



Mapeo de la Cobertura Forestal

► Volumen, Biomasa y Carbono Forestal

Sistemas de Monitoreo de Bosques

Herramientas



# Planificación Inventario Forestal Multipropósito en el Area Piloto Cuenca Alta de Yaque del Norte

República Dominicana

INTEGRANDO ESFUERZOS PARA UN  
BUEN MANEJO DE LOS BOSQUES

Programa Regional  
REDD/CCAD-GIZ



Publicado por la

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH





Mapeo de la Cobertura Forestal

► **Volumen, Biomasa y Carbono Forestal**

Sistemas de Monitoreo de Bosques

Herramientas

## Planificación Inventario Forestal Multipropósito en el Area Piloto Cuenca Alta de Yaque del Norte

República Dominicana

INTEGRANDO ESFUERZOS PARA UN  
BUEN MANEJO DE LOS BOSQUES

Programa Regional  
REDD/CCAD-GIZ

# Planificación Inventario Forestal Multipropósito en el Area Piloto Cuenca Alta de Yaque del Norte

República Dominicana

Esta publicación presenta los elementos de planificación para la implementación INVENTARIO FORESTAL MULTIPROPÓSITO EN EL AREA PILOTO CUENCA ALTA DE YAQUE DEL NORTE en República Dominicana, en el marco de las actividades del Programa Regional de Reducción de Emisiones de la Degradación y Deforestación de Bosques en Centroamérica y República Dominicana (REDD/CCAD-GIZ). Componente III de Monitoreo y Reporte del Programa.

**Publicado por:**

Programa Regional REDD/CCAD-GIZ  
Oficina Registrada Apartado Postal 755  
Bulevar, Orden de Malta, Edificio GIZ, Urbanización Santa Elena,  
Antiguo Cuscatlán, La Libertad.  
El Salvador, C.A.  
E [info@reddccadgiz.org](mailto:info@reddccadgiz.org)  
I [www.reddccadgiz.org](http://www.reddccadgiz.org)

**Responsable:**

Abner Jiménez, Especialista Sectorial.  
Programa REDD/CCAD-GIZ  
[abner.jimenez@giz.de](mailto:abner.jimenez@giz.de)

**Autores:**

Fabián Milla Araneda - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ (Sud-Austral Consulting SpA)  
Patricio Emanuelli Avilés - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ (Sud-Austral Consulting SpA)  
Ramón Díaz, Ministerio de Ambiente, República Dominicana

**Diseño Gráfico:**

Alfonso Quiroz Hernández - Consultor. Programa REDD/CCAD-GIZ (Sud-Austral Consulting SpA)  
Maritza Toledo Vargas

Noviembre 2014

Componente: Monitoreo y Reporte

Área Temática: Volumen, Biomasa y Carbono Forestal

País: República Dominicana

ISBN 978-956-358-206-2

# C O N T E N I D O S

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DEL INVENTARIO	8
3. PROPUESTA PARA LA FORMA Y TAMAÑO DE LAS UNIDADES MUESTRALES	10
4. PROYECTO PILOTO EN CUENCA DE YAQUE DEL NORTE	12
5. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA PARA EL INVENTARIO	16
	19
	21
	24
	5.5 Resumen
6. DISTRIBUCIÓN DE LAS UNIDADES MUESTRALES PARA EL INVENTARIO	26
7. PLANIFICACIÓN DE LA FASE I DEL INVENTARIO	29
7. BIBLIOGRAFÍA	34

---

## 1. Introducción

---

El inventario forestal es el método usado para recoger datos del bosque tratando de describirlo en función del objetivo previsto por el propietario del recurso forestal (Velasco, 2012). El concepto de inventario forestal se refiere a la descripción cuali y cuantitativa de los componentes de un área ocupada por bosques, por lo que en general, incluye información sobre la cantidad y calidad de los productos (Sorrentino, 1997). Esto implica, tanto características correspondientes a los árboles, en cuanto a sus dimensiones dendrométricas, como al conjunto de individuos desde el punto de vista dasométrico, en relación al área que estos ocupan, y a las condiciones del medio físico en el que se desarrollan (Husch *et al.*, 2002; Rodas, 2005).

Las experiencias con esquemas de pago por servicios ambientales (PSA) sugieren que hay por lo menos tres condiciones básicas para que un mecanismo de este tipo pueda funcionar (Wunder *et al.*, 2008, Landell-Mills y Porras, 2002): condiciones económicas, condiciones legales e institucionales, y condiciones de información y técnicas; esta última hace referencia a que los PSA dependen de información sobre el SA en cuestión, es decir los compradores de servicios ambientales requieren información sobre la cantidad y calidad del servicio que compran y, al mismo tiempo, los proveedores de los servicios necesitan información sobre cómo su uso de tierra afecta la cantidad y calidad de servicios ambientales. Es por ello que un primer elemento de importancia es la fuente de obtención de la información, habitualmente un inventario forestal. En un inventario forestal clásico, las variables relativas al medio se registran sobre todo en función de la influencia que ejercen sobre la productividad forestal (Pelz, 1995), lo que sin embargo no excluye que se utilicen con otro fin; por ejemplo, a menudo es posible extraer indicadores de la diversidad estructural de los bosques a partir de informaciones fácilmente disponibles como distribución de los diámetros, distribución de especies de árboles, altura de éstos, caracterización de los niveles de crecimiento, posición social de los árboles, número de árboles vivos y muertos (Rondeux, 1999).

Un inventario nacional corresponde a la cuantificación de grandes extensiones territoriales y es llevado a cabo para cumplir con objetivos definidos a nivel nacional, por lo que toda la información que brinda es general (en cuanto a superficie, composición, rendimientos promedio, existencias totales en pie) y es expresada por división política del país (Sorrentino, 1997). La información obtenida de los inventarios forestales nacionales se utiliza para la adopción de decisiones, la formulación de políticas y el seguimiento del sector forestal y sectores afines en el ámbito nacional, así como para la planificación forestal en unidades geográficas o políticas más reducidas de carácter subnacional (Kleinn, 2002). La mayoría, si no la totalidad, de los inventarios forestales nacionales, realizados sobre la base de muestreos en general sistemáticos y a veces multifases, tienen por objeto proporcionar informaciones sobre la producción

maderera de los bosques y su disponibilidad; por ello, contienen pocos datos sobre otros aspectos como por ejemplo la biodiversidad forestal (Rondeux, 1999). No obstante, desde hace unos años se acentúa progresivamente la tendencia a recoger en inventarios nacionales, en particular cuando son objeto de revisiones metodológicas, informaciones relativas a las funciones forestales no exclusivamente orientadas a la producción maderera (Lund, 1986). Si algunas variables relativas al medio están ya presentes en estos tipos de inventario, otras pueden deducirse total o parcialmente, mientras que otras necesitan una recolección específica, o incluso requieren metodologías adaptadas (Lund, 1993).

