
**Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación
y la degradación de bosques en los países en desarrollo**

ONU-REDD

Programa nacional Panamá

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE CARBONO DE PANAMÁ

DISEÑO DE LA FASE PILOTO 2013-2015

Y PROPUESTA PARA LA FASE FINAL

Panamá 2015

INVENTARIO NACIONAL FORESTAL Y DE CARBONO DE PANAMÁ
DISEÑO DE LA FASE PILOTO 2013-2015
Y PROPUESTA PARA LA FASE FINAL

Preparado por: Carlos Melgarejo, Asdrúbal Calderón y María del Carmen Ruiz Jaén

Programa de colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo (ONU-REDD)

Programa nacional Panamá

MINISTERIO DE AMBIENTE

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA

Tabla de contenido

1	Introducción.....	3
2	Diseño conceptual del INFC	4
2.1	Alcance y objetivos	4
2.2	Requerimientos para un diseño eficiente del INFC	6
3	Diseño de la fase piloto del INFC	7
3.1	Consideraciones para el diseño	7
3.2	Organización y vínculos institucionales	7
3.3	Conformación de la unidad de muestreo	7
3.4	Forma y tamaño de parcelas y subparcelas.....	8
3.5	Información a recolectar y protocolos de medición.....	9
3.6	Establecimiento del marco muestral	11
3.7	Selección de la muestra para la fase piloto	12
4	Consideraciones para el diseño y la implementación de la fase final	14
4.1	Evaluación de resultados y experiencias de la fase piloto.....	14
4.2	Ajuste del tamaño de las parcelas	14
4.3	Mediciones de hojarasca y madera muerta	16
4.4	Medición de la altura de los árboles.....	17
4.5	Categorías de uso de la tierra	18
5	Propuesta de diseño final	20
5.1	Resumen de cambios propuestos.....	20
5.2	Análisis de tiempos y costos	22
5.3	Muestra final del INFC.....	23
	Anexo 1. Decisiones relevantes de las negociaciones internacionales sobre monitoreo de los bosques para REDD+	25
	Anexo 2. Sistema de clasificación de cobertura y uso de la tierra para el sistema nacional de monitoreo de los bosques.	27

1 Introducción

Panamá carece de información actualizada sobre la composición de especies y los volúmenes en existencia en los bosques del país. El último inventario nacional forestal fue realizado en los años 1968 – 1972 con apoyo de la FAO, y fue enfocado en inventariar las existencias de las especies maderables con miras al aprovechamiento del bosque.

Desde entonces, los inventarios nacionales forestales en el mundo han transitado hacia un enfoque mucho más amplio, y en la actualidad estos inventarios son multipropósito, brindando una descripción multifacética de los bosques, las características biofísicas y ecológicas donde se encuentran dichos bosques, y los aspectos socioeconómicos relacionados con el uso de los productos y servicios que proveen.

Desde el año 2008, Panamá ha manifestado interés de formar parte de un futuro mecanismo REDD+, y desde enero 2011 contó con apoyo del programa ONU-REDD por medio de un programa nacional (ONU-REDD Panamá), el cual tiene por objetivo apoyar al país en el proceso de preparación para REDD+. Un componente importante de REDD+, según lo expresado a través de varias decisiones y recomendaciones de la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), es el establecimiento de un sistema nacional de monitoreo de los bosques (ver Anexo 1 – *Decisiones relevantes de las negociaciones internacionales sobre monitoreo de los bosques para REDD+*), el cual debe basarse en una combinación de teledetección y mediciones de campo, y que permita estimar y reportar sobre las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero provenientes de los bosques.

En este contexto, según el enfoque metodológico del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), las estimaciones de emisiones y absorciones se obtienen del producto de datos de actividad (expresado en superficie) y los factores de emisión (expresados como equivalentes de CO₂ por unidad de superficie). Los datos de actividad provienen normalmente del análisis de imágenes de satélite, mientras que los factores de emisión se estiman mejor a través de mediciones de campo. Para ello, el programa ONU-REDD recomienda a los países realizar un inventario forestal con alcance nacional y diseñado para estimar los cambios de reservorios de carbono como parte integral del sistema nacional de monitoreo de los bosques¹. En la Figura 1 se esquematiza el enfoque metodológico e instrumentos para cumplir con las funciones del sistema nacional de monitoreo de los bosques, incluyendo la estimación de emisiones y absorciones a partir de los datos de actividad y factores de emisión.

Con base en estas necesidades para REDD+ y otras de la institución, el Ministerio de Ambiente de Panamá (MIAMBIENTE)² tomó la decisión de incorporar un Inventario Nacional Forestal y de Carbono (INFC) como prioridad para REDD+ y utilizar recursos de ONU-REDD Panamá destinados al desarrollo de un sistema nacional de monitoreo de los bosques, para preparar y dar inicio de este inventario.

¹ Sistemas Nacionales de Monitoreo de los Bosques: monitoreo y medición, reporte y verificación (M y MRV) en el contexto de las actividades de REDD+. Programa ONU-REDD, FAO, 2013.

² En este documento, Ministerio de Ambiente también se refiere a su antecesor, Autoridad Nacional del Ambiente.

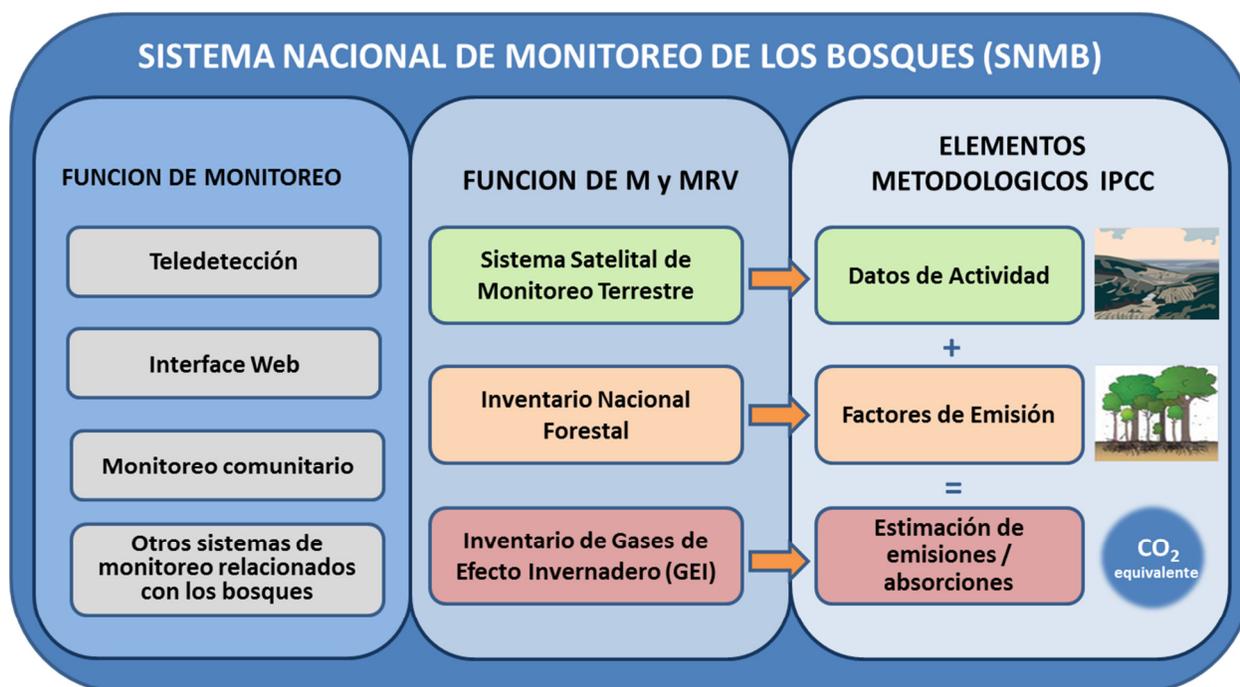


Figura 1. Esquema del sistema nacional de monitoreo de los bosques y elementos metodológicos de IPCC para las estimaciones de emisiones/absorciones de CO₂

El presente documento contiene el diseño conceptual del INFC, el diseño de la fase piloto y algunas opciones para el muestreo final y ajustes a la metodología basados en la experiencia de la fase piloto. Este informe forma parte de la documentación relacionada con el inventario, tal como el informe de los resultados de la fase piloto, manuales y guías de campo, formularios, bases de datos, entre otros.

2 Diseño conceptual del INFC

2.1 Alcance y objetivos

En la etapa inicial del programa ONU-REDD Panamá, como parte de un proceso de discusión y planificación entre MIAMBIENTE y la FAO, se definieron los objetivos y el alcance del INFC. MIAMBIENTE manifestó el interés de contar con un inventario forestal nacional que no sólo cumpla con los requerimientos mínimos para REDD+, sino también proporcione información para apoyar la definición y seguimiento de políticas forestales, y para mejorar la gestión forestal en el país. Por tanto, se estableció que el inventario debería conceptualizarse desde el inicio con un enfoque multipropósito, incluyendo una amplia gama de información sobre los bosques.

También se discutió a profundidad el alcance del INFC, considerando aspectos geográficos, temáticos y temporales, así como financieros, ya que diseños más ambiciosos también tienen mayores costos.

Con respecto al alcance geográfico, se decidió enfocarse, en primera instancia, en generar estadísticas para el ámbito nacional, para no incurrir en los compromisos financieros que un enfoque subnacional conllevaría, dejando para el futuro la opción de expandir el inventario para generar también estadísticas subnacionales, si así se decidiera.

