90 minutos por parcela, dependiendo de la clase de uso de la tierra y de la densidad de cobertura boscosa encontrada, lo cual se traslada a un estimado de 1-3 horas adicionales por parcela.

Un análisis interesante de bosque/no bosque se hace en el Cuadro 24. Mientras una relativa pequeña área de bosque fue adicionalmente incluida (un incremento de 21.69ha a 24.68ha o 13%), el área para las tierras con árboles fuera del bosque incrementó de 19.44ha con las parcelas de 150m a 32.03ha para las parcelas condicionales de 250m (correspondiendo de un 65% de incremento). También, las “otras” clases donde no se encontraron árboles, no se esperó incremento de 3.7ha a un

área muestreada de 6.29ha; donde esta última información provista es de poca relevancia con respecto al recurso árbol.

El Cuadro 25 da la comparación de estimados y errores estándar. Mientras que para bosque, el relativo error estándar no exhibe cambios (al menos en los valores), el diseño con las parcelas condicionales de 250m produce un bajo error estándar relativo para área basal (21% en lugar del 23%), para volumen (35% en lugar del 38%) y número de árboles (19% en lugar del 23%) en tierras con árboles fuera del bosque. Esta mejoría de precisión en la estimación ha sido comparada con el adicional esfuerzo / costo.

Cuadro 24: Comparación sub-parcelas 150m/250m: Área total contada de acuerdo a bosque/no bosque

Clase	Correg.150m			Condicional 250m		
	No. de unidades	Área (ha)	Área (proporción)	#. de unidades	Área (ha)	Área (proporción)
1 (bosque)	109	21.69	0.4838	123	24.58	0.3908
0 (tierras árboles fuera del bosque)	221	19.44	0.4337	241	32.03	0.5091
2 (otros)	19	3.70	0.0825	19	6.29	0.1003

Cuadro 25: Comparación sub-parcelas 150m/250m: estimaciones y errores estándar por bosque/no bosque

Clase bosque	150m sub-parcelas						250m sub-parcelas					
	Estimaciones (por ha)			ES%			Estimaciones (per ha)			ES%		
	Área Basal (m ²)	Vol. (m3)	# de árboles	Área Basal (m ²)	Vol. (m3)	No. de árboles	Área Basal (m ²)	Vol. (m3)	No. de árboles	Área Basal (m ²)	Vol. (m3)	No. de árboles
1 (bosque)	12.54	87.80	61.8	12	17	11	12.07	84.33	59.91	12	17	11
0 (tierras árboles fuera del bosque)	1.83	8.66	9.7	23	38	23	1.57	6.95	8.92	21	35	19
2 (otros)	0.00	0.00	0.0	.	.	.	0.00	0.00	0.00	.	.	.

Conclusión del paso 2

Aunque alguna precisión de las estimaciones del área basal, volumen y densidad de árboles se ganó por la extensión condicional de las sub-parcelas de bosques externos, esta mejoría fue encontrada en forma marginal. Es improbable que el esfuerzo adicional esté justificado. También la información adicional en términos de número de especies no es importante.

Por lo tanto, no logramos ver las ventajas esperadas del alargamiento de las parcelas por lo que no recomendamos seguir la idea de la extensión de parcelas.

Estimación del almacenamiento de carbono

Se llevó a cabo una estimación del almacenamiento de carbón en las diferentes clases de uso de la tierra. Los resultados se presentaron separadamente, ya que los autores no contaban con modelos confiables y “aprobados” a la mano, y que en general, sean aceptados para estos cálculos. Las estimaciones tienen, por lo tanto, que verse como aproximaciones con relativa poca precisión. Todos los cálculos están hechos para el total de árboles con un dap > 30cm, ya que (no publicado, desarrollado por ITC, Holland, en el EU fundado Proyecto TROF) el modelo utilizado para esto es solamente para aquellos diámetros.

También, para este análisis la clase pastizales fue separada de las otras clases de no-bosque, ya que allí existe un interés particular en Costa Rica para ver en que extensión los pastos pueden contribuir a las discusiones de cambios climáticos. Del Cuadro 26 al -Cuadro 28 se presentan los resultados. Es de hacer notar que el porcentaje de error estándar (ES%) es tan solo errores de muestreo y no incluye errores de modelo, lo que se espera bastante alto para modelo aplicado.