Para solucionar el hecho de que no es posible realizar una medición a todo el bosque, pues no se dispone de los suficientes recursos económicos y humanos, es que se trabaja con una muestra de la población total, constituida por unidades de muestreo, y si bien ésta no refleja exactamente las características y condiciones del área objeto de estudio si permite hacer inferencias de las mismas (Ríoz *et al.*, 2000; Velasco, 2012). Un aspecto importante que debe definirse en un muestreo para formular un inventario forestal, además de la técnica a emplear, es la definición de la forma y tamaño de los sitios, precisando los conceptos estadísticos y los problemas prácticos que se presentan con los procedimientos de muestreo y toma de datos (Murillo y Camacho, 1997; Velasco, 2012). Para el caso de bosques tropicales, González *et al.* (2002) señalan que uno de los problemas existentes en el manejo sostenible de los bosques es precisamente la falta de investigación sobre el tamaño y forma del sitio de muestreo de tal forma de obtener estimaciones de las características ecológicas y productivas del sitio con una mayor eficiencia estadística a un menor costo.

La exactitud de un inventario forestal está dada por el error total, que es la diferencia entre la estimativa de una muestra y el valor verdadero de la población, y que incluye errores de muestreo (o errores aleatorios) y sesgos (o errores sistemáticos), que pueden tener origen en el procedimiento de muestreo o en errores de medición (Prodan *et al.*, 1997; Ríoz, *et al.*, 2000). En cuanto a estos errores, Samalca (2007) indica que el error aleatorio se espera que tienda a cero al aumentar el tamaño de la muestra, mientras que el error sistemático no promedia cero y debería ser evitado por todos los medios. El proceso de optimizar un inventario consiste en minimizar los errores no muestrales y en maximizar la eficiencia muestral (maximizar la precisión) (Prodan *et al.*, 1997). En post del diseño óptimo deben tomarse decisiones respecto al tipo de unidad muestral a utilizar y el sistema de muestreo más conveniente. En particular el error de muestreo depende del tamaño de la muestra, de la variabilidad entre las unidades muestrales y del procedimiento de muestreo utilizado (Cancino, 1999). Los sistemas de muestreo clásicos son el muestreo aleatorio simple y el muestreo sistemático, pero existe también el empleo de técnicas de muestreo agrupado, o muestreo por conglomerados (Prodan *et al.*, 1997).

A continuación se presentan los principales aspectos del diseño y planificación del inventario a realizar en el área geográfica correspondiente a la Cuenca de Yaque del Norte, República Dominicana.





### UBICACIÓN DE PARCELAS EN SITIO PILOTO REDD



# INTERNATIONAL FORESTAL



---

## 2. Propuesta para el Diseño del Inventario

---

Desde la perspectiva de lograr una precisión compatible con los requerimientos de REDD, en el sentido de asegurar que tanto el stock base de carbono como los cambios posteriores sean cifras lo más cercanas a la realidad, sin que ello signifique un aumento substancial de los recursos financieros que se requieran, una alternativa de diseño del inventario será aquella que combine sistemas de muestreo de forma secuencial, a partir de lo cual, con la misma intensidad de información, sería posible disminuir los errores de muestreo y, por ende, mejorar los niveles de precisión para los inventarios nacionales.

La secuencia metodológica sería como sigue:

- a) Realizar una pre-estratificación que permita definir los tipos de bosques o de recursos vegetacionales existentes en una región, zona o país.
- b) Aplicar un muestreo sistemático en cada estrato definido con una intensidad de muestreo variable que puede ser determinado ya sea a través de un premuestreo en cada área de interés o simplemente utilizando antecedentes bibliográficos u opinión de expertos en relación a la variabilidad existente en dichas áreas.
- c) Con la información recogida en terreno, realizar una post-estratificación en base a los datos procesados del inventario, lo que permitiría definir ISO-AREAS relacionadas con las variables de interés más relevantes. (Por ejemplo: ISO-Volúmenes; ISO-Biomasa, ISO-Carbono, etc.).
- d) A partir de los procesos de comparación de variables de interés y redefinidos los estratos, sería posible analizar la información base (incluyendo las unidades muestrales reagrupadas) esta vez como un Muestreo Aleatorio Simple o un Muestreo Aleatorio Estratificado para el total de la Región o el País (post estratificación).

En general, esta metodología requiere de un mayor tiempo de “trabajo de oficina” pero el trabajo de terreno es similar al de la aplicación de cualquier otro tipo de diseño muestral. En suma, esta metodología es intensiva en análisis y uso de sistemas informáticos (de procesamiento de datos y SIG), lo que es más económico que aumentar los tamaños de la muestra.

Para profundizar en este diseño, a continuación se presenta una secuencia detallada de los pasos a seguir.

1. **Cartografía Base de las zonas boscosas:** para la planificación del trabajo de campo de un inventario forestal es necesario contar con el material cartográfico apropiado para materializar el diseño muestral.
2. **Definición de Tipos de Formaciones Boscosas:** a través de técnicas de interpretación supervisada o automatizada de imágenes satelitales o en su defecto de información histórica disponible en el país, se requiere definir los distintos Tipos de Formaciones Boscosas en base a criterios como: estructura, composición, estado de desarrollo, especies principales, densidad, altura entre otras.
3. **Determinación de Intensidad de Muestreo:** identificados en un Sistema de Información Geográfico (SIG), en cada Tipo de Formación Boscosa se debe determinar la intensidad de muestreo individualmente, a partir de un premuestreo o de datos de inventarios anteriores y definiendo el error de muestreo que se propone obtener para las variables de interés.
4. **Distribución de Unidades Muestrales:** conocida la intensidad de muestreo, es posible determinar para cada área o tipo de formación la distancia entre Unidades de Muestreo (UM) utilizando para ello una distribución de éstas bajo el método de muestreo sistemático con parcelas equidistantes.
5. **Campaña de Campo:** con la utilización de Georeceptores Satelitales (GPS) se realiza la campaña de terreno, la que estaría centrada sólo en las áreas con bosques en el país correspondiente.
6. **Procesamiento de Información:** el procesamiento de los antecedentes capturados en terreno debería realizarse con la ayuda de algún procesador de inventarios forestales, a partir del cual se obtendrían las estimaciones de las variables de interés para cada tipo de formación predefinida. Es necesario contar con las funciones estimadoras de las variables de interés más difíciles de medir en terreno (altura, volumen, biomasa, contenido de carbono, etc.).
7. **Reagrupación de UM:** la totalidad de los resultados del procesamiento del inventario son traspasados a una base de datos conectada al SIG de la cartografía base con lo que será posible reagrupar las UM de acuerdo a los valores de las variables que se consideren más relevantes. Con ello, es posible redefinir nuevas áreas o estratos más homogéneos que los definidos inicialmente y obviamente las estimaciones posteriores resultarán más precisas.
8. **Resultados del Inventario:** con la nueva estratificación (post inventario) se recalculan las variables de interés y se obtienen los resultados definitivos del Inventario.

### 3. Propuesta para la Forma y Tamaño de las Unidades Muestrales

Una parcela de muestreo puede tener la forma de cualquier figura geométrica o incluso puede ser irregular, aun así se han definido tres formas básicas: cuadradas, circulares y rectangulares. En América del Norte, incluyendo México y en el Noroeste de Europa para Inventarios Forestales son usados los sitios circulares con más frecuencia, su aplicabilidad radica en la facilidad para delimitarlos y a que por la forma inciden menos árboles orilla. Adicionalmente, un análisis estadístico realizado en base al Inventario Nacional de Honduras 2005-2006 indicó que para parcelas rectangulares de ancho fijo de 20 m y superficies de 500, 1.000, 2.500 y 5.000 m<sup>2</sup>, no hay diferencias significativas estadísticamente para la estimación del volumen por unidad de superficie. Es decir, es posible utilizar cualquiera de estos tamaños y llegar a valores medios similares. En el caso particular de los inventarios para secuestro de carbono se usa un tipo de unidad de muestreo diferente para cada componente del ciclo de carbono en un diseño de parcelas anidadas.