El alcance temático fue definido como multipropósito, y hubo muchas discusiones sobre qué incluir y qué no. Lo requerido para REDD+ son los cinco reservorios de carbono (biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta caída, hojarasca y carbono orgánico del suelo), y se decidió recolectar información que permita estimar estos cinco reservorios de carbono para diferentes coberturas y usos de la tierra. También se decidió incorporar la información forestal tradicional, que sirve para evaluar la política y la gestión forestal, tal como especies, abundancia, volúmenes en existencia, calidad de fuste, condición fitosanitaria, y parámetros biofísicos, incluyendo pendiente, tipo de erosión, textura y color del suelo, entre otros. Se decidió también recopilar datos del suelo, para complementar los datos disponibles en el país. Finalmente, se decidió prestar mucha importancia a mejorar el conocimiento de las especies arbóreas forestales, tanto por su importancia en la estimación de biomasa y carbono, como para obtener mejor información sobre la biodiversidad y composición florística del bosque.

Durante la etapa de diseño se consideró incluir información detallada sobre aspectos socioeconómicos y de diversidad biológica; sin embargo, después de consultar con expertos en estos temas, por los costos relacionados a la cantidad de personal requerido, se decidió no recolectar información socioeconómica durante la fase piloto. Para obtener información sobre diversidad biológica, se consideró la posibilidad de instalar cámaras trampa, y realizar recolectas de anfibios y reptiles en colaboración con investigadores de la Universidad de Panamá, pero debido a limitaciones financieras, también se decidió dejar dicha actividad como una opción para el futuro si hubiera suficiente financiamiento.

A pesar de no levantar información socioeconómica y de diversidad biológica detallada, en la fase piloto del INFC se realizaron algunas actividades relacionadas con estos temas. Por ejemplo, para datos socioeconómicos, se entrevistó a una o dos personas de la comunidad de mayor influencia en la unidad de muestreo, y se recolectó información sobre servicios, dinámica de población, actividades económicas principales e historial del poblado. Con respecto a la diversidad biológica, se identificaron, a nivel de especie, todos los árboles medidos en la unidad de muestreo, permitiendo generar información sobre la diversidad biológica arbórea.

Respecto al alcance temporal, se discutió la opción de realizar un inventario único frente a un inventario continuo con parcelas permanentes. El inventario único tiene menor costo, pero no permite estimar cambios; eventuales inventarios sucesivos independientes permiten estimar cambios, pero de forma muy imprecisa. Por otra parte, un inventario continuo con parcelas permanentes tiene mayor costo, requiere una estructura institucional permanente y asignación de recursos financieros de largo plazo, pero permite la estimación de cambios en los reservorios de carbono que pueden traducirse directamente en factores de emisión. Permite también conocer mucho mejor los procesos dinámicos del bosque, tales como crecimiento, mortalidad, cambio en composición florística, entre otros, y provee información valiosa para mejorar la gestión forestal y la investigación. Luego del análisis de ambas opciones, se decidió establecer parcelas permanentes para el inventario.

Considerando todo lo anterior, los objetivos del INFC se formularon de la siguiente forma:

Objetivo general:

- Proporcionar una descripción exhaustiva del recurso forestal en el ámbito nacional, según los requerimientos del país, mediante un proceso estadístico robusto y transparente que genera información verificable y de incertidumbre conocida.

Objetivos específicos:

- Proporcionar información para establecer y evaluar la política forestal, para mejorar la gestión de los bosques y para la toma de decisiones estratégicas relacionadas con el sector forestal.
- A través de mediciones periódicas, obtener estimaciones más precisas sobre cambios en biomasa y carbono en los diferentes tipos de bosque como base para estimar los factores de emisión para el reporte de las emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.
- Generar información para la preparación de informes para convenciones y acuerdos internacionales.
- Mejorar el conocimiento sobre la diversidad biológica y de suelos.
- Proporcionar información para la investigación forestal.
- Fortalecer las capacidades nacionales para la elaboración de inventarios forestales y de carbono.

2.2 Requerimientos para un diseño eficiente del INFC

Para realizar un diseño eficiente del INFC, es necesario contar con información previa sobre la variabilidad de diferentes parámetros clave dentro y entre diferentes posibles estratos. También se requiere información sobre los tiempos y costos para levantar los datos de campo. Finalmente, se debe establecer el alcance del inventario, sea en términos de una incertidumbre deseada de información clave, o en términos de recursos financieros disponibles.

En el caso de Panamá, no se disponía de información previa, por lo cual se decidió utilizar fondos del programa ONU-REDD Panamá para realizar un inventario piloto con la finalidad de:

- obtener información sobre la variabilidad natural de indicadores clave,
- establecer costos y tiempos de las diferentes tareas y actividades,
- probar y mejorar la metodología desarrollada para el trabajo de campo, e identificar cómo organizar el trabajo y la logística relacionada, y
- capacitar a técnicos y profesionales de MIAMBIENTE, de empresas forestales consultoras, ONG y pueblos indígenas, en la metodología propuesta para el levantamiento de los datos de campo.

En el siguiente capítulo se describen con mayor detalle las consideraciones específicas para el inventario piloto y diseño del mismo.

3 Diseño de la fase piloto del INFC

3.1 Consideraciones para el diseño

Para diseñar la fase piloto del INFC, además de aspectos financieros, se consideraron principalmente, los siguientes elementos:

- Organización y vínculos institucionales
- Conformación de la unidad de muestreo
- Forma y tamaño de las parcelas
- Información a recolectar y protocolos de medición
- Selección de la muestra

A continuación se detalla cada uno de estos aspectos.

3.2 Organización y vínculos institucionales

La coordinación de la fase piloto del INFC ha sido compartida entre MIAMBIENTE y FAO. Además, debido a que la información botánica es fundamental para determinar el contenido de carbono de los bosques tropicales de Panamá, se estableció un acuerdo con el Herbario de la Universidad de Panamá para:

- Establecer una colección de referencia de muestras botánicas para especies presentes en las UM del INFC
- Ampliar la colección del Herbario de la Universidad de Panamá con muestras de las especies georreferenciadas obtenidas durante la primera fase del INFC.
- Identificar y verificar las muestras botánicas registradas durante la primera fase del INFC.
- Sistematizar la información generada en campo y laboratorio utilizando: a) el programa de manejo de datos que emplea el Herbario de la Universidad de Panamá, Brahms; b) la base de datos botánica de la primera fase del INFC.
- Fortalecer las capacidades institucionales a través de actividades que incluyen intercambio de experiencias, capacitación de pasantes y nuevo personal del Herbario de la Universidad de Panamá en técnicas de herbario, procesamiento y digitalización de material vegetal.

Adicionalmente, los análisis del contenido de carbono en hojarasca y suelos, fue llevado a cabo por el laboratorio de análisis del Departamento de Suelos y Aguas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá.

3.3 Conformación de la unidad de muestreo

Parcelas individuales ofrecen la ventaja de que se logra una mayor distribución geográfica con una cierta intensidad de muestreo, pero tienen la desventaja que, en casos de acceso difícil y altos costos asociados, se puede gastar una gran parte de los recursos para el inventario sólo para acceder a estas

parcelas. Una forma estadística para mejorar el costo-eficiencia del trabajo de campo es formar conglomerados de parcelas, donde cada conglomerado constituye una unidad de muestreo (UM). De esta forma, el costo para acceder a la UM, se distribuye entre las parcelas, y del tiempo total de la brigada de campo se dedica una mayor proporción al levantamiento de los datos.

Para el inventario piloto se decidió utilizar unidades de muestreo constituidas por conglomerados de cuatro parcelas, ubicadas en forma de cruz alrededor del punto central de la UM.

3.4 Forma y tamaño de parcelas y subparcelas

En un estudio sobre las fuentes de error en la estimación de la biomasa llevado a cabo por Chave y otros en el 2004³, se identificó que el tamaño mínimo recomendado es de 0.25 ha, lo que equivale a una parcela rectangular de 20 x 125 m, una parcela cuadrada de 50 x 50 m, o una parcela circular de 28 m de radio. Parcelas de tamaños menores no cumplen con los criterios de una distribución normal, ya que la presencia o ausencia de árboles grandes podría explicar la variación entre parcelas.

Las parcelas circulares pueden ser fáciles de medir, si los radios son pequeños, ya que a medida que aumenta el radio, se dificulta la movilidad en el campo. Al mismo tiempo, el establecimiento de parcelas circulares depende de la experiencia de la cuadrilla de campo, y se dificulta si se trabaja con grupos de distintos niveles técnicos en el país.

Las parcelas rectangulares angostas facilitan el conteo de los árboles, si se trabaja desde un eje central. Si el ancho no es mayor de 20 m (10 m a cada lado del eje central), la visibilidad normalmente permite ver todos los árboles desde la línea central. Además, parcelas de este tipo, son útiles para incluir la heterogeneidad del paisaje, e información sobre la topografía y composición del bosque. En bosques tropicales, esta forma de parcelas es costo-eficiente, ya que la cuadrilla de campo puede avanzar midiendo los árboles al mismo tiempo que se está abriendo la línea central de la parcela.

Para la fase piloto del INFC, se utilizaron UM compuestas por conglomerados de 4 parcelas permanentes de 20 x 250 m en forma de cruz, a 25 m equidistantes del punto central de la UM, orientadas a los cuatro puntos cardinales y con una superficie efectivamente inventariada de 2 hectáreas (Figura 2).