Cuadro 26: Aproximación del carbono almacenado por clase de bosque)

Tipo de Bosque	Bosque	Promedio [tons/ha]	ES%
pastur	0	8.485	22.8482
galler	1	56.872	34.3148
planta	1	7.705	
prifor	1	66.313	9.4523
secfor	1	17.511	26.4063
nonfor	2	1.738	39.3277

(pastur=pastizales, galler=bosque de galería, nonfor=no bosque, prifor=bosque primario, secfor=bosque secundario)

Del Cuadro 26 vemos que el almacenaje de carbono en pastizales se estimó en cerca del 13% de lo almacenado en bosque primario, y (Cuadro 27) un estimado del 19% por ha que está almacenado en todos los tipos de bosques combinados. Sin embargo, este número es engañoso, ya que en un bosque primario la parte de carbón almacenado en árboles con dap<30cm es mucho más alto comparada con los pastizales. El 13% y 19%, respectivamente, son por consiguiente límites superiores. El Cuadro 27 permite estimar (con todas las restricciones de interpretación mencionadas) la correspondiente parte de carbón almacenado en árboles con dap>30cm en bosque y fuera del bosque para el total del país: si tomamos $44.831 * 0.48384 + 0.43365 * 6.501 = 24.5$ como una medida para el carbón total, entonces aproximadamente el 88% están en bosque y cerca del 12% en áreas fuera del bosque.

Cuadro 28: Aproximación del carbono almacenado de acuerdo a bosque/no-bosque

Clase	Promedio [tons/ha]	ES%	Área
1 (Bosque)	44.831	12.6624	0.48384
0 (tierra- con árboles fuera del bosque)	6.501	23.3702	0.43365
2 (otros)	0	-	0.08252

Cuadro 29 Carbono almacenado: valor promedio calculado para todas las clases de uso de la tierra y todo país.

Promedio [tons/ha]	ES%
22.8171	17.8476

Registro de los atributos del uso del bosque

Se evaluó un conjunto de atributos relativos al uso de bosque por medio de entrevistas con los propietarios de bosque. Para este propósito se contrató un consultor (sociólogo) quien trabajó de cerca con la cooperación del equipo de SINAC y con el equipo de CATIE.

Según los términos de referencia el consultor produciría un informe separado en donde el método aplicado, los resultados obtenidos y las experiencias llevadas a cabo son descritas.

Por lo tanto, en este informe, nos restringimos a algunas conclusiones, presentadas en el Capítulo Conclusiones”.

CONCLUSIONES

Evaluación del diseño usado

Interpretación de las fotografías aéreas e inventario de atributos biofísicos

El inventario de los datos biofísicos y de la vegetación, fue diseñado basado en la relativa larga experiencia en inventarios de forestales. No hubo sorpresas. La inclusión de tierras consideradas no-bosque incrementa el trabajo de campo ya que las sub-parcelas dentro de los conglomerados debieron ser medidas completamente, (exceptuando aquellos sitios que se localizan fuera de los límites del país) considerando hasta sus límites. También, los conglomerados donde no hay bosque debieron ser visitados en su totalidad. Lo anterior suena ineficiente desde el punto de vista de inventarios forestales, sin embargo para el caso de Costa Rica, este argumento no es muy fuerte debido a que únicamente en cuatro parcelas no se encontró bosque y en todas se encontraron árboles. Se creía lo contrario, y en realidad, es más eficiente ir a todos los sitios en el campo e incluir el recurso árbol fuera de un bosque dentro del concepto de inventario; entonces no es más ineficiente ir a un conglomerado en el campo que se sitúe, por ejemplo, en una parcela donde únicamente una pequeña porción de ésta se sitúe en el bosque.

Bajo las condiciones costarricenses, un largo de 500m por lado de cada uno de los conglomerados es un buen compromiso entre la eficiencia estadística y el costo. De manera unánime los equipos de campo confirmaron que un conglomerado con mayores extensiones sería improbable tener la habilidad de trabajarlo. Una opción alterna podría ser utilizando diferentes diseños de conglomerados (tamaños, formas y tamaños espaciales) en diferentes estratos – siempre y cuando el inventario esté diseñado para ello.

El componente integrado de usar sub-parcelas alargadas si el punto final de los 150m cae fuera del bosque, si es practicable en el campo. Sin embargo, la ganancia en precisión es modesta, por lo que no se recomienda adoptar esta medida (véase la justificación en el capítulo de “Resultados: reconocimiento de campo incluyendo la extensión de 250 parcelas de campo”). El alargamiento en el tamaño de las sub-parcelas puede ser considerado para estas áreas en donde el acceso es fácil. En terreno difíciles los 150m de parcelas presentó problemas, particularmente en casos donde las parcelas se extendieron sobre pendientes muy pronunciadas y oblicuas al gradiente de pendiente. La corrección de la pendiente es crítica en estos casos.