En la propuesta del Programa REDD-CCAD-GIZ se plantea la correspondencia entre tipo de parcela y componente de carbono a evaluar en el bosque indicado en la tabla siguiente, así como la forma de incluir algunas otras variables de interés asociadas a la dinámica del bosque.

**Tabla 1. Correspondencia entre tipo de parcela y componente de carbono a evaluar en el bosque.**

Componente	Tipo de Parcela
Biomasa aérea de los árboles mayores a 10 cm de DAP	Parcela principal (UMP): rectangular de 20 m x 50 m
Regeneración (árboles menores a 2 cm de DAP)	Parcela regeneración (UMR): circular de 1 m de radio
Biomasa árboles mayores a 2 cm de DAP pero menores a 10 cm de DAP	Parcela secundaria (UMS): rectangular de 5 m x 10 m
Biomasa de maderas muertas	Línea de transecto (LT): línea de 10 m de longitud sobre la que se evalúan las intersecciones con material muerto caído
Biomasa de hojarasca	Marco de muestreo cuadrado (UMH) (0.5 m x 0.5 m) es decir 0.25 m <sup>2</sup>
Biomasa del suelo	Punto de muestreo de suelo (PMS)
Diversidad de herbáceas	Parcela herbáceas (UMDH): cuadrada de 1 m <sup>2</sup>
Diversidad de arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras	Parcela Arbustivas (UMDA): rectangular de 2.5 m x 10 m

Así, al interior de cada parcela principal (UMP) se considera la instalación de 3 unidades muestrales de regeneración (UMR), cuyo objetivo será caracterizar la regeneración existente en el área en que se situó el punto de muestreo. En estas UMR se medirán todas las especies arbóreas cuya altura sea menor o igual a 1.5 m y a su vez tengan un DAP inferior a los 2 cm. Las UMR son parcelas circulares de 1 m de radio y se ubican en el centro, en el extremo norte y en el extremo sur del eje de la UMP. Previo a las mediciones al interior de la UMP se realiza el replanteo de 2 unidades muestrales de diversidad de herbáceas (UMDH), cuyo objetivo es determinar la composición y características de la cubierta herbácea del sector a inventariar. La UMDH corresponde a una cuadrícula de 1 m<sup>2</sup> que se dispone al interior de la subparcela de diversidad de arbustivas, lianas, cañas, helechos y otras. Posterior a la realización de la UMDH correspondería materializar los transectos para evaluar maderas muertas y efectuar el levantamiento de información de los puntos de muestreo para hojarasca y suelo, y por último las mediciones en la UMP (Figura).

► Representación Unidad Muestral y sus elementos

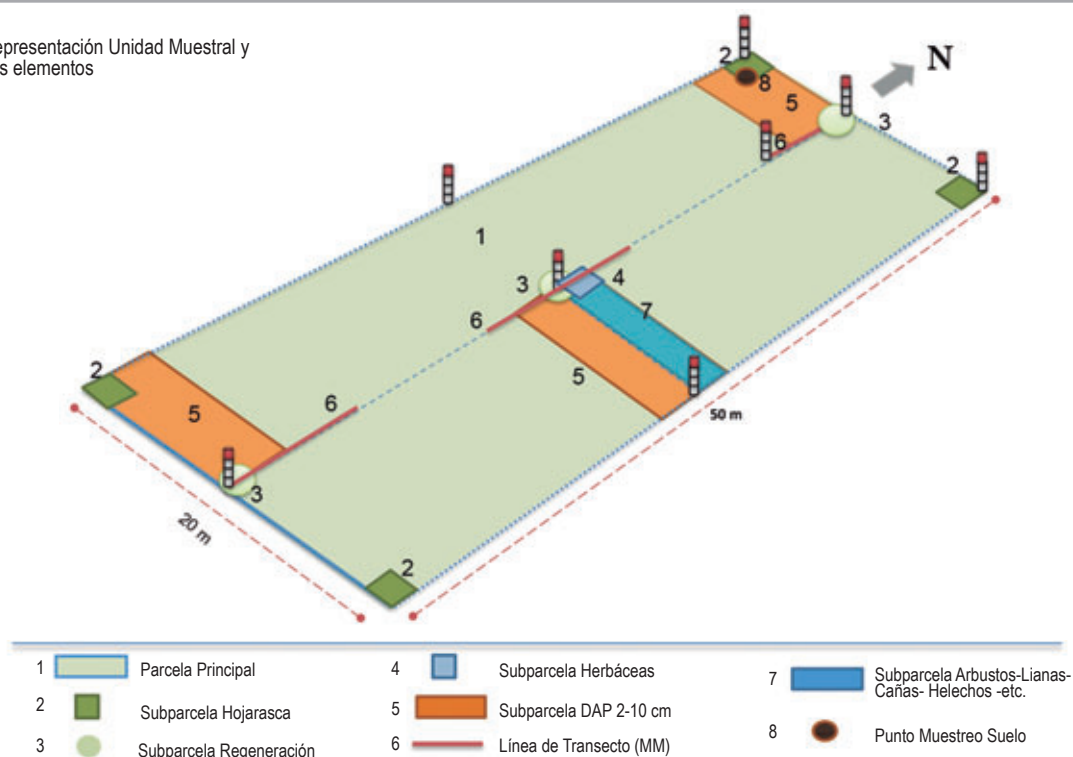


Fig.1

Parcela principal y parcelas anidadas para la determinación del stock de carbono para cada componente reconocido como sumidero.



---

## 4. Proyecto Piloto en Cuenca de Yaque del Norte

---

República Dominicana es un país que sistemáticamente va aproximándose a un proceso de gestión que reconoce en el capital natural la base fundamental para el desarrollo. Es por eso que dedica importantes esfuerzos por tener una configuración legal, institucional, técnica, financiera y organizacional que le de las herramientas necesarias no solo para la conservación y protección del capital natural, sino también para los usos sostenibles del mismo.

En el año 2006 se generó el Plan de Acción para la Implementación del Pago por Servicio Ambiental Hídrico en la Cuenca Alta del Yaque del Norte, el cual sirvió de base para la firma de un acuerdo entre el Ministerio de Medio Ambiente, la Corporación Dominicana de Empresas Estatales (CDEEE) y la Corporación de Acueducto y Alcantarillado de Santiago (CORAASAN), fungiendo el CEDAF y GTZ como testigos en el cual las instituciones firmante se comprometieron a implementar un proyecto piloto de PSA en la zona. En virtud de los resultados obtenidos el acuerdo fue ratificado en el 2010 y extendido hasta el año 2016.