La Figura 2 muestra cómo cada parcela está subdividida en tres secciones o subparcelas, la primera de 20 x 50 m, la segunda de 20 x 100 m y la tercera de 20 x 250 m. La razón para la división en subparcelas fue para reducir la carga de trabajo: en la primera se miden todos los árboles mayores a 10 cm de diámetro, en la segunda sólo los árboles mayores a 20 cm y en la tercera sólo los árboles mayores a 50 cm. Como la distribución diamétrica del bosque normalmente sigue la curva de una "J" inversa, de esta forma se puede evitar medir una gran cantidad de árboles pequeños que no aportan mucho a las reservas de biomasa y carbono, y al mismo tiempo se asegura la inclusión de un mayor número de árboles de tamaño mediano y grande.

³ Chave y otros 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society Biological Sciences* 329: 409-420.

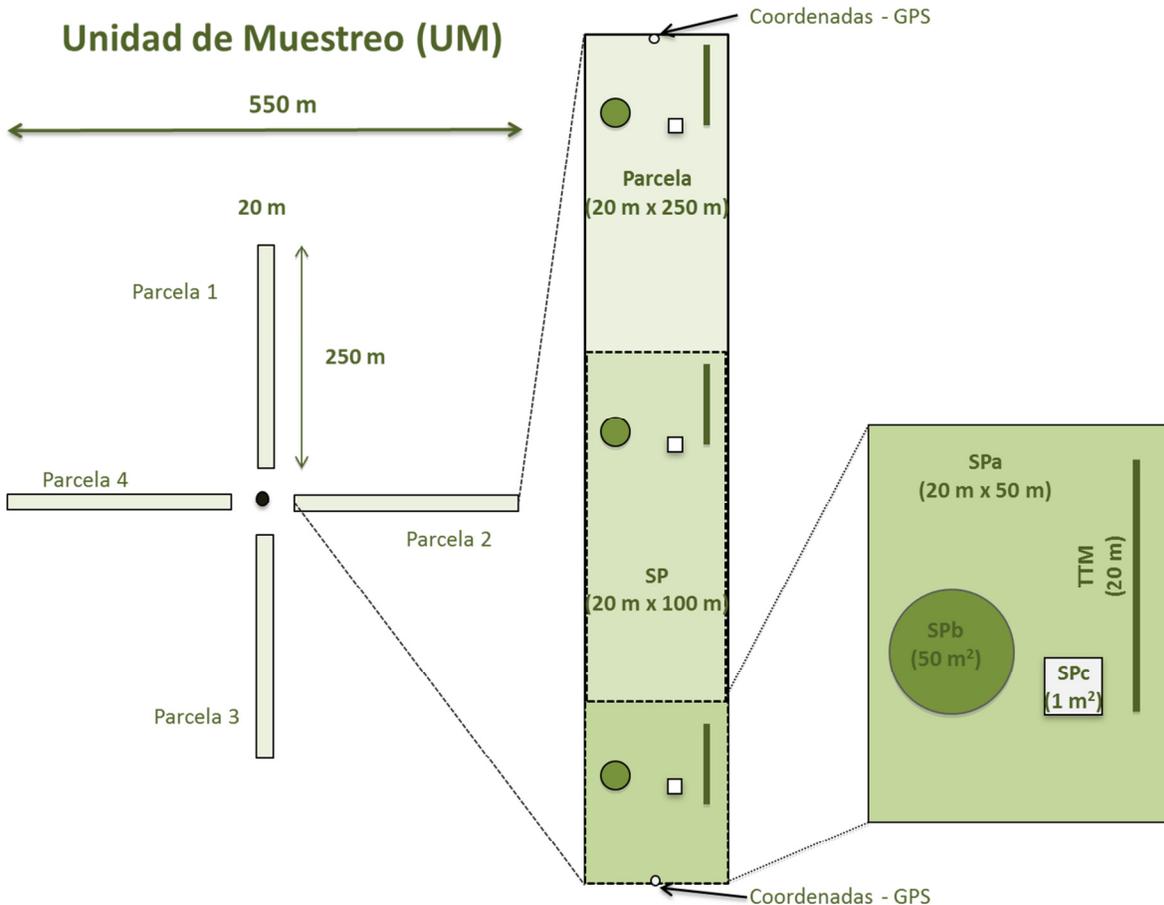


Figura 2. Detalle del diseño de la UM, parcela y subparcelas anidadas utilizadas en la fase piloto del INFC.

La Figura 2 también muestra que cada sección contiene una subparcela circular de 50 m², una subparcela cuadrada de 1 m² y una línea o transecto de 20 m de longitud. En las subparcelas circulares se registraron todos los árboles de regeneración (< 10 cm), en la subparcela cuadrada se recolectó la hojarasca y en los transectos se tomaron mediciones de la madera muerta caída.

3.5 Información a recolectar y protocolos de medición

Durante la fase piloto del inventario, en cada UM se tomaron mediciones para estimar los cinco reservorios de carbono, información socioeconómica del poblado de influencia y características topográficas. En la Tabla 1 se resume la información recolectada en campo; para cada parámetro recolectado se desarrolló un protocolo de medición. Estos protocolos se incluyen en el manual de campo del INFC. Además, un 20% de las unidades de muestreo fueron remedidas para controlar la calidad de los datos recolectados en campo (información detallada en el Manual de Control de Calidad).

Tabla 1. Detalle de las mediciones y observaciones realizadas en campo para cada UM durante la fase piloto del INFC.

Unidad	Descripción
Descripción de la Unidad de Muestreo (UM)	
UM	Acceso a la UM: coordenadas del punto de inicio (lugar donde estacionó el vehículo/lancha) y registro de la hora de partida hacia la UM.
UM	Ubicación del punto central: <ul style="list-style-type: none"> • Coordenadas con GPS de alta precisión del punto central de la UM. • Marca permanente en el punto central (varilla de hierro). • Tres puntos de referencia para la ubicación del punto central de la UM. • Fotos: (1) del GPS de alta precisión mostrando las coordenadas y elevación donde se colocó el punto central, y (2) de la pantalla del GPS de alta precisión desde el punto central en dirección a cada punto cardinal.
UM	Entrevista con una o dos personas de la localidad para obtener información socioeconómica sobre el poblado de influencia de la UM.
UM/ Parcela (P)	Largo de la parcela: se toman coordenadas con GPS de alta precisión en el punto inicial y final (250 m) de cada parcela.
Cobertura y uso de la tierra	
P	En el eje central a 25 m, 75 m, 125 m, 175 m y 225 m, se indica el tipo de cobertura y uso de la tierra con base en el sistema de clasificación elaborado por MIAMBIENTE-FAO (Anexo 2).
P	Croquis con las divisiones de las distintas coberturas boscosas y usos de la tierra, con la identificación de los dueños de cada cobertura o uso.
Mediciones para estimar abundancia, área basal, volumen, biomasa aérea y carbono en la biomasa.	
P	Mediciones de los árboles y palmas <i>iguales o mayores a 50 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho)</i> . Siempre se mide la altura total y de fuste con clinómetro, y se determina la especie del árbol.
Subparcela (SP)	De 50 m a 150 m del eje central de cada parcela, se miden: <ul style="list-style-type: none"> • diámetro, altura total, altura de fuste, y se identifican a nivel de especie, los árboles, palmas y helechos arbóreos <i>mayores o iguales a 20 cm de DAP</i>. • diámetro de las <i>lianas</i> iguales o mayores a <i>10 cm de diámetro</i>, a una distancia de 1.3 m desde el nacimiento de la liana.
SPa	En los primeros 50 m de cada parcela, se miden: <ul style="list-style-type: none"> • diámetro, altura total y altura de fuste, y se identifican a nivel de especie, los árboles, palmas y helechos arbóreos <i>mayores o iguales a 10 cm de DAP</i>. • diámetro de las <i>lianas</i> iguales o mayores a <i>5 cm de diámetro</i>, a una distancia de 1.3 m desde el nacimiento de la liana.
SPb	A 25 m, 125 m y 225 m del eje central, desplazándose 5 m a la izquierda, se mide la regeneración natural contando todos los tallos leñosos menores de 10 cm de DAP y mayores de 1.3 metros de altura, y se clasifican en <i>árboles/bambúes/helechos arbóreos/lianas/palmas</i> . No se incluyen las especies arbustivas.
SPc	A 25 m, 125 m y 225 m del eje central, desplazándose 2 m a la derecha, se mide: <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cobertura y altura promedio de plantas no leñosas (hierbas leguminosas/pasto mejorado/natural).