La fotointerpretación siguió un diseño estándar que probó ser funcional. La ortorectificación en una primera etapa del proyecto hubiera sido deseable. También, no fue óptimo el tener que trabajar con copias convertidas a formato digital con *escáner* de las fotografías donde se pierden muchos detalles de la información.

El arreglo sistemático de las de las parcelas en las fotografías aéreas y de las parcelas de campo fue ciertamente una buena elección, para los estándares estadísticos y razones prácticas que este diseño ofrece.

Entrevistas

La ampliación de los rangos para los atributos colectados que incluye también variables relacionadas con uso de bosque, fue muy bien aceptado por las autoridades nacionales. También hay que reconocer que es un componente nuevo donde la experiencia debe ser adquirida. Un análisis con mayor detalle fue preparado en el informe sobre uso del bosque. Aquí se resumen algunas conclusiones e impresiones por parte del equipo de CATIE.

- Las entrevistas pueden ser llevadas a cabo por la cuadrilla de campo directamente. Consideramos innecesario contratar un experto adicional para estas tareas específicas. Los líderes de cuadrilla tienen contacto con los propietarios de tierras de cualquier manera; y ellos están en contacto con los ayudantes locales quienes pueden proveer parte de la información requerida. Sin embargo, se requirió entrenamiento en técnicas de entrevistas.
- De acuerdo con los autores no existe mayor experiencia descrita en la literatura acerca de la integración de entrevistas en inventarios de bosque tropical en áreas extensas. Varios estudios son descritos, particularmente en estudios de forestaría comunitaria y forestaría social, donde no solamente los recursos biofísicos del bosque fueron descritos y analizados sino también la perspectiva de los usuarios y sus problemas. Es típico de estos estudios que los investigadores se queden algún tiempo en las comunidades para compartir con los interesados, o que ellos la visiten frecuentemente de manera que en el transcurso del estudio pueda construirse un cierto nivel de confianza. Esto ciertamente no se puede alcanzar en un área extensa de inventario donde no se pasan varios días en un sitio para aprender más acerca de los usos del bosque. No

es posible alcanzar un nivel de confianza donde los propietarios hablen francamente acerca de sus verdaderas intenciones.

- La falta de experiencia en este campo es también reflejada en Costa Rica por el hecho que fue difícil encontrar a un consultor con formación académica y/o experiencia en ambas ciencias forestales y sociales.
- En el estudio costarricense, las entrevistas formales se concentraron en los propietarios de bosque. Sin embargo, un análisis cuidadoso debe llevarse a cabo, en aquellas preguntas en las que uno puede esperar respuestas lógicas. Por ejemplo, aprendimos que los propietarios no responderán acerca del uso del recurso bosque en una localidad específica de su propiedad. Esto parece simplemente un tópico demasiado sensible. Veamos las siguientes opciones:
 - Uno podría preguntar en forma general sobre el uso de los árboles y bosques conocidos por los propietarios del área.
 - Uno podría preguntar específicamente sobre los usos en áreas definidas, pero fuera de su propiedad podría ser mal interpretado como “espionaje”.
 - Uno podría (y debería) incluir otros grupos de entrevistados, como compañías de transportes de madera, aserraderos, etc.

Por lo tanto, el tópico principal debe ser re-definido y es: Qué preguntas son razonables y a quién se les deben hacer?

Mientras todos (incluyendo a los autores) sienten que el juego adicional de variables determinadas a través de entrevistas es útil, y que los inventarios forestales modernos y futuros deben orientarse hacia aspectos sobre “uso del bosque”, a partir de este estudio aún no queda claro el uso inmediato y la utilidad de esta información.

Al momento de presentar los resultados, los expertos forestales expresaron mayor interés en las variables más tradicionales como área forestal, volumen y distribución de especies. Un análisis más convincente e interpretación de los resultados sobre las variables de uso debe realizarse; y la utilidad para los políticos y decisores debe ser probada. A pesar de ello, se presentó una interpretación y análisis convincente sobre las variables de uso del bosque, con el objeto de probar que pueden ser de utilidad para políticos y tomadores de decisiones principalmente. Es posible que muchos aspectos socioeconómicos y preguntas sobre el uso del bosque pudieran ser contestados a partir del grupo de variables forestales tradicionales y la inclusión de otras variables sobre productos no maderables por ejemplo.