Así, uno de los mecanismos que se ha decidido impulsar es el pago por servicios ambientales, y uno de los principales proyectos ha sido el Pago por Servicios Ambientales en la Cuenca Alta de Yaque del Norte (PSA – CYN). A través de este proyecto ha podido desarrollar capacidades institucionales, administrativas, financieras, organizacionales y técnicas, que a la fecha ha resultado exitoso a pesar de las debilidades que pueda presentar. Dado los resultados obtenidos en el proyecto y previo a una evaluación técnica del mismo y un acuerdo con la autoridades de República Dominicana, fue seleccionado para la implementación de un piloto REDD+, en el marco del Componente 2 del Programa, cuyo objetivo es generar experiencia técnico-comerciales que apunten a evaluar mecanismos de compensación en el marco del mecanismo REDD+ en la Región, que eventualmente puedan ser replicadas en otras zonas geográficas. Son estas lecciones aprendidas y el conjunto de instrumentos y herramientas, así como el conocimiento generado, que le da una importante viabilidad a las iniciativas REDD+ en Dominicana, particularmente a la decisión de impulsar un proyecto REDD+ en la Cuenca Alta de Yaque del Norte en el seno del PSA – CYN.

Como parte del apoyo que recibirá República Dominicana del Programa REDD-CCAD-GIZ, en el contexto del Componente 3 del Programa, se encuentra el desarrollo del Inventario de la Cuenca Alta de Yaque del Norte que permita cuantificar y caracterizar las existencias de los recursos forestales, y que a su



vez permita establecer la línea base para la implementación del Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) en el área definida como proyecto piloto REDD para el país. La información generada por este inventario de proyecto piloto, estará a disposición de las instituciones y personal encargado de la toma de decisiones, como base para la buena gestión de los recursos forestales del país y generación de políticas de conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.

Según los antecedentes oficiales existentes la Cuenca de Yaque del Norte en su extensión total tiene una superficie de aproximadamente 6,891 km<sup>2</sup> (15% de la República Dominicana). Es la más grande de las cuencas hidrográficas dominicanas y la segunda de la isla. Esta cuenca nace en la Cordillera central a una altura de 2,580 msnm en el Pico del Yaque o Rucilla, en la Cordillera Central. Su recorrido es de 296 km, desembocando en el Océano Atlántico, cerca de la Ciudad de San Fernando de Montecristi, en el extremo noroeste del país. El caudal medio de la Cuenca del Yaque es de 80 m<sup>3</sup>/s y sus principales afluentes son los Ríos Jimenoa, Bao, Amina, Mao, Guayubín y Maguaca. De acuerdo a estudio realizado por DIARENA (2011), la parte baja de la Cuenca del Yaque se localiza en la Provincia de Dajabón donde se encuentran las Subcuencas de Guayubín y Maguaca, caracterizadas por presentar predominantemente una topografía plana y ondulada. Los terrenos que presentan topografía accidentada se encuentran en los alrededores del Cerro Pico del Gallo y El Cerro Mateo, área ubicada en la parte sur (Loma de Cabrera, en la frontera con El Pino) hacia el nacimiento de la subcuenca Guayubín. Gran parte del territorio del Cibao Occidental y Cibao Central es cubierto por la Cuenca del Yaque, incluyendo las ciudades de Jarabacoa, Santiago de los Caballeros y Mao, entre otras.

En base a la cartografía desarrollada durante 2013, como parte de las acciones previas a la planificación del inventario, la Cuenca Alta de Yaque del Norte tiene una superficie total de 77,846 ha, la cual está dividida en 13 usos de la tierra. De estos usos, 6 corresponden a uso forestal, con una superficie total de 43,025 ha lo que equivale al 55.3 % de la superficie total de la cuenca. El uso agrícola tiene una superficie de 22,328 ha lo que corresponde a un 28.7 % del uso del suelo de la Cuenca Alta de Yaque del Norte.

**Tabla 2. Superficie por uso de suelo en la Cuenca Alta de Yaque del Norte en base a cartografía generada el año 2013.**

Tipo de Cobertura y Uso de Suelo	Bosque/No Bosque	Superficie (ha)	Participación (%)
Bosque de Pino Denso	Bosque	14.265,80	18,3
Bosque de Pino Ralo	Bosque	1.251,50	1,6
Bosque Latifoliado Denso	Bosque	18.226,20	23,4
Bosque Mixto	Bosque	6.526,40	8,4
Café con Sombra	Bosque	1.016,40	1,3
Bosque Secundario	Bosque	1.738,30	2,2
Área Urbana	No Bosque	2.079,70	2,7
Café sin Sombra	No Bosque	145,7	0,2
Cuerpos de Agua	No Bosque	532,5	0,7
Cultivos Intensivos	No Bosque	75,8	0,1
Matorral	No Bosque	9.453,90	12,1
Pastos/Cultivos	No Bosque	22.106,50	28,4
Suelos Desnudos	No Bosque	427,3	0,5
<b>TOTAL</b>		<b>77.846,0</b>	<b>100,0</b>

En la figura siguiente se muestra la distribución espacial de los usos de la tierra clasificados para la Cuenca Alta de Yaque del Norte. Este mapa corresponde a la versión más actualizada (versión 2.0), desarrollada por Efraín Duarte mediante un trabajo de corrección de la primera versión generada por Pablo Ovalles (versión 1.0), en base a visitas de campo para el levantamiento de puntos de verificación y reconocimiento en base a fotografías digitales del uso del suelo del área por parte de expertos forestales conocedores de la zona. Este segundo mapa de uso del suelo está sujeto aún al proceso de validación independiente, sin embargo, constituye la base cartográfica con la cual se realizó la planificación del inventario.