Unidad	Descripción
Madera muerta	
P, SP y Spa	Se determina el diámetro y altura total de todos los árboles muertos en pie, utilizando la misma metodología que para los árboles vivos.
Spa	En los primeros 50 m de cada parcela se registran todos los tocones mayores de 10 cm de diámetro superior.
Transecto de Madera Muerta (TMM)	A 25 m, 125 m y 225 m del eje central, desplazándose 5 m a la derecha, se mide: <ul style="list-style-type: none"> • Diámetro y grado de descomposición de todos los troncos caídos iguales o mayores de 5 cm de diámetro, que toquen transversalmente un transecto de 20 m.
Hojarasca	
SPc	A 25 m, 125 m y 225 m del eje central, desplazándose 2 m a la derecha, se mide el contenido de humedad y se recolecta y pesa la hojarasca presente en 1 m ² (se devuelve, una vez se pesa).
UM	En el punto central se recolecta la hojarasca presente en 1 m ² para determinar el contenido de carbono en el laboratorio.
Carbono en la materia orgánica del suelo	
SPc	A 25 m, 125 m y 225 m del eje central, desplazándose 2 m a la derecha, se mide la presencia de materia orgánica, textura y color del suelo de 0-10 cm de profundidad.
UM	En el punto central se establece una calicata de aproximadamente 4 m ² por 1 m de profundidad, se toman muestras de suelo para determinar densidad aparente y contenido de carbono en la materia orgánica del suelo en tres horizontes: 0-30 cm, 30-60 cm y >60 cm de profundidad.
Otras mediciones	
Parcela	<i>Degradación:</i> <ul style="list-style-type: none"> • Se registra la condición fitosanitaria y calidad de fuste de los árboles medidos. • Se determina la presencia de quema y tala de los tocones y árboles caídos encontrados.
UM	<i>Fertilidad de suelos:</i> se recolectan cuatro barrenos de 2.22 cm de diámetro por 30 cm de profundidad en cada esquina de la calicata establecida en el punto central.
SPc	A 25 m, 125 m y 225 m del eje central, desplazándose 2 m a la derecha, se mide la topografía, erosión, pendiente, pedregosidad, drenaje y color del suelo.
Parcela	<i>Diversidad florística:</i> se recolecta una muestra botánica para cada especie de los árboles presentes en la unidad de muestreo, para formar parte de una colección de referencia.

3.6 Establecimiento del marco muestral

Para diseñar el muestreo del INFC, se estableció primero un marco muestral con puntos cada 3 x 3 km que cubriera todo el territorio nacional, dando como resultado una cuadrícula con un total de 8,327 puntos (Figura 3). Cada punto de la cuadrícula representa la ubicación potencial del centro de una UM y se le asignó un número único. El listado de los puntos enumerado fue luego utilizado para seleccionar las UM. La razón para establecer un marco muestral tan denso fue permitir, en el futuro, hacer una estratificación más fina, incluyendo estratos con poca superficie, si así se decidiera.

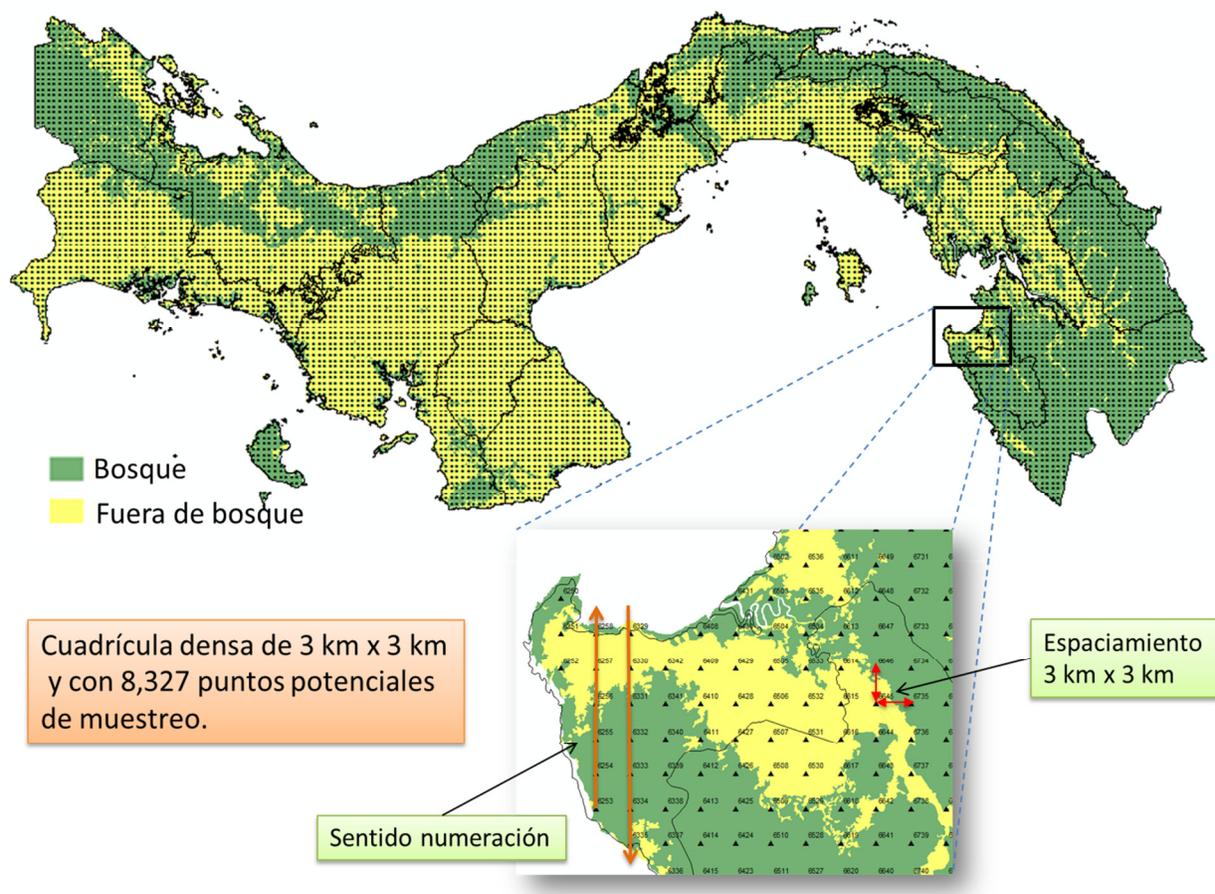


Figura 3. Marco muestral con la cuadrícula densa de puntos que corresponden a la ubicación potencial de unidades de muestreo para el INFC en Panamá.

La cuadrícula de muestreo se estableció con herramientas de sistemas de información geográfica⁴, y se puede sobreponer a mapas temáticos; en particular al mapa de cobertura boscosa, para asignar atributos a cada punto. Esto permite realizar distintas estratificaciones según sea necesario.

3.7 Selección de la muestra para la fase piloto

Para la fase piloto se decidió utilizar un muestreo sistemático-estratificado por áreas en bosque y fuera de bosque, lo que asegura una distribución de las UM en todo el territorio nacional y permite seleccionar mayor cantidad de UM en áreas boscosas, para mejorar la estimación del carbono presente en los bosques. Para esta estratificación se utilizó el mapa generado por ANAM para el año 2000, ya que el nuevo mapa de cobertura y uso de la tierra todavía no se había finalizado. A cada punto de la cuadrícula establecida para el marco muestral se le asignó una categoría (bosque / fuera de bosque) según la cobertura predominante en un círculo con radio de 250 m del punto central.

⁴ Se utilizó el software ArcGIS con la opción *Sampling tools* y la extensión *Hawths tools*.

Para la fase piloto se estableció un marco muestral más reducido, seleccionando una de cada 10 columnas de la cuadrícula, en total 21 columnas separadas por 30 km, generando un marco muestral de 808 puntos potenciales: 345 en bosque y 463 en áreas fuera de bosque.

Del marco muestral reducido, y debido a circunstancias que enfrentó el programa ONU-REDD Panamá que redujeron el presupuesto disponible, se optó por la selección de 50 UM para la fase piloto: 40 en bosque y 10 fuera del bosque. Para ello se preparó un listado de puntos potenciales para cada categoría, ordenado geográficamente, de los cuales se seleccionaron de forma sistemática las UM a ser inventariadas. El resultado de esta selección se muestra en la Figura 4.

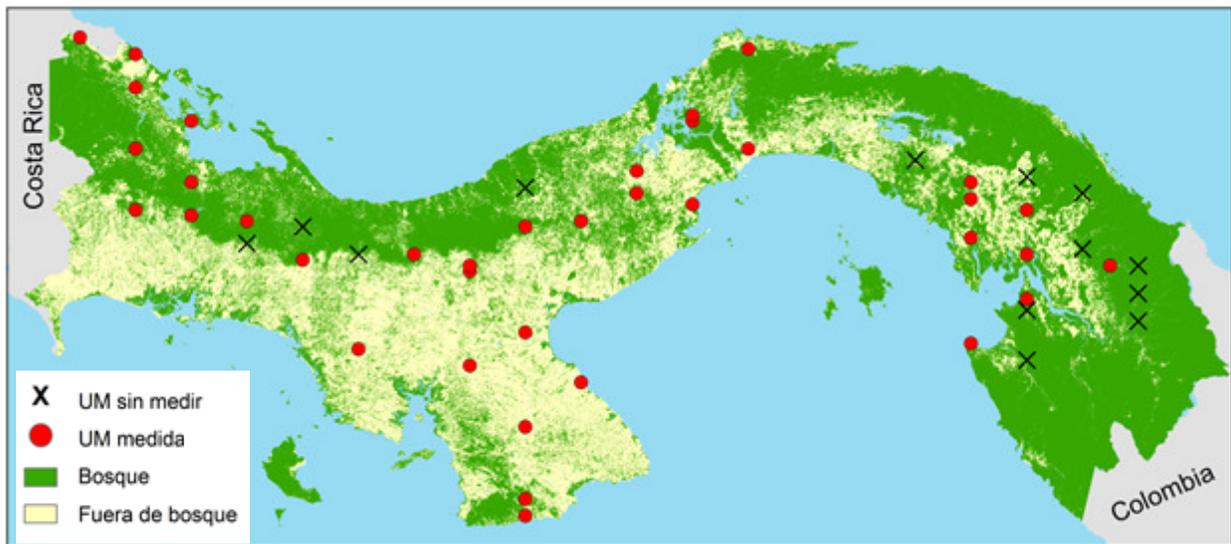


Figura 4. Selección de 50 unidades de muestreo para la fase piloto del Inventario Nacional Forestal y de Carbono para Panamá.