Se espera que la mayoría de información pueda ser obtenida a partir de los ayudantes locales. Por tanto, la contratación de los ayudantes locales es vital. Si los ayudantes locales están contratados, es difícil juzgar su nivel de conocimientos. Por lo mismo, la información proporcionada por ellos deberá ser estructurada cuidadosamente.

Las ideas de cómo optimizar las entrevistas están detalladas en el informe de Franklin Solano, el consultor encargado de este componente del proyecto.

Consideraciones para las re-mediciones en Costa Rica

SINAC ha declarado que es necesario continuar proveyendo datos de calidad como una necesidad para formular y monitorear buenas políticas nacionales. Existe una documentación completa allí, de manera que re-localizar o re-medir no es problema. Las mayores preocupaciones son en términos de costos y organización donde debe considerar lo siguiente:

- En la medida de lo posible, la documentación es completa, incluyendo mapas, fotos aéreas, descripciones de acceso al campo, fotos terrestres, de tal forma que existe la documentación de base necesaria para re-visitar las parcelas. Mediciones de control se llevaron a cabo en el estudio piloto para confirmar su funcionalidad.

No obstante, existen algunos puntos de muestreo en áreas remotas y vías de acceso distantes, en donde no va a ser posible re-localizar los puntos de muestreos establecidos. Cabe señalar que en esos lugares, la densidad de cobertura de las copas de los árboles y las condiciones topográficas impidieron la recepción de la señal para la toma de los datos con GPS.

- El mayor problema está en los costos y la organización del estudio. A pesar de que se reconoce la importancia de invertir en información forestal, en Costa Rica existe la duda si el gobierno pueda invertir en una campaña de re-medicación forestal, o si usará su propio personal para realizar dicho trabajo.
- Una idea desarrollada por el equipo técnico de CATIE es hacer disponible los datos recolectados a instituciones de investigación y ONGs que trabajan en el manejo y conservación de recursos naturales, para despertar el interés en esta actividad, y motivarlos a completar información de la base de datos considerando las remediciones, establecimiento de nuevos puntos de muestreo, etc.

El escenario óptimo sería si el grupo de instituciones interesadas se responsabilizará de los puntos de muestreo en las sub-regiones, remidiendo por ejemplo 5 puntos de muestreo cada dos años y posiblemente densificando la rejilla de puntos para muestras. Algunas alianzas naturales pueden ser, universidades, donde las re-mediciones de estas parcelas permanentes de muestreo podrían ser integradas en la curricula regular de las carreras forestales.

PRINCIPALES LECCIONES APRENDIDAS PARA TRANSFERIR A OTRAS REGIONES/PAÍSES

Desde este estudio piloto, algunas lecciones aprendidas del mismo podrían ser relevantes al momento de implementar estudios similares en otras regiones. Primero, se presentarán las observaciones generales y luego se presentarán las particularidades de Costa Rica, que no necesariamente se encontrarán en otras regiones.

Observaciones generales

Estratégico

- El éxito y el buen desarrollo del estudio piloto en Costa Rica tuvo mucho que ver con el apoyo incondicional dado por las autoridades forestales nacionales (SINAC). No cabe ninguna duda de

que existe una clara voluntad política de mejorar la situación de la información forestal en el país. Como se ha mencionado anteriormente, esto fue explícitamente expresado (antes del inicio del estudio piloto) en el Plan Nacional de Desarrollo Forestal.

De no contar con el apoyo político, el llevar acabo un inventario se reduciría a un único ejercicio en el tiempo. Si el trabajo técnico del inventario (incluyendo la formación de personal de capacidades) se inicia en ausencia de una declaración política clara y positiva, muchos de estos esfuerzos se debían dirigir al desarrollo de conciencia a los tomadores de decisiones sobre la relevancia de obtener información sobre bosques y recursos naturales.

Una forma de otorgarle la relevancia necesaria al trabajo, es presentar este inventario en el contexto de las convenciones y procesos internacionales en los que se da el mandato de proveer este tipo de información a los países ratificadores.

- Clave para el éxito está en la identificación de personas claves y grupos claves en el gobierno (o de instituciones nacionales responsables del tema) quienes apoyen activamente la idea y las actividades mismas.
- Antes de iniciar, se deberá construir una alianza entre las instituciones nacionales, tomando en cuenta que frecuentemente existe una atmósfera de competencia entre dichas instituciones, particularmente cuando existe la opción de recibir fondos externos para la elaboración del inventario.
- Se debe aclarar que la propiedad del proyecto es nacional, y ser debe realizar para el beneficio del sector forestal y recursos naturales del país – y no se pretende que sea una actividad impuesta desde fuera del mismo. Simultáneamente con la implementación de una planificación de las actividades de campo, se deberá mantener presente cómo hacer permanente otras actividades (manejo de datos, análisis continuo de los datos colectados, ofrecimiento de uso de los datos a instituciones nacionales de investigación).