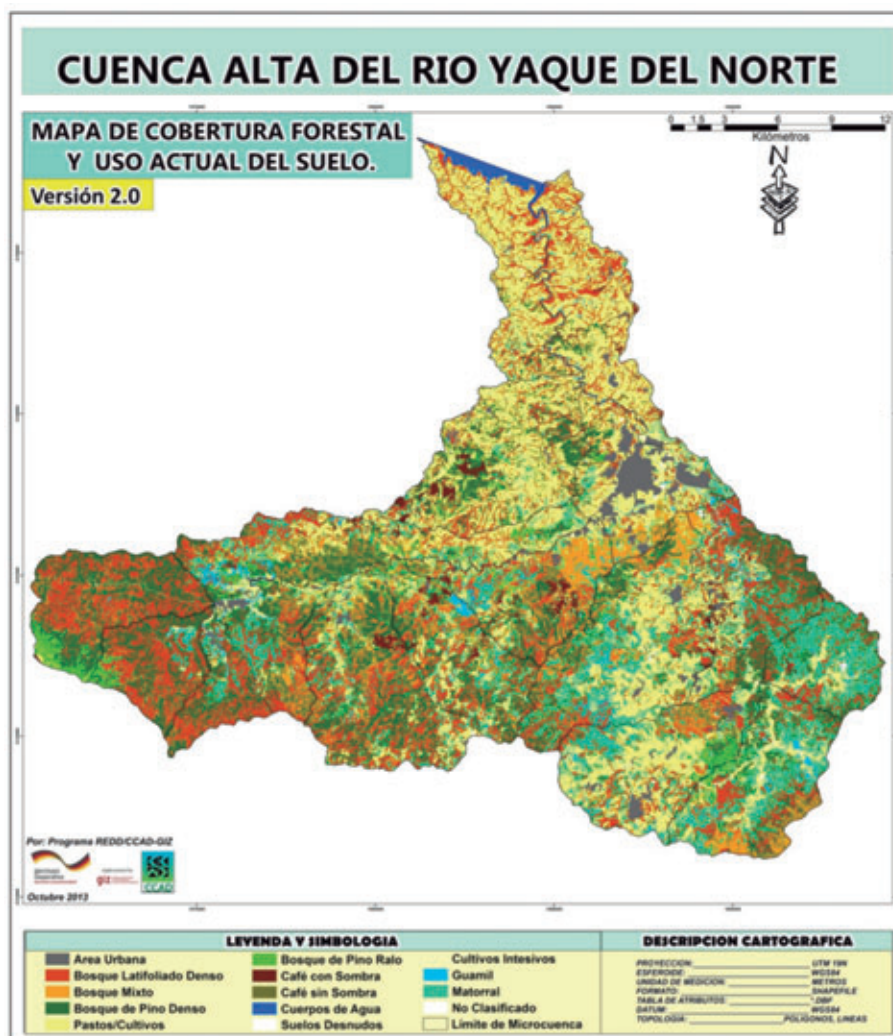


Fig. 2  
Mapa de uso actual de suelo y cobertura forestal de la Cuenca Alta de Yaque del Norte. Generado por el Programa REDD-CCAD-GIZ el año 2013.

---

## 5. Determinación del Tamaño de Muestra para el Inventario

---

Para la determinación del tamaño de la muestra se consideró que cada uno de los usos forestales correspondía a un estrato del inventario forestal.

Inicialmente el cálculo se realiza en forma independiente para cada estrato considerando un error de muestreo máximo del 15%, y se analizan las variables dasométricas número de árboles por hectárea (N; arb/ha), área basal (AB; m<sup>2</sup>/ha) y volumen (V; m<sup>3</sup>/ha) para establecer el número de parcelas óptimo.

Los datos utilizados como antecedentes del premuestreo corresponden a información preexistente de planes de manejo, principalmente para el caso de bosques de pino, y a información levantada en terreno durante la visita realizada entre el 30 de septiembre y el 04 de octubre de 2013 a República Dominicana, para el caso de bosque latifoliado denso y café con sombra.

### 5.1. Bosques de Pino

Los bosques de pino se subdividen en pino denso y pino ralo. Dado que esta subdivisión fue definida para la confección del mapa actual, y no es parte de la información considerada en la base de datos disponibles de los planes de manejo, se definió para efectos del análisis de la información que los bosques de pino denso corresponden a aquellos con más de 150 arb/ha y que los bosques de pino ralo son aquellos que cuentan con menos de 150 arb/ha.

Se cuenta como dato de premuestreo con información de 17 parcelas, de las cuales 16 provienen de la base de datos de planes de manejo de la zona para los cuales fue posible verificar mediante sus coordenadas que se trataba de bosques localizados dentro de la cuenca Alta de Yaque del Norte, y los datos provenientes de una parcela realizada directamente en campo.

Para el caso de los bosques de pino ralo se tiene una muestra de tamaño 5, de la cual se infieren los estadígrafos presentados en la tabla siguiente.

**Tabla 3. Media, desviación estándar y coeficiente de variación para el número de árboles, el área basal y el volumen por hectárea en el bosque pino ralo.**

Parcela	N (arb/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)
1	106,2	6,880	70,650
9	120,0	6,150	55,000
14	130,0	9,720	93,900
2	130,2	7,830	81,030
3	136,0	8,070	78,840
<b>PROM</b>	<b>124,5</b>	<b>7,730</b>	<b>75,884</b>
<b>Desv Est</b>	<b>11,7</b>	<b>1,351</b>	<b>14,347</b>
<b>CV (%)</b>	<b>9,4</b>	<b>17,5</b>	<b>18,9</b>

Luego, el tamaño de muestra óptimo para cometer un error de muestreo inferior al 15% en el inventario para este estrato es el indicado en la tabla siguiente para cada una de las variables analizadas.

**Tabla 4. Tamaño de muestra óptimo según cada variable analizada.**

N (arb/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)
<b>4</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

Para los bosques de pino denso se tiene una muestra inicial de tamaño 12, de la cual se infieren los estadígrafos presentados en la tabla siguiente.

**Tabla 5. Media, desviación estándar y coeficiente de variación para el número de árboles, el área basal y el volumen por hectárea en el bosque pino denso.**

Parcela	N (arb/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)
12	172,0	9,930	98,300
15	178,0	12,190	114,590
16	196,0	10,970	97,910
11	227,0	14,120	142,580
6	241,0	8,380	67,510
5	250,0	12,450	136,660
13	277,0	12,290	102,200
8	300,0	20,150	188,070
7	320,0	14,620	124,220
10	350,0	10,220	90,170
17	360,0	12,742	100,510
4	396,0	20,940	229,220
<b>PROM</b>	<b>272,3</b>	<b>13,250</b>	<b>124,328</b>
<b>Desv Est</b>	<b>74,1</b>	<b>3,831</b>	<b>45,199</b>
<b>CV (%)</b>	<b>27,2</b>	<b>28,9</b>	<b>36,4</b>

El tamaño de muestra óptimo, para cada una de las variables analizadas, a fin de cometer un error de muestreo inferior al 15% en el inventario para este estrato es el indicado en la tabla siguiente.

**Tabla 6. Tamaño de muestra óptimo según cada variable analizada.**

N (arb/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)	V (m <sup>3</sup> /ha)
15	17	25



## 5.2. Bosque Latifoliado Denso

Los antecedentes del premuestreo corresponden a una base de 3 unidades muestrales circulares de 250 m<sup>2</sup> materializadas en terreno. Esta información se resume a continuación. No fue posible realizar una segregación de la información por especie debido a la dificultad para el reconocimiento de estas; sin embargo, se estable un promedio de 3,3 especies arbóreas mayores a 10 cm de DAP por parcela.

**Tabla 7. Resumen de los antecedentes de DAP recopilados en el premuestreo**

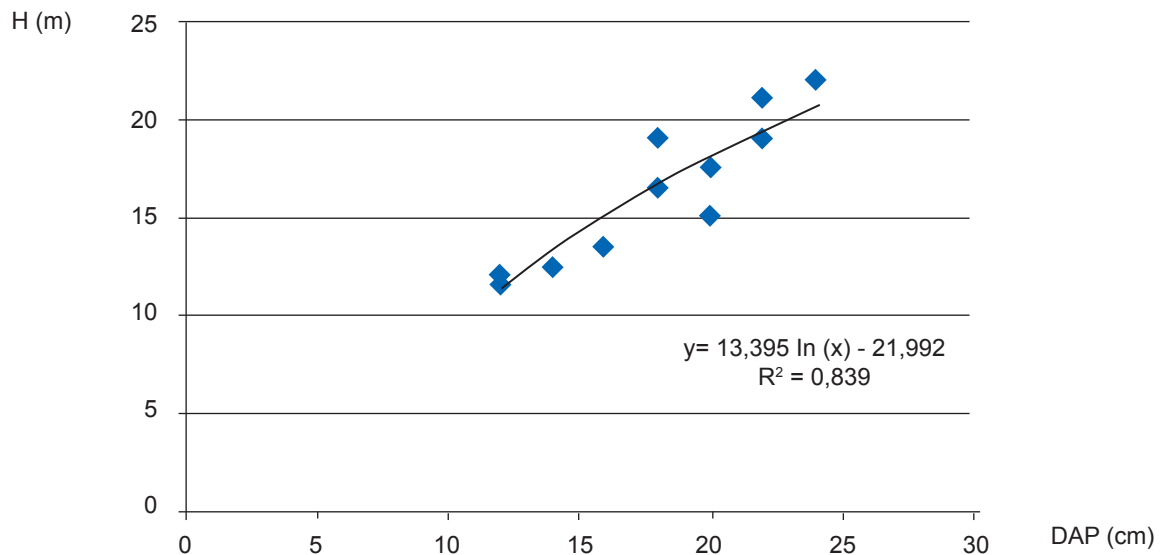
DAP	Árboles / parcela		
	P1	P2	P3
10	0	1	2
12	1	3	2
14	3	1	1
16	0	1	3
18	2	1	1
20	1	2	1
22	1	1	1
24	1	0	1
26	1	0	0
28	0	0	0
30	0	0	1
32	0	0	0
34	1	0	0
	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>13</b>