De las 50 UM seleccionadas, se levantó información de campo para 37 de ellas (marcadas con puntos rojos en la Figura 4), dejando 13 UM sin levantar (marcadas con "x" en la Figura 4), la mayoría de ellas en territorios indígenas. No fue posible levantar todas las UM previstas debido a que el proceso de consulta y toma de decisiones para la implementación del INFC en los territorios indígenas tomó más tiempo de lo previsto y consumió gran parte del periodo disponible para realizar la fase piloto del INFC.

En el documento sobre resultados del inventario piloto se presentan en mayor detalle los resultados y cálculos estadísticos basados en las 37 UM levantadas.

4 Consideraciones para el diseño y la implementación de la fase final

4.1 Evaluación de resultados y experiencias de la fase piloto

Los objetivos de la fase piloto del INFC fueron obtener información sobre la variabilidad de diferentes parámetros clave (área basal, volumen, biomasa, carbono), probar y afinar la metodología de levantamiento de campo, conocer los tiempos y costos de las diferentes procesos de campo, y capacitar personal técnico de MIAMBIENTE, empresas privadas y comunidades indígenas en la metodología de levantamiento de campo. Toda esta información es fundamental para el diseño de la fase final del INFC, asegurando un inventario lo más costo-eficiente posible y que genere información con incertidumbre aceptable.

Con el objetivo de reducir costos y tiempos de levantamiento de campo y mejorar la costo-eficiencia del INFC, a continuación se plantean consideraciones para ajustar el tamaño de las parcelas, reducir las muestras de hojarasca y madera muerta, analizar modificar las mediciones de altura y modificar la forma de asignación de la categoría de uso de la tierra.

A final de este capítulo se presenta una propuesta de diseño de la fase final del INFC con sugerencias de modificaciones en la forma de levantar los datos de campo. Es importante recalcar que las modificaciones propuestas se mantienen dentro del esquema de diseño inicial, lo cual permite incorporar toda la información de la fase piloto como parte integral del inventario.

4.2 Ajuste del tamaño de las parcelas

Según se ha indicado, en la fase piloto del INFC de Panamá se utilizaron parcelas anidadas para la medición de árboles según su diámetro (DAP); los árboles con DAP mayor o igual que 50 cm se midieron en cuatro parcelas de 20 x 250 m; los árboles de 20 a 49.9 cm de DAP se midieron en cuatro parcelas de 20 x 150 m; y los árboles de 10 a 19.9 cm de DAP se midieron en cuatro parcelas de 20 x 50 m.

Para cada uno de los árboles en la parcelas se registró su ubicación espacial mediante coordenadas X, Y referidas al punto de inicio de cada parcela, lo cual permite su reubicarlos en campo para procesos de remediación y control de calidad. La ubicación de los árboles también facilita analizar las consecuencias de cambiar el tamaño de la parcela.

Para la fase piloto del INFC se decidió utilizar tamaños de parcela suficientemente grandes que aseguraran capturar la variabilidad de los estimadores de diferentes variables y registrar aspectos poco comunes tales como árboles de especies poco frecuentes, árboles grandes, entre otros. Sin embargo, los tamaños de parcela grandes tienen la desventaja de un costo de medición relativamente alto. Además, cuando la topografía es abrupta se requiere de muchas correcciones para obtener la distancia horizontal, lo cual puede introducir errores.

El análisis del impacto de modificar el tamaño de la parcela se efectuó para tres clases de tamaño de árboles: de 10 a 19.9 cm de DAP, de 20 a 49.9 cm de DAP, y mayores o iguales que 50 cm de DAP. Cada

una de las clases diamétricas fue analizada de manera independiente, usando distintos tamaños de parcelas y manteniendo constante el ancho de la parcela (20 m). El resumen de las comparaciones realizadas se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Diferentes longitudes de parcelas y clases diamétricas utilizadas para el análisis del impacto de modificar el tamaño de la parcela.

Clase diamétrica (DAP)	Largo de parcela
10-19.9 cm	50 y 25 m
20-49.9 cm	150 y 125 m
Mayor o igual que 50 cm	250, 200, 150 y 125 m

Para cada combinación de clase diamétrica y tamaño de parcela, se creó una nueva base de datos, en la cual se dejaron únicamente los árboles que cumplieran las condiciones de ubicación y DAP. Para cada combinación se calculó la biomasa aérea y su error de muestreo, número de especies en el inventario y número de árboles por hectárea, utilizando el software desarrollado para el INFC, *Sistema inventarios forestales en bosques públicos y privados* (SIBP²). Para comparar medias independientes de dos tamaños de parcela, se utilizó la prueba *t*, y cuando se compararon más de dos tamaños de parcela se empleó el Análisis de Varianza de un factor (ANOVA); en ambos casos utilizando el software SPSS.

La Tabla 3 resume los resultados de los análisis efectuados para las distintas combinaciones de tamaño de parcela y clase diamétrica.

Tabla 3. Comparación de estimaciones de biomasa aérea, su error de muestreo (95%) y coeficiente de variación; número de árboles y especies por tamaño de parcela y clase diamétrica.

Tamaño de parcela	Biomasa (t/ha)	Error de muestreo (%)	Coefficiente de variación (%)	Número de árboles por ha	Número de especies
Árboles 10 – 19.9 cm DAP					
20 x 50 m	10.63	31.19	92	172.36	448
20 x 25 m	11.64	32.76	97	185.42	342
Árboles 20 – 49.9 cm DAP					
20 x 150 m	37.93	28.94	86	98.35	496
20 x 125 m	39.68	30.03	89	103.08	462
Árboles mayores de 50 cm DAP					
20 x 250 m	34.93	34.90	103	10.26	187
20 x 200 m	36.00	35.41	105	10.54	166
20 x 150 m	34.06	34.76	103	10.73	145
20 x 125 m	34.95	36.84	109	11.28	135

En la Tabla 3 se observa que para árboles entre 10 y 19.9 cm, no hay diferencias significativas en los valores de biomasa para las dos opciones de tamaño de parcela. Sin embargo, al reducir el tamaño de las parcelas, la cantidad de especies baja considerablemente (23.7%); por lo cual **se recomienda mantener el tamaño de la parcela (20 x 50 m) para medir árboles de 10 y 19.9 cm.**

Para árboles entre 20 y 49.9 cm, tampoco hay diferencias significativas en las estimaciones de biomasa y el número de especies se reduce ligeramente (6.8 %). **Se recomienda mantener el tamaño de la parcela (20 x 150 m) para medir árboles de 20 y 49.9 cm.**

Para árboles mayores o iguales a 50 cm, no hay diferencias significativas en las estimaciones de biomasa. Al reducir el tamaño de la parcela se observa una reducción del número de especies en esta clase diamétrica; sin embargo, estas especies podrían estar reportadas en las clases diamétricas menores, las cuales presentan una mayor cantidad de especies, según se observa en la Tabla 3. Por lo tanto, **se recomienda reducir el tamaño de la parcela de 20 x 250 m a 20 x 150 m**, considerando la reducción de tiempos y costos involucrados.

Para la fase final del INFC se recomienda reducir el tamaño de parcela para árboles mayores o iguales a 50 cm de DAP, y mantener el tamaño de las parcelas para árboles de 20 a 49.9 cm (20 x 150 m) y de 10 a 19.9 cm (20 x 50 m)

4.3 Mediciones de hojarasca y madera muerta

También se realizó un análisis comparativo sobre el muestreo de hojarasca y madera muerta. En la fase piloto, la hojarasca se midió en tres subparcelas de 1 m² por cada parcela (12 en total por UM); y en el caso de la madera muerta, en cada parcela se levantaron tres transectos de 20 m (240 m en toda la UM). Por medio de un análisis de varianza, se evaluó el impacto de eliminar una subparcela de muestreo de hojarasca y un transecto para madera muerta en cada parcela, para reducir las mediciones durante la fase final. La Tabla 4 presenta las combinaciones utilizadas para el análisis.

Tabla 4. Combinaciones usadas para comparar estimaciones de carbono en hojarasca y madera muerta.

Hojarasca	Madera muerta
Puntos 1, 2 y 3 (fase piloto)	Transectos 1, 2 y 3 (fase piloto)
Puntos 1 y 2	Transectos 1 y 2
Puntos 1 y 3	Transectos 1 y 3
Puntos 2 y 3	Transectos 2 y 3

Para la estimación del peso seco de la madera muerta, las pruebas de ANOVA muestran que no hay diferencia significativa al utilizar 8 transectos de 20 metros cada uno en vez de utilizar 12 transectos como en la fase piloto. Igualmente, para la hojarasca las pruebas muestran que no hay una diferencia significativa al usar 8 subparcelas de muestreo que al usar 12 subparcelas por UM. Las estimaciones tanto para la hojarasca como para la madera muerta caída son muy variables, independientemente del número de puntos de muestreo. Los resultados anteriores se resumen en la Tabla 5.

Tabla 5. Promedio y coeficiente de variación para la estimación de materia orgánica en hojarasca y madera muerta caída.

Combinaciones comparadas	Materia orgánica en hojarasca (peso seco)		Materia orgánica en madera muerta caída (peso seco)	
	Promedio (t/ha)	Coefficiente de variación (%)	Promedio (t/ha)	Coefficiente de variación (%)
1, 2 y 3 (fase piloto)	0.0145	108	9.88	156
1 y 2	0.0147	103	10.14	153
1 y 3	0.0153	109	10.43	153
2 y 3	0.0091	117	9.06	195

Considerando los resultados de este análisis, para la fase final del INFC **se recomienda reducir de 12 a 8 por UM, tanto el número de subparcelas para hojarasca como el de transectos para madera muerta caída.**

Para la fase final del INFC se recomienda reducir de 12 a 8 por UM, la cantidad de subparcelas para hojarasca y transectos para madera muerta caída.