Técnico:

- Aunque el diseño operativo fue desarrollado en el estudio costarricense, se estima que es necesario iniciar el diseño en otros lugares, no iniciando sin nada por supuesto, pero otorgando los detalles suficientes para convencer a las contrapartes nacionales. Los ajustes son apropiadamente requeridos y ciertamente aceptados.
- También, será inevitable la discusión sobre la clasificación propuesta y será un proceso que se debe pasar. Usualmente, para cada país en particular, se sugiere hacer adaptaciones de las clasificaciones usadas en otros países, especialmente de países vecinos.
- Mientras se considera que el muestreo sistemático es la herramienta óptima, alguna estratificación podría ser considerada –donde la rejilla sistemática provea una base para la estratificación (espacial) proporcional a la localización de los puntos de muestreo.

En Costa Rica, por ejemplo, mientras se trataba de visitar todos los sitios de campo, ésto se volvió imposible. Una estratificación lógica podría hacerse de manera que se pudiera formar dos estratos (sub poblaciones):

- a) Áreas donde el trabajo de campo puede hacerse y donde los datos pueden ser de especial interés para la política forestal y
- b) Áreas sin presencia humana haciendo uso de la tierra y donde posiblemente a futuro no harán uso; esto se refiere por ejemplo a la parte central de los parques nacionales, y por lo mismo es difícil tener acceso, por lo que no se espera que se den cambios;

Entonces, el análisis y la interpretación de los datos deben ser ajustados a esta estratificación, dejando claro que las conclusiones basadas en el trabajo de campo se refieren únicamente al estrato muestreado y no a todo el país.

- La disponibilidad de fotos aéreas e imágenes satelitales es un principal punto. Cuando estas fuentes de datos son fácilmente disponibles la situación es óptima. De no ser así, habrá un incremento en el presupuesto para obtenerlas. En ausencia de datos de sensores remotos, el trabajo de campo cobrará mayor relevancia en el estudio y definitivamente será mucho más complicado planificar e implementar el inventario.
- Las condiciones para el trabajo de campo deben ser seguras.
- En países donde existen más de un idioma oficial, las entrevistas deberán ser preparadas en varios idiomas, posiblemente se deberá requerir de intérpretes locales para mejores resultados.
- La identificación de especies es siempre el mayor problema. Si se quisiera que todos los árboles fueran identificados, se deberá contratar un dendrólogo, o las muestras colectadas deberán ser enviadas a un herbario. Ambas opciones son caras.

Organización:

- Del estudio de Costa Rica se tuvieron muy buenas experiencias con la contratación de muchos expertos forestales, quienes se responsabilizaron de las medidas de campo. Esto necesariamente incrementó la inversión en capacitación y supervisión, pero resultó ser una iniciativa eficiente para el GFS.
- Contratar a ayudantes locales permitió obtener la confianza de los propietarios de tierras, facilitó el movimiento y orientación en un sitio, también por medio de ellos, se abrió la opción de aprender más acerca del área, su historia y sus usos. La mayoría de ellos tienen un buen conocimiento de las especies forestales locales.
- Los grupos de campo necesitan supervisión y retroalimentación permanente. Se sugiere que uno del grupo organizativo acompañe a los grupos de campo repetidamente. Esto mantiene la motivación en vigor y demuestra al mismo tiempo que existe un verdadero interés de buena información.

- Dependiendo de las condiciones del lugar, uno debe decidir cual es un número apropiado de muestras por grupos de campo en un momento dado. Se observó que, probablemente en situaciones extremas en el campo, la motivación y también la calidad de los datos disminuyó después de 5 sitios muestreados.

Formación de personal:

- La estrategia fue incluir a tantas personas como fuera posible en la planificación e implementación del proyecto. Por lo que inevitablemente se incrementó esfuerzo el necesario de organización.

Particularidades de Costa Rica

Algunas características que manifestó Costa Rica facilitaron la implementación exitosa del estudio piloto de GFS.