Dado que se efectuó la medición de altura a una submuestra de 12 árboles, se procedió al ajuste de la función de altura mediante regresión lineal utilizando un modelo de transformación logarítmica, quedando esta función dada por la forma:

$$H = -21.992 + 13.395 \ln DAP.$$

Esta estimación de altura permitió establecer el volumen por cada clase de DAP utilizando la relación:

$$V = 0.5 * AB * H.$$



Así, para el bosque latifoliado denso se tienen los valores por hectárea para cada una de las variables y parcelas indicados en la tabla siguiente. Además, se infieren los estadígrafos básicos presentados a continuación.

**Tabla 8. Número de árboles, área basal y volumen por hectárea para cada unidad muestral medida en el bosque latifoliado denso.**

DAP	N (arb/ha)			AB (m²/ha)			H (m)	V (m³/ha)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3		P1	P2	P3
10	0	40	80	0,000	0,314	0,628	8,9	0,000	1,390	2,781
12	40	120	80	0,452	1,357	0,905	11,3	2,554	7,663	5,109
14	120	40	40	1,847	0,616	0,616	13,4	12,338	4,113	4,113
16	0	40	120	0,000	0,804	2,413	15,1	0,000	6,091	18,273
18	80	40	40	2,036	1,018	1,018	16,7	17,024	8,512	8,512
20	40	80	40	1,257	2,513	1,257	18,1	11,395	22,790	11,395
22	40	40	40	1,521	1,521	1,521	19,4	14,759	14,759	14,759
24	40	0	40	1,810	0,000	1,810	20,6	18,619	0,000	18,619
26	40	0	0	2,124	0,000	0,000	21,7	22,990	0,000	0,000
28	0	0	0	0,000	0,000	0,000	22,6	0,000	0,000	0,000
30	0	0	40	0,000	0,000	2,827	23,6	0,000	0,000	33,317
32	0	0	0	0,000	0,000	0,000	24,4	0,000	0,000	0,000
34	40	0	0	3,632	0,000	0,000	25,2	45,838	0,000	0,000
	<b>440</b>	<b>400</b>	<b>520</b>	<b>14,678</b>	<b>8,143</b>	<b>12,994</b>		<b>145,516</b>	<b>65,318</b>	<b>116,876</b>

**Tabla 9. Media, desviación estándar y coeficiente de variación para el número de árboles, el área basal y el volumen por hectárea en el bosque latifoliado denso.**

	N (arb/ha)	AB (m²/ha)	V (m³/ha)
PROM	453,3	11,938	109,237
Desv Est	61,1	3,393	40,641
CV (%)	13,5	28,4	37,2

Luego, el tamaño de muestra óptimo para cometer un error de muestreo inferior al 15% en el inventario para este estrato es el indicado en la tabla siguiente para cada una de las variables analizadas.

**Tabla 10. Tamaño de muestra óptimo según cada variable analizada.**

N (arb/ha)	AB (m²/ha)	V (m³/ha)
6	17	26

### 5.3. Café con Sombra

Los antecedentes del premuestreo corresponden a una base de 3 unidades muestrales circulares de 500 m² materializadas en terreno, para caracterizar los árboles presentes en el cultivo agroforestal denominado café con sombra. Este árbol corresponde a la especie de nombre común Guama (*Inga spuria*, sinonimia: *Inga vera Willd.* subsp. *spuria*) o Guamo. Esta información se resume a continuación para los árboles mayores a 10 cm de DAP.

**Tabla 11. Resumen de los antecedentes de DAP recopilados en el premuestreo**

DAP	Árboles / parcela		
	P1	P2	P3
10	0	1	18
12	3	0	12
14	0	2	1
16	1	0	5
18	1	1	1
20	0	3	0
22	1	0	0
24	1	1	0
26	0	3	0
28	1	0	0
	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>37</b>

Se efectuó la medición de altura a una submuestra de 39 árboles y se procedió al ajuste de la función de altura mediante regresión lineal utilizando un modelo de transformación logarítmica, quedando esta función dada por la forma:

$$H = -2.2738 + 5.0077 \ln DAP.$$

Esta estimación de altura permitió establecer el volumen por cada clase de DAP utilizando la relación:

$$V = 0.5 * AB * H.$$

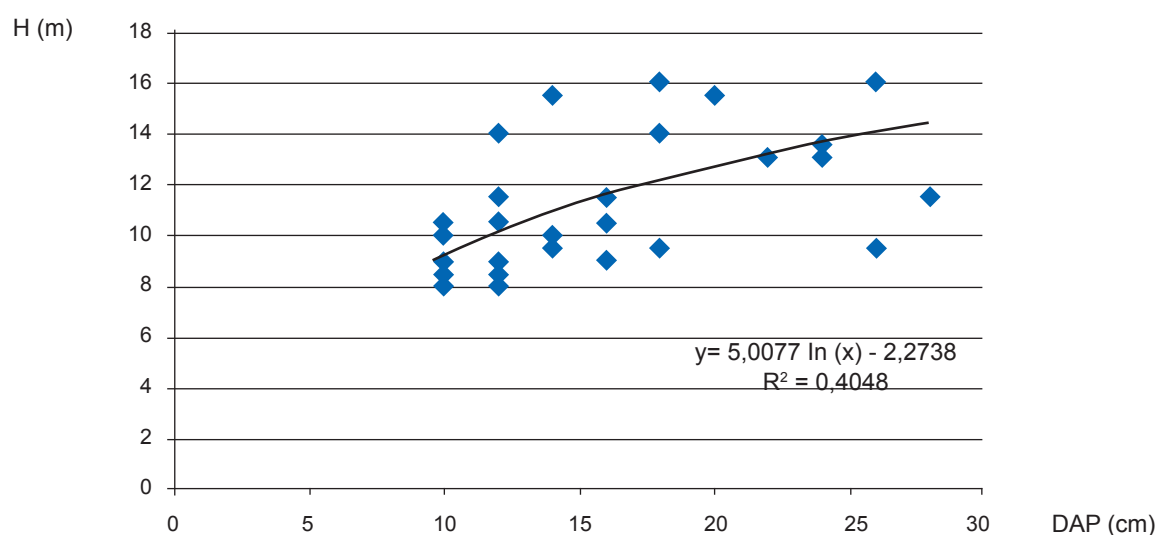


Fig. 3 Ajuste de la función de altura para los árboles en el café con sombra

Para el café con sombra se tienen los valores por hectárea para cada una de las variables y parcelas indicados en la tabla siguiente. Además, se infieren los estadígrafos básicos presentados a continuación.