4.4 Medición de la altura de los árboles

La medición de la altura de los árboles en el campo requiere una inversión importante de tiempo. Además, puede generar errores de diferente tipo, entre ellos: no distinguir el punto de la copa del árbol, y no mantener la distancia horizontal correcta entre la persona que mide y el árbol. A pesar de estos inconvenientes, conocer la altura de los árboles con mejor precisión mejora las estimaciones de volumen, biomasa y carbono de los árboles.

En la fase piloto del INFC, se midió con hipsómetro la altura de todos los árboles mayores o iguales a 50 cm de DAP y para los árboles entre 10 cm a 49.9 cm de DAP, se midió cada diez árboles. Para el resto de los árboles la altura fue estimada en el campo a simple vista.

Buscando mejorar la eficiencia en las mediciones y reducir el error, **se propone analizar la posibilidad de substituir la estimación ocular de la altura por estimaciones con modelos alométricos.** En este contexto, el software SIBP² tiene incorporados diferentes modelos alométricos para ajustar la relación entre diámetro y altura que pueden ser utilizados tal como están; sin embargo, es un tema que merece un análisis más profundo.

4.5 Categorías de uso de la tierra

Para estimar biomasa y carbono por categoría de uso de la tierra (CUT), se requiere asignar a cada árbol medido el CUT al que pertenece. Para ello, durante la fase piloto del INFC se establecieron dos formas para asignar el CUT; el primer método consistió en dibujar un croquis de cada una de las parcelas con la representación de los límites de los CUT, y el segundo método consistió en la asignación de un único CUT a cada uno de cinco segmentos de 20 x 50 m de cada parcela (20 segmentos por UM). El primer método demanda mucho más tiempo en campo, ya que la cuadrilla debe medir y dibujar los límites exactos de los CUT; además, de forma posterior se necesita procesar los datos en un sistema de información geográfica para estimar las áreas exactas de cada CUT.

Tabla 6. Categorías de uso de la tierra agrupadas para el análisis de estimación de área.

Categoría agrupada	CUT incluidos
1. Bosque latifoliado maduro	<ul style="list-style-type: none"> Bosque natural latifoliado mixto maduro (BLM) Bosque natural de orejón maduro (BOM) Bosque natural de cativo maduro (BCM)
2. Bosque latifoliado secundario	<ul style="list-style-type: none"> Bosque natural latifoliado mixto secundario (BLS) Bosque natural de orejón secundario (BOS) Bosque natural de cativo secundario (BCS)
3. Bosque de mangle	<ul style="list-style-type: none"> Bosque natural de mangle maduro (BMM) Bosque natural de mangle secundario (BMS)
4. Bosque de rafia	<ul style="list-style-type: none"> Bosque natural de rafia (BNR)
5. Plantación	<ul style="list-style-type: none"> Plantación de coníferas (PCO) Plantación de latifoliadas (PLA)
6. Rastrojo	<ul style="list-style-type: none"> Rastrojo y vegetación arbustiva (RAR)
7. Pasto	<ul style="list-style-type: none"> Pasto (PAS)
8. Cultivo agrícola	<ul style="list-style-type: none"> Cultivo permanente - Café (CPC) Cultivo permanente - Plátano/banano (CPL) Cultivo permanente - Cítricos (CCI) Cultivo permanente - Palma aceitera (CPA) Cultivo permanente - Palma de coco (CPC) Cultivo permanente - Otro (CPO) Cultivo anual (CAN) Área heterogénea de producción agropecuaria (AGR)
9. Otro CUT	<ul style="list-style-type: none"> Vegetación baja inundable (pantanos y ciénagas) (VBI) Páramo (PAR) Afloramiento rocoso, tierra desnuda (RTD) Playa y arenal natural (PAN) Albina (ALB) Área poblada urbana (APU) Área poblada rural (APR) Infraestructura (INF) Explotación minera (EMI) Estanque de acuicultura (EAC) Salinera (SAL) Otro uso (OTU) Inaccesible (INA) No sabe/No aplica

El objetivo de incorporar los dos métodos de estimación de CUT en la fase piloto del INFC fue comparar la cuantificación de áreas para establecer un método único para la fase final. La comparación de métodos se realizó para nueve categorías de CUT (Tabla 6) utilizando análisis de Varianza (ANOVA) de un factor y también pruebas *t* para muestras independientes. Para hacer el cálculo de dichas pruebas se utilizó el software SPSS.

Los resultados de las pruebas de ANOVA y pruebas *t* muestran que no existe diferencia significativa entre las estimaciones de áreas de los CUT utilizando datos recolectados por el método del croquis y el método del segmento. En la Tabla 7 se muestran los resultados obtenidos para cada una de las categorías.

Tabla 7. Diferencia en la estimación de área según el método de cálculo de categoría de uso de la tierra.

Categoría	Método Croquis		Método Segmentos		Diferencia (%)
	Área Promedio (ha)	Área (%)	Área Promedio (ha)	Área (%)	
1. Bosque latifoliado maduro	0.404	20.20	0.403	20.1	0.08
2. Bosque latifoliado secundario	0.472	23.60	0.500	25.0	1.38
3. Bosque de mangle	0.083	4.10	0.094	4.7	0.59
4. Bosque de rafia	0.055	2.70	0.056	2.8	0.05
5. Plantación	0.071	3.55	0.075	3.8	0.20
6. Rastrojo	0.210	10.50	0.206	10.3	0.22
7. Pasto	0.326	16.30	0.319	16.0	0.31
8. Cultivo agrícola	0.146	7.30	0.153	7.6	0.34
9. Otro CUT	0.233	11.16	0.194	9.7	1.46
Total	2.000	100.0	2.000	100.0	

Dado que los resultados muestran que no existen diferencias significativas entre los métodos de croquis y segmentos para estimar el área de los CUT, **se recomienda que en la fase final del INFC se utilice únicamente el método de segmentos para la estimación de área de los CUT.** El método de segmentos es mucho más fácil de aplicar en campo y requiere menos tiempo para el levantamiento de los datos. Sin embargo, se recomienda seguir utilizando el croquis de las parcelas para identificar otros aspectos importantes en campo tales como propietarios, ubicación de cercas, presencia de ríos y arroyos, ubicación de viviendas y otros elementos de interés que apoyen la descripción del sitio en donde se ubican las parcelas, y que no requieren mucho tiempo para anotar.

Para la estimación de área de los CUT en la fase final del INFC se recomienda utilizar la asignación de un CUT único para cada segmento de 20 x 50 m.

5 Propuesta de diseño final

5.1 Resumen de cambios propuestos

Según los análisis y recomendaciones presentadas anteriormente, las cuales fueron ampliamente discutidas con el equipo técnico de MIAMBIENTE, en la Tabla 8 y las Figuras 5 y 6 se resumen los cambios propuestos al diseño para la fase final del inventario. Estos cambios permitirán reducir costos y tiempo en la recolecta de los datos de campo, sin representar mayores cambios respecto al diseño de la fase piloto.

Tabla 8. Cambios al diseño propuestos para la fase final del INFC.

Información	Fase piloto	Fase final
Árboles 10-19.9 cm, tocones y lianas con diámetro de 5 a 9.9 cm	Cuatro parcelas de 20 x 50 m por UM	Mantener igual
Árboles 20-49.9 cm y lianas con diámetro mayor o igual que 10 cm	Cuatro parcelas de 20 x 150 m por UM	Mantener igual
Árboles mayor o igual que 50 cm	Cuatro parcelas de 20 x 250 m por UM	Cuatro parcelas de 20 x 150 m por UM, fusionando con la categoría 20-49.9, creando una nueva categoría de mayor o igual que 20 cm.
Altura	<ul style="list-style-type: none"> - Medir con hipsómetro la altura de todos los árboles mayores o iguales que 50 cm y uno cada 10 árboles de 10 a 49.9 cm. - Estimar la altura del resto de los árboles en campo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener igual - Analizar la posibilidad de utilizar modelos alométricos para estimar la altura de los árboles no medidos en campo.
Área de CUT	Cinco segmentos de 20 x 50 m por parcela, más un croquis con delimitación de los CUT	Tres segmentos de 20 x 50 m por parcela. Eliminar la delimitación de CUT en el croquis.
Suelo y topografía	Tres puntos por parcela a 25, 125 y 225 m	Dos puntos por parcela a 25 y 125 m
Madera muerta	Tres transectos de 20 m por parcela a 25, 125 y 225 m	Dos transectos de 20 m a los 25 y 125 m en cada parcela.
Regeneración	Tres parcelas de 50 m ² a 25, 125 y 225 m	Dos parcelas de 50 m ² a 25 y 125 m en cada parcela.
Hojarasca	Tres muestras de 1 m ² a 25, 125 y 225 m en cada parcela	Dos muestras de 1 m ² a 25 y 125 m en cada parcela.