- La incondicional y sumamente eficiente cooperación y un activo apoyo que se recibió por parte de las autoridades del Gobierno.
- Se tuvo disponibilidad de suficientes fotografías aéreas actualizadas y no tuvieron que ser comisionadas. El costo por fotografía aérea hubiese sido definitivamente prohibitiva.
- El país es relativamente pequeño y desde un punto de vista administrativo es “homogéneo” (definitivamente no desde un punto de vista biofísico, topográfico o de vegetación).
- Relativamente una buena red vial en términos de densidad y calidad, las cuales relativamente facilitan el acceso a la mayoría de localidades muestreadas.
- Buena infraestructura de comunicación.
- Prácticamente todo el país es conocido, solamente algunas regiones pequeñas están menos exploradas (algunas áreas en la Cordillera de Talamanca como Kamuk).
- El país es seguro, no se tomaron en cuenta problemas relevantes de seguridad.
- Disponibilidad de un buen número de forestales bien entrenados.

En nuestro caso se aprovechó esta situación para contratarlos para la implementación del trabajo de campo. También, forestales con conocimientos específicos en SIG y análisis de datos fueron encontrados.

Varias instituciones en Costa Rica tienen buen SIG y laboratorios de sensores remotos.

Relativamente un alto nivel de educación general. Por lo tanto, en muchos casos fue fácil de hacer las entrevistas.

El nivel general de información sobre recursos naturales es bueno. Varias imágenes satelitales estuvieron basadas en estudios de mapeo forestal que se han llevado a cabo en los últimos años.

La situación de tenencia de la tierra es relativamente clara. La mayoría de los propietarios otorgó acceso sin ningún problema. Existen relativamente pocos propietarios de parcelas pequeñas (minifundios) lo cual complicaría el establecimiento de las parcelas de campo y sub-parcelas (simplemente porque tendríamos que tener contacto con muchos propietarios de tierras). En Costa Rica, fue relativamente fácil identificar al correspondiente propietario de tierras – donde el apoyo por parte de los oficiales locales de SINAC fue decisivo y grandemente apreciado.