**Tabla 12. Número de árboles, área basal y volumen por hectárea para cada unidad muestral medida en el café con sombra.**

DAP	N (arb/ha)			AB (m²/ha)			H (m)	V (m³/ha)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3		P1	P2	P3
10	0	20	360	0,000	0,157	2,827	9,3	0,000	0,727	13,087
12	60	0	240	0,679	0,000	2,714	10,2	3,451	0,000	13,802
14	0	40	20	0,000	0,616	0,308	10,9	0,000	3,369	1,684
16	20	0	100	0,402	0,000	2,011	11,6	2,334	0,000	11,672
18	20	20	20	0,509	0,509	0,509	12,2	3,105	3,105	3,105
20	0	60	0	0,000	1,885	0,000	12,7	0,000	11,996	0,000
22	20	0	0	0,760	0,000	0,000	13,2	5,020	0,000	0,000
24	20	20	0	0,905	0,905	0,000	13,6	6,171	6,171	0,000
26	0	60	0	0,000	3,186	0,000	14,0	0,000	22,366	0,000
28	20	0	0	1,232	0,000	0,000	14,4	8,875	0,000	0,000
	<b>160</b>	<b>220</b>	<b>740</b>	<b>4,486</b>	<b>7,257</b>	<b>8,369</b>		<b>28,955</b>	<b>47,733</b>	<b>43,350</b>

**Tabla 13. Media, desviación estándar y coeficiente de variación para el número de árboles, el área basal y el volumen por hectárea en el café con sombra.**

	N (arb/ha)	AB (m²/ha)	V (m³/ha)
PROM	373,3	6,704	40,013
Desv Est	319,0	2,000	9,824
CV (%)	85,4	29,8	24,6

El tamaño de muestra óptimo para cometer un error de muestreo inferior al 15% en el inventario para este estrato es el indicado en la tabla siguiente para cada una de las variables analizadas.

**Tabla 14. Tamaño de muestra óptimo según cada variable analizada.**

N (arb/ha)	AB (m²/ha)	V (m³/ha)
<b>128</b>	<b>18</b>	<b>13</b>

Cabe hacer notar que la alta variabilidad asociada al número de árboles, se explica en parte por el hábito de crecimiento de la especie arbórea acompañante del cultivo de café que es de más de un fuste por árbol; se registró un promedio de 2.45 vástagos mayores a 10 cm a la altura del DAP por árbol. Además, de las 3 unidades muestrales medidas 2 de ellas (P1 y P2) presentaban una mayor edad y por lo tanto actuaciones silvícolas para el manejo del espaciamiento (nivel de sombra), a diferencia de la P3 de menor edad y menor espaciamiento entre los árboles.

## 5.4 Bosque Mixto y Bosque Secundario

Para ambos estratos no se cuenta con información de parcelas, luego se estableció el número de unidades muestrales para el inventario en función de la participación de cada uno de estos tipos de bosque en la superficie forestal total de la Cuenca Alta de Yaque del Norte y en relación al número de parcelas determinadas para los demás estratos.

## 5.5 Resumen

Para efecto de la planificación del muestreo definitivo, y sobre la base de que una de las variables de interés en el mismo es la determinación de los stocks de carbono que permitirán definir los niveles de referencia de cada uno de los bosques, se establece el tamaño de muestra definitivo para cada estrato en base a la variable dasométrica volumen por hectárea. Luego el tamaño de muestra para cada estrato y la distancia media entre parcelas, distribuidas estas mediante un muestreo sistemático con parcelas equidistantes, es el que se indica en la tabla siguiente.



**Tabla 15. Tamaño de muestra y equidistancia (real y aproximada) para cada estrato considerado en el inventario forestal.**

Tipo de Cobertura y Uso de Suelo	Superficie (ha)	Participación (%)	n	Dm (m)	Dm aprox. (m)
Bosque Latifoliado Denso	18.226,18	23,41	26	2.647,7	2.600
Bosque de Pino Denso	14.265,76	18,33	25	2.388,8	2.300
Bosque Mixto	6.526,43	8,38	11	2.435,8	2.400
Bosque Secundario	1.738,33	2,23	10	1.318,5	1.300
Bosque de Pino Ralo	1.251,52	1,61	9	1.179,2	1.100
Café con Sombra	1.016,40	1,31	15	823,2	800
<b>TOTAL</b>	<b>43.024,62</b>	<b>55,3</b>	<b>96</b>		

---

## 6. Distribución de las Unidades Muestrales para el Inventario

---

En la tabla y figura siguientes se presentan las coordenadas geográficas y se ilustra la localización espacial de cada una de las 96 parcelas a medir en el inventario forestal de la Cuenca Alta de Yaque del Norte. Los puntos indicados se diferencian según el estrato de uso de suelo forestal al que corresponden. Las coordenadas presentadas corresponden al sistema de proyección UTM 19N, datum WGS 84.

Tabla 16. Coordenadas geográficas (UTM 19N, datum WGS 84) para cada parcela según estrato.