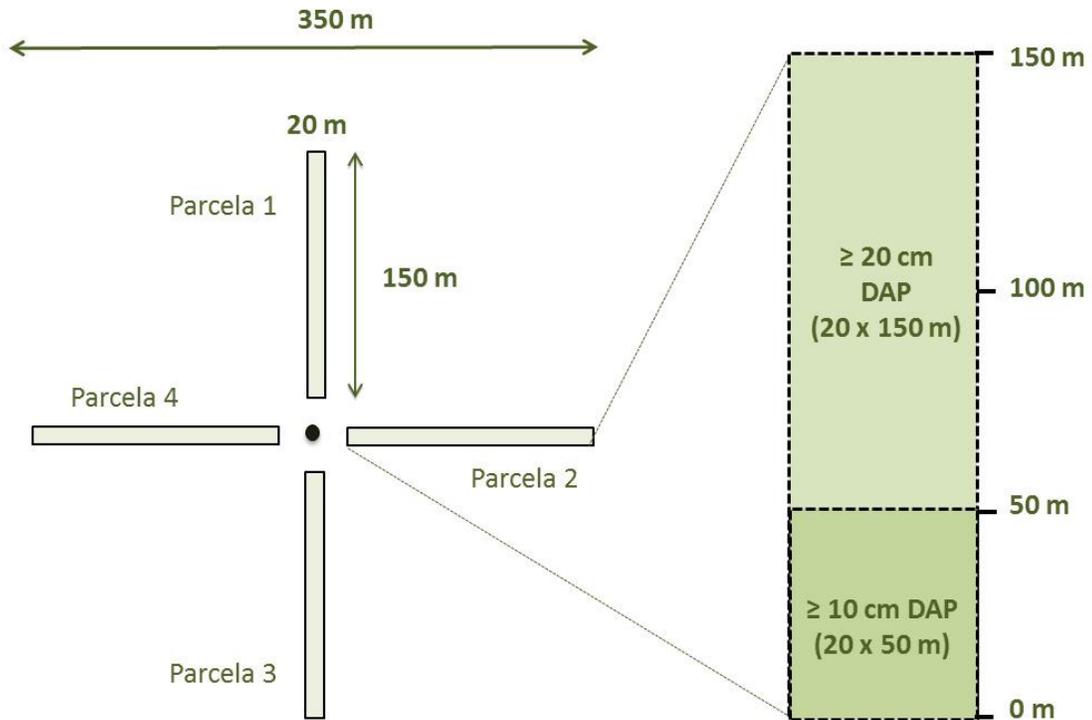


Figura 5. Diseño propuesto de la UM y las parcelas, incluyendo los segmentos de la parcela para la medición de árboles de diferentes categorías diamétricas.

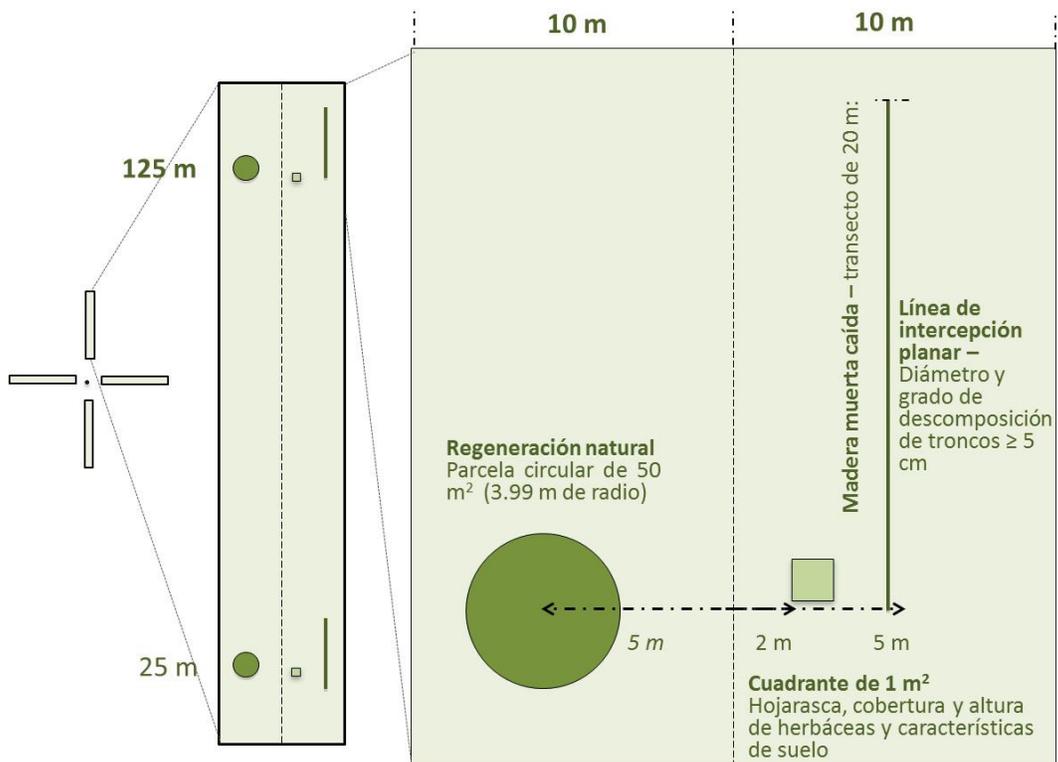


Figura 6. Diseño propuesto para la medición de regeneración natural, madera muerta caída y hojarasca.

5.2 Análisis de tiempos y costos

Basado en las 37 unidades de muestreo levantadas durante la fase piloto del INFC, se establecieron tiempos y costos para el levantamiento de campo, así como recomendaciones para la conformación de las brigadas de campo.

En promedio, el tiempo requerido para el levantamiento de datos de campo en áreas de bosque de una UM de 2 ha (4 parcelas de 20 x 250 m) fue de cuatro días. El tiempo promedio de levantamiento de una parcela fue de 6 horas, tomando hasta 19 horas la parcela más difícil. En áreas fuera de bosque, el levantamiento de una UM tomó en promedio 2.5 días. Adicionalmente, en ambos casos debe considerarse el tiempo de acceso (ida y regreso) a la UM, lo que varía entre medio día hasta cuatro días en el caso más extremo, con un promedio de aproximadamente dos días.

En la fase piloto, se trabajó con cuadrillas de campo integradas por: un jefe de cuadrilla, dos asistentes, un botánico y tres jornaleros contratados localmente. Se considera que este tamaño y composición de la cuadrilla es apropiado para el trabajo de campo, por lo que no se recomienda cambiarlos.

Con base en las experiencias de tiempos y costos de la fase piloto, se ha estimado el costo, si se aplican las recomendaciones de ajustes a la metodología presentadas anteriormente. La Tabla 9 contiene la estimación de costo por unidad de muestreo.

Tabla 9. Estimación del costo promedio ponderado por UM considerando tiempos para levantamiento de campo en bosque y fuera de bosque, y si se están o no en territorios indígenas, contratando empresas.

Opción	Tamaño	Tiempo de levantamiento *	Costo promedio ponderado por UM **
Fase piloto	4 parcelas de 20 x 250 m (2 ha)/ 12 transectos madera muerta/ 12 cuadrantes de hojarasca	Fuera de bosque: 3.5 h/parcela y 2.5 días/UM Bosque: 6 h/parcela y 4 días/UM	\$ 5,500
Fase final	4 parcelas de 20 x 150 m (1.3 ha)/ 8 transectos madera muerta/ 8 cuadrantes de hojarasca	Fuera de bosque: 2 h/parcela y 1.5 días/UM Bosque: 4 h/parcela y 3 días/UM	\$ 4,500

* El tiempo de levantamiento incluye valores promedio que toma recolectar los datos en campo, incluyendo la calicata. No incluye el traslado del personal a la unidad de muestreo (el total de días estimado para el traslado es de dos días por unidad de muestreo).

** Incluye los costos asociados al Consentimiento Libre, Informado, Previo (CLIP) en territorios indígenas, lo cual puede requerir varias visitas al campo previas al levantamiento para informar y dialogar con las autoridades y comunidades cercanas a la unidad de muestreo.

5.3 Muestra final del INFC

Para el cálculo del número de unidades de muestreo para la fase final, se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = t^2 \times C^2 / E^2$$

donde:

n = número de unidades de muestreo

t = valor “ t de student” para un nivel de confianza de 95%

C = coeficiente de variación de la variable

E = error de muestreo deseado

En la fase piloto del INFC se encontró un coeficiente de variación de 77% para estimar la biomasa aérea en 36 UM. Con base en la fórmula anterior, si se considera un error de muestreo de 15%, se necesita en total 105 UM, con 12% se necesitan 165 UM y con 10%, se necesitan 240 UM. Debe resaltarse que la muestra final incluye las UM levantadas en la fase piloto. En el Tabla 10 se presenta el costo estimado para la fase final del INFC para las tres opciones anteriores.

Tabla 10. Estimación de costos de levantamiento de campo para la fase final del INFC considerando la metodología utilizada en la fase piloto y la metodología propuesta en este documento.

Número total de UM	Cantidad de UM pendientes de medir	Error de muestreo (95%) de biomasa aérea	Total costo estimado *	
			Metodología fase piloto	Metodología propuesta
105	68	15%	B/. 474,000	B/. 388,000
165	128	12%	B/. 891,000	B/. 729,000
240	203	10%	B/. 1,413,000	B/. 1,156,000

* Incluye remedir un 20% de las UM para el control de calidad y 15% de imprevistos.

La decisión final sobre la cantidad de UM a levantar la deberá tomarla MIAMBIENTE, considerando el error de muestreo deseado y los costos asociados; en particular, considerando la necesidad de asegurar el financiamiento de largo plazo para realizar las remediciones y análisis requeridos.