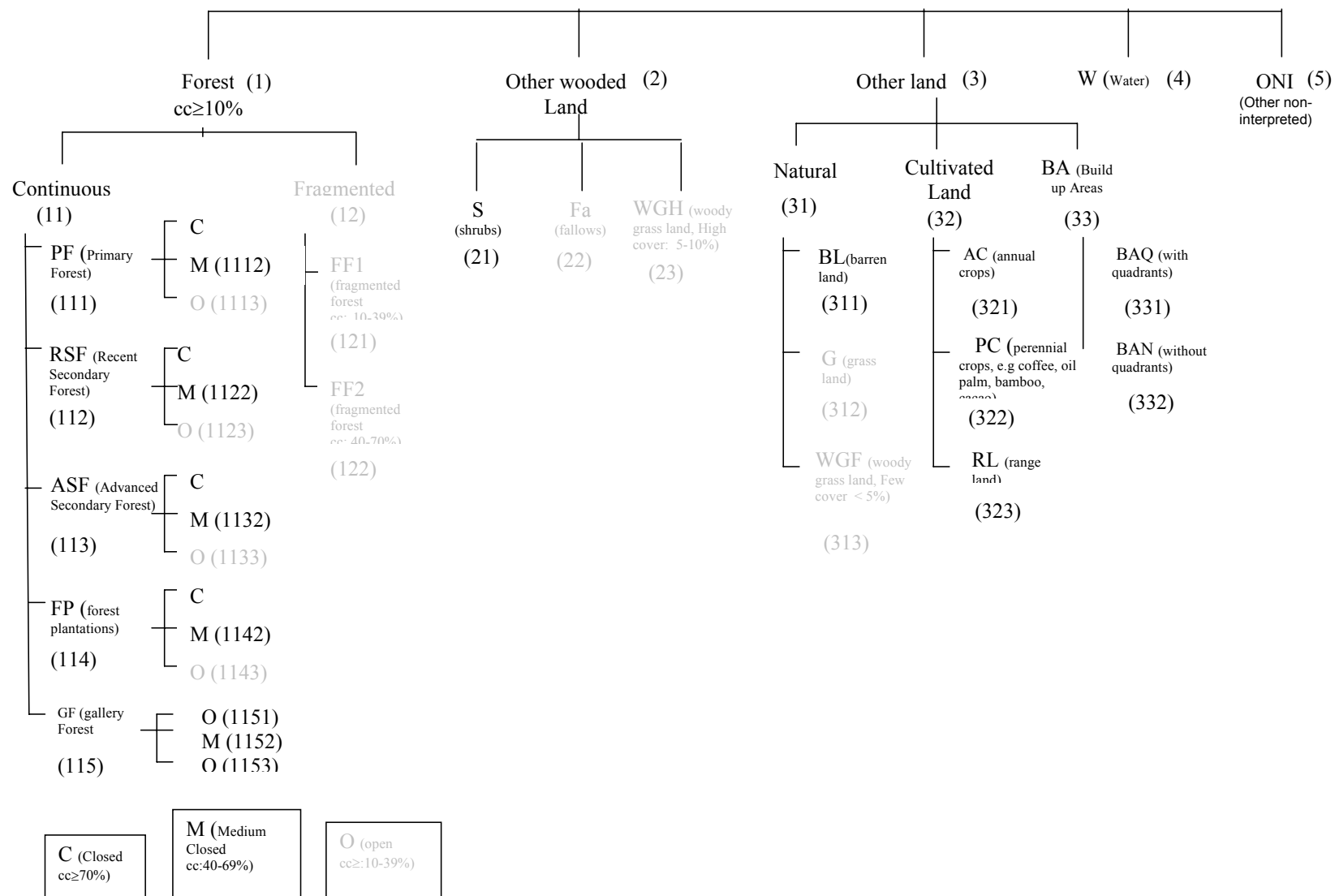
APÉNDICES

El Anexo 1 complementa el texto de este informe mientras que el Anexo 2 contiene una lista adicional de documentos que son parte del informe y serán entregados por separado.

Anexo 1

A1-1 Sistema utilizado para la clasificación del uso de la tierra

La guía de interpretación y ejemplos de fotos aéreas están en anexo 2-1



A1-2 Variables evaluadas y códigos (como en la base de datos)

Formulario 1 (Parcela)

Parcela. Tenencia de la tierra

Tenencia de la tierra	
1	Privado
2	Estatal
3	Áreas protegidas estatales
4	Áreas protegidas privadas
5	Parcelas bajo usufructo

Parcela. Acceso

Aclaración: Estas variables exploran la distancia desde el sitio de muestreo hacia un camino y otras infraestructuras. Proveerá información sobre la distancia existente hasta el sitio de muestreo.

	Completar todo:	DISTANCIA EN KILOMETROS:
	Distancia desde un camino transitable	Km.
	Distancia desde un camino estacional	Km.
	Distancia cercana a un centro de salud	Km.
	Distancia cercana a una escuela	Km.

Formulario 3 (Sub-parcela)

Sub-parcela. Erosión

Erosión	
1	No erosión
2	Erosión hídrica
3	Erosión eólica

Sub-parcela. Erosión hídrica

Erosión hídrica	
1	Por surcos
2	Cárcavas
3	Roca expuesta

Sub-parcela. Corrimiento de tierras

Corrimiento de tierras	
1	Si
2	No

Sub-parcela. Origen

Origen de un sub-parcela en las sub-parcelas.

Origen	
1	Natural
2	Plantaciones
3	Rebrote
4	1 y 2
5	2 y 3
6	1, 2 y 3

Sub-parcela. Cobertura de copas

Cobertura de copas proyectado en el sub-parcela como un porcentaje de un área total

Opciones:
01 - <10%
02- 10-40%
03 - 40-70%
04 - >70%

Sub-parcela. Diseño del dosel

Diseño del dosel de cobertura forestal en el sub-parcela*

Opciones:
01 – Dosel continuo
02- Dosel discontinuo con pequeños claros
03 – Dosel discontinuo con grandes claros

Sub-parcela. Estructura

Estructura del dosel del sub-parcela.

Opciones:
01 - Un nivel simple
02- Dos niveles

Sub-parcela. Disturbios

Disturbios observados en el bosque de sub-parcela.

Opciones:
01- Sin disturbios (áreas protegidas, todos los recursos preservados)
02- Menor disturbio (extracción de productos de acuerdo a planes de manejo)
03- Moderadamente disturbado (Muchos productos colectados sin un apropiado plan de manejo, no se respeta el concepto de sostenibilidad)
04- Fuertemente disturbado (Eliminación de productos a altos rangos de MAI, degradación de biodiversidad debido a altas presiones hacia especies seleccionadas, altas tasas de deforestación por invasión de principales cultivos agrícolas)

Sub-parcela. _Explotación maderera

Tipos establecidos (último) de la última corta llevada acabo en el sub-parcela. Estos sistemas de corta dependen del conjunto de prescripciones dados en armonía con las funciones forestales: producción o conservación

Opción	
1	No hay corta
2	Raleo
3	Corta selectiva
4	Corta de grupo
5	Corta por franja
6	Otras

Sub-parcela. Silvicultura

Prácticas silviculturales	
1	Sin prácticas
2	Mejoramientos
3	Dejar líderes deseables
4	Dejar lianas y bejucos
5	Enriquecimiento

Sub-parcela. Salud

Estado fitosanitario	
1	Sano
2	Insectos
3	Hongos

Sub-parcela. Incendios

Evidencia de fuegos	
1	Sin evidencia
2	Reciente
3	Viejos

Formulario 3 PM**PM. Exposición**

Exposición	
1	Tierras planas
2	N
3	NE
4	NO
5	E
6	SE
7	S
8	SO
9	O

PM .Textura del suelo

Característica de la textura del suelo en las sub-parcelas

Opciones	
1	Arena gruesa
2	Arena fina
3	Barro fino
4	Barro grueso
5	Sedimento, limo
6	Sedimento/limo & arena
7	Arena rocosa
8	Aluvión

PM. Humedad del suelo

Humedad típica del suelo por sub-parcela

Opciones:	Observaciones:
01- Seco	
02- Temporalmente húmedo	Se refiere a tierras inundadas en épocas lluviosas y en parte de la época seca
03- Permanentemente húmedo	Tierras inundadas todo el año, como lagos, aguadas, pantanos, etc.

PM .Materia orgánica

Materia Orgánica	
1	Ausente
2	1 cm.
3	1 – 3 cm.
4	> 3 cm.

Formulario3 PAN*Sección para uso de la tierra*

Tipo de uso de la tierra:
PFC: Bosque primario cerrado
PFM: Bosque primario medio
RSFC: Bosque secundario cerrado reciente
RSFM: Bosque secundario medio reciente
ASFM: Bosque secundario avanzado medio
ASFC: Bosque secundario avanzado cerrado
FPC: Plantaciones forestales cerradas
FPM: Plantaciones forestales medias
S: Arbustos
G: Pastizales
WGF: pastizales con muchos árboles, cobertura: 5 – 10%
AC: Cultivos anuales
PC: Cultivos perennes
RL: Potreros
BAQ: Áreas construidas con cuadrantes

BAN: Áreas construidas sin cuadrantes
W: Agua
BL: Suelo desnudo
GFC: Bosques de galería cerrado
GFM: Bosque de galería medio
ONI: Sin identificación

Áreas protegidas

Códigos:
NP: Área sin protección
AP: Protección de agua
SP: Protección de pendientes
ASP: Protección de agua y pendientes
PA: Área protegidas
BZ: Zona limítrofe

Formulario 4 Árbol

Código árbol

Opciones	
1	Izquierdo
2	Derecho

Tipo de medida del árbol

Opciones	
1	Medidos
2	Estimados

Condición de Protección de árboles

Opciones	
1	Cerca de ríos
2	Sobre la pendiente
3	Cerca de ríos y sobre pendientes
4	Fuera de áreas protegidas

Sanidad del árbol

Opciones	
1	Tallo quebrado
2	Tallo quemado
3	Tallo anillado
4	Infectados por hongos
5	Infectados por insectos

A1-3 Estructura de la documentación

Para el proyecto, es muy importante una cuidadosa documentación sobre la generación de los datos. Únicamente una descripción detallada permitirá a la institución nacional dar una permanencia al proyecto, así como la construcción continua de alianzas con otras instituciones.

La documentación completa fue enviada a SINAC bajo la siguiente estructura:

Documentos digitales

159 fotos aéreas, interpretadas bajo el formato de los programas Carta Linx y Arc View.

Base de datos georeferenciados de los datos de campo, con los puntos y georeferencias de la posición de los árboles, vinculada a una base de datos en EXCEL acerca de información de árboles.

Archivos EXCEL con los datos de campo.

Archivos EXCEL con los datos de las entrevistas.

Un catalogo con fotos terrestres de referencia que fueron tomadas en el campo (por parcela)

Impresos

159 juegos de fotos aéreas impresas (desde imágenes decodificadas con el uso de escáner), impresas en papel satinado.

159 fotos aéreas impresas con los resultados de la fotointerpretación.

40 fotografías y mapas, una por cada localidad muestreada de campo.

Formulario original de colección de información de campo.

Formulario original de entrevistas.

Catálogo de fotografías

Informe final, incluyendo el análisis de resultados.

Anexo 2 (Documentos que vienen por separado)

A2-1 Fotografías aéreas: interpretación y observaciones

A2-2 Manual de campo

A2-3 Juego de formularios

A2-4 Instrucciones para uso de gps

**A2-5 Informe de discusión presentado a INBIO y SINAC en sept. 12, 2001
para iniciar discusión con las instituciones nacionales.**