Como ejemplo, se preparó una muestra basada en un total de 105 UM, seleccionadas sistemáticamente y sin estratificación de la cuadrícula de muestreo de 3 x 3 km. En esta selección se incluyeron las UM medidas en la fase piloto del INFC y se escogieron de manera sistemática las UM faltantes. La Figura 7 muestra la ubicación de las UM seleccionadas.

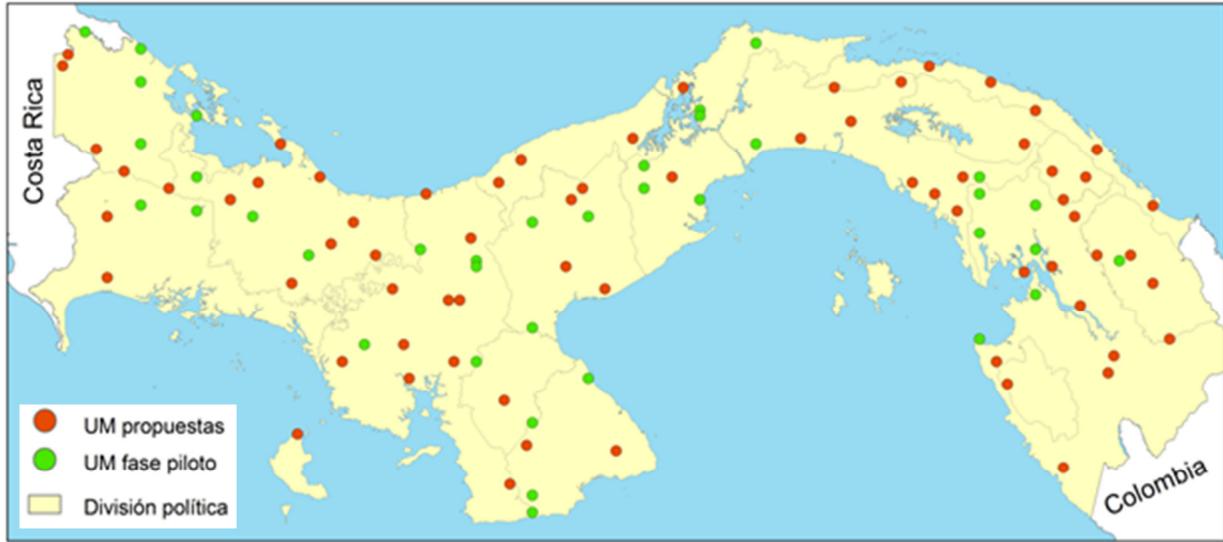


Figura 7. Propuesta de la muestra final con 105 UM para el INFC. En verde están las UM medidas en la fase piloto y en rojo las UM remanentes escogidas de forma sistemática.

Anexo 1. Decisiones relevantes de las negociaciones internacionales sobre monitoreo de los bosques para REDD+

En las negociaciones internacionales sobre cambio climático y REDD+, se han tomado una serie de decisiones importantes respecto al monitoreo de los bosques. A continuación se presentan las principales decisiones que tienen implicaciones directas sobre el diseño del SNMB.

La orientación metodológica inicial relacionada con monitoreo de los bosques para REDD+ fue proporcionado por la Conferencia de Partes, celebrada en Copenhague en 2009. La Decisión 4/CP.15, párrafo 1(d) pide a las Partes que:

*“...Establezcan, de acuerdo con sus circunstancias y capacidades nacionales, sistemas de vigilancia de los bosques nacionales que sean robustos y transparentes y, cuando sea el caso, sistemas subnacionales en el marco de los **sistemas de vigilancia⁵ nacionales que:***

- i) Utilicen una combinación de métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal basados en la teledetección y en mediciones en tierra para estimar, según proceda, las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero relacionadas con los bosques, las reservas forestales de carbono y los cambios en las zonas forestales;*
- ii) Proporcionen estimaciones transparentes, coherentes, en lo posible exactas y que reduzcan las incertidumbres, teniendo en cuenta los medios y las capacidades nacionales;*
- iii) Sean transparentes y sus resultados estén disponibles y puedan ser examinados por la Conferencia de las Partes si así lo decide.*

La misma decisión, párrafo 1(c) pide a las Partes que:

Utilicen la orientación y las directrices más recientes del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) que haya aprobado o alentado la Conferencia de las Partes, según corresponda, como base para estimar las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción antropógena por los sumideros de gases de efecto invernadero relacionadas con los bosques, las reservas forestales de carbono y los cambios en las zonas forestales.

En la Conferencia de Partes celebrada en Cancún 2010, la Decisión 1/CP.16 párrafo 71(c) pide a las Partes que deben establecer:

Un sistema nacional de vigilancia forestal robusto y transparente para la vigilancia y notificación respecto de las medidas mencionadas en el párrafo 70 supra⁶ ..., de conformidad con las circunstancias nacionales y con lo dispuesto en la decisión 4/CP.15 y en toda nueva disposición al respecto que acuerde la Conferencia de las Partes;

⁵ En la traducción oficial de las decisiones, el término en inglés “monitoring” se traduce como “vigilancia”.

⁶ Se refiere a las cinco actividades REDD+ indicadas en la nota anterior.

La misma decisión, párrafo 71(d) establece que los países también deben establecer:

Un sistema para proporcionar información sobre la forma en que se estén abordando y respetando las salvaguardias que se señalan en el apéndice I de la presente decisión en todo el proceso de aplicación de las medidas mencionadas en el párrafo 70 supra², al tiempo que se respeta la soberanía.

En la Conferencia de Partes celebrada en Varsovia 2013, se tomaron decisiones sobre las modalidades de los sistemas nacionales de monitoreo de los bosques. La decisión 11/CP.19 reafirma las decisiones y orientaciones metodológicas establecidas en CP15 y CP16. Además la decisión establece:

...que los sistemas nacionales de vigilancia forestal... deberían:

- a) Basarse en los sistemas existentes, si los hubiera;*
- b) Permitir la evaluación de distintos tipos de bosques dentro de un país, entre ellos los bosques naturales, con arreglo a la definición del Estado parte;*
- c) Ser flexibles y permitir mejoras;*
- d) Reflejar, en su caso, el enfoque por etapas...;*

...reconoce que los sistemas nacionales de vigilancia forestal de las Partes pueden proporcionar, si corresponde, información pertinente para los sistemas nacionales de suministro de información sobre la forma en que se están abordando y respetando las salvaguardias contenidas en la decisión 1/CP.16, apéndice I.

Resumiendo, las decisiones hasta la fecha por las Conferencias de Partes, establecen que los países deben desarrollar un SNMB que utiliza una combinación de métodos de levantamiento de inventarios del carbono forestal basados en la teledetección y en mediciones en el campo, y que se deben seguir las recomendaciones más recientes emitidas por el IPCC para la estimación de las emisiones y absorciones de GEI, y para la estimación de las reservas de carbono y los cambios en la superficie de bosques. De esta manera, las estimaciones se basarán en enfoques metodológicos comparables según recomienda el IPCC. Además, el SNMB puede proporcionar parte de la información requerida para informar sobre las salvaguardias.

El SNMB también debería ser utilizado para la recopilación de datos e información, tal como información sobre los cambios históricos en la cubierta forestal, que constituye la base para la elaboración de los niveles de referencia de las emisiones forestales (NER) y los niveles de referencia forestal (NR). De esta manera, el SNMB constituirá el enlace entre las evaluaciones históricas y las evaluaciones actuales/futuras, asegurando datos e información coherente, a fin de apoyar la implementación y reporte de las actividades de REDD+.

Por lo tanto, si Panamá quiere participar en un mecanismo futuro REDD+, es imprescindible contar con un SNMB que proporcione la información necesaria para estimar las emisiones y absorciones forestales de GEI provenientes de las actividades⁷ REDD+.

⁷ Corresponde al país decidir sobre cuál o cuáles de las cinco actividades REDD+ se reportará a la Convención.

Anexo 2. Sistema de clasificación de cobertura y uso de la tierra para el sistema nacional de monitoreo de los bosques.

TERRITORIOS	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	
	ECOSISTEMA Y USO	COBERTURA	TIPO	SUBTIPO	
TERRITORIOS	BOSQUE	Natural	Latifoliado mixto	Maduro	
				Secundario	
			Mangle	Maduro	
				Secundario	
			Orey	Maduro	
				Secundario	
			Cativo	Maduro	
				Secundario	
			Rafia	Maduro	
				Secundario	
	VEGETACIÓN ARBUSTIVA Y HERBÁCEA	Plantado	Coníferas		
			Latifoliadas		
			Rastrojo y vegetación arbustiva		
			Vegetación herbácea		
	ÁREA ABIERTA SIN O CON POCA VEGETACIÓN	Plantado	Paja canalera		
			Otra vegetación herbácea		
			Vegetación baja inundable		
	AGROPECUARIO	Plantado	Páramo		
			Afloramiento rocoso y tierra desnuda		
			Playa y arenal natural		
			Albina		
Cultivo			Cultivo permanente	Café	
				Cítrico	
				Palma aceitera	
				Palma de coco	
				Plátano/banano	
			Cultivo anual	Otro cultivo permanente	
	Arroz				
	Caña de azúcar				
	Horticultura mixta				
	Maíz				
SUPERFICIE DE AGUA	Pasto	Piña			
		Otro cultivo anual			
ÁREA CULTURAL	Pasto	Área heterogénea de producción agropecuaria			
		Río			
		Lago y embalse	Lago		
			Embalse		
		Área poblada	Urbana		
			Rural		
		Infraestructura			
Explotación minera					
Estanque para acuicultura					
Salinera					
Otra área cultural					