Parcela	Uso	Equidistancia (m)	Coord_X	Coord_Y	Parcela	Uso	Equidistancia (m)	Coord_X	Coord_Y
1	Bosque Secundario	1300	325106	2101845	49	Bosque de Pino Denso	2300	305647	2108644
2	Bosque Secundario	1300	336714	2104404	50	Bosque de Pino Denso	2300	310061	2108179
3	Bosque Secundario	1300	304561	2110311	51	Bosque de Pino Denso	2300	318887	2107250
4	Bosque Secundario	1300	318281	2108865	52	Bosque de Pino Denso	2300	323299	2106785
5	Bosque Secundario	1300	332928	2113503	53	Bosque de Pino Denso	2300	301464	2111316
6	Bosque Secundario	1300	318076	2107644	54	Bosque de Pino Denso	2300	308086	2110618
7	Bosque Secundario	1300	307263	2111292	55	Bosque de Pino Denso	2300	310293	2110386
8	Bosque Secundario	1300	303164	2107532	56	Bosque de Pino Denso	2300	334555	2107829
9	Bosque Secundario	1300	328780	2112800	57	Bosque de Pino Denso	2300	306112	2113058
10	Bosque Secundario	1300	323859	2101976	58	Bosque de Pino Denso	2300	334788	2110034
11	Bosque Mixto	2400	298950	2105417	59	Bosque de Pino Denso	2300	324229	2115607
12	Bosque Mixto	2400	299435	2110025	60	Bosque de Pino Denso	2300	324462	2117813
13	Bosque Mixto	2400	313255	2108570	61	Bosque Latifoliado Denso	2600	311686	2100102
14	Bosque Mixto	2400	315557	2108328	62	Bosque Latifoliado Denso	2600	299471	2103907
15	Bosque Mixto	2400	308892	2111358	63	Bosque Latifoliado Denso	2600	306958	2103120
16	Bosque Mixto	2400	311195	2111115	64	Bosque Latifoliado Denso	2600	324417	2101287
17	Bosque Mixto	2400	329852	2111475	65	Bosque Latifoliado Denso	2600	299733	2106403
18	Bosque Mixto	2400	308163	2104427	66	Bosque Latifoliado Denso	2600	302229	2106140
19	Bosque Mixto	2400	325097	2109651	67	Bosque Latifoliado Denso	2600	304725	2105878
20	Bosque Mixto	2400	315700	2110525	68	Bosque Latifoliado Denso	2600	314704	2104829
21	Bosque Mixto	2400	327797	2111697	69	Bosque Latifoliado Denso	2600	337141	2102470
22	Café con Sombra	800	329129	2104647	70	Bosque Latifoliado Denso	2600	295003	2109424
23	Café con Sombra	800	315638	2109095	71	Bosque Latifoliado Denso	2600	304987	2108373
24	Café con Sombra	800	323311	2108287	72	Bosque Latifoliado Denso	2600	314967	2107323
25	Café con Sombra	800	322625	2109135	73	Bosque Latifoliado Denso	2600	329927	2105748
26	Café con Sombra	800	323392	2109054	74	Bosque Latifoliado Denso	2600	302755	2111132
27	Café con Sombra	800	314427	2112337	75	Bosque Latifoliado Denso	2600	330189	2108241
28	Café con Sombra	800	312205	2113337	76	Bosque Latifoliado Denso	2600	335173	2107716
29	Café con Sombra	800	314589	2113862	77	Bosque Latifoliado Denso	2600	308009	2110208
30	Café con Sombra	800	318831	2117293	78	Bosque Latifoliado Denso	2600	320480	2114805
31	Café con Sombra	800	317895	2115769	79	Bosque Latifoliado Denso	2600	332944	2110470
32	Café con Sombra	800	319426	2115579	80	Bosque Latifoliado Denso	2600	335436	2110208
33	Café con Sombra	800	315557	2108328	81	Bosque Latifoliado Denso	2600	315756	2114805
34	Café con Sombra	800	331151	2109121	82	Bosque Latifoliado Denso	2600	333207	2112962
35	Café con Sombra	800	323998	2107439	83	Bosque Latifoliado Denso	2600	323764	2119002
36	Bosque de Pino Denso	2300	313779	2101095	84	Bosque Latifoliado Denso	2600	321535	2121759
37	Bosque de Pino Denso	2300	331424	2099243	85	Bosque Latifoliado Denso	2600	326785	2123724
38	Bosque de Pino Denso	2300	298559	2104924	86	Bosque Latifoliado Denso	2600	324822	2128974
39	Bosque de Pino Denso	2300	314010	2103301	87	Bosque de Pino Ralo	1100	299807	2104793
40	Bosque de Pino Denso	2300	318423	2102838	88	Bosque de Pino Ralo	1100	294748	2107461
41	Bosque de Pino Denso	2300	336064	2100985	89	Bosque de Pino Ralo	1100	304586	2109629
42	Bosque de Pino Denso	2300	296583	2107365	90	Bosque de Pino Ralo	1100	304697	2110684
43	Bosque de Pino Denso	2300	303207	2106668	91	Bosque de Pino Ralo	1100	309975	2110128
44	Bosque de Pino Denso	2300	312036	2105740	92	Bosque de Pino Ralo	1100	320528	2109016
45	Bosque de Pino Denso	2300	320861	2104812	93	Bosque de Pino Ralo	1100	297714	2106035
46	Bosque de Pino Denso	2300	334091	2103421	94	Bosque de Pino Ralo	1100	295765	2106278
47	Bosque de Pino Denso	2300	301231	2109108	95	Bosque de Pino Ralo	1100	296855	2107037
48	Bosque de Pino Denso	2300	303439	2108876	96	Café con Sombra	800	316205	2114467

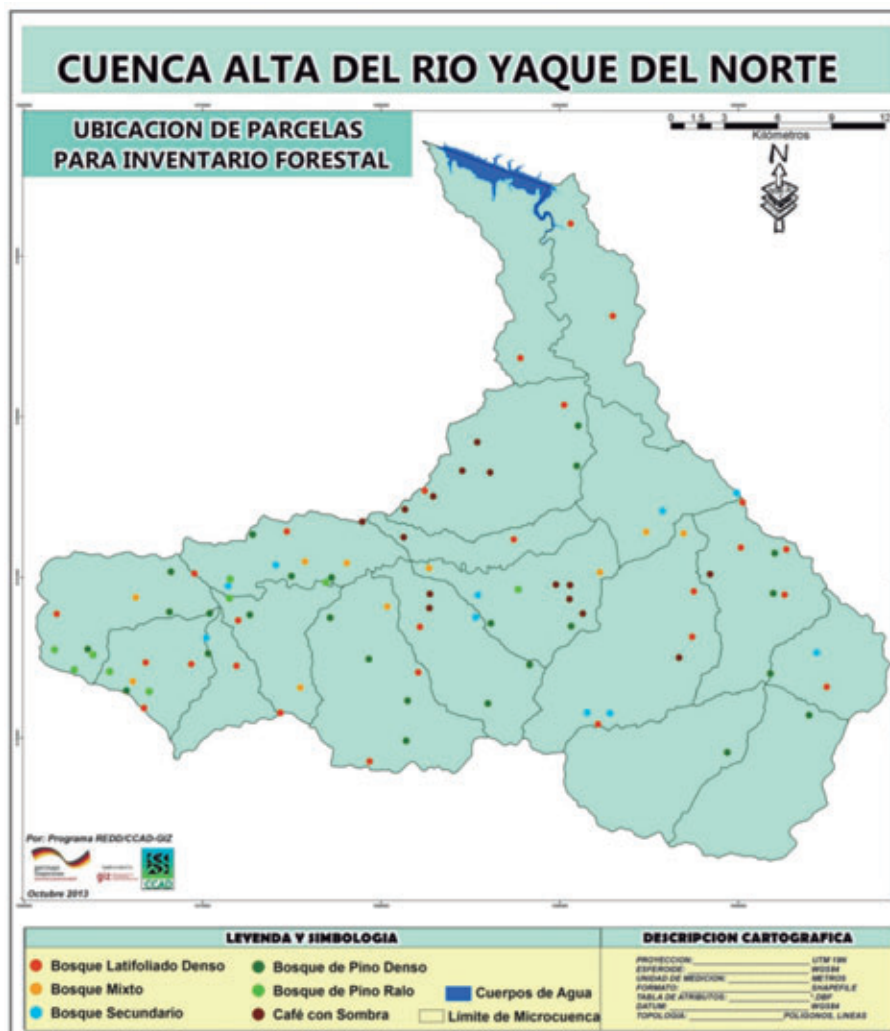


Fig. 4 Ubicación espacial, según estrato, de cada parcela del inventario forestal de la Cuenca Alta de Yaque del Norte

---

## 7. Planificación de la Fase I del Inventario

---

La propuesta del inventario a desarrollar en la Cuenca Alta de Yaque del Norte considera el enfoque de aproximación por fases, considerando el desarrollo de este en tres etapas. La primera tiene como objetivo refinar los datos estadísticos disponibles para el cálculo del tamaño de muestra, evaluar la logística y acceso, los arreglos institucionales y el tiempo requerido para el establecimiento de las parcelas. En la segunda se utilizarán los datos colectados en la fase I para recalcular el tamaño de muestra y completar el número de parcelas requeridas para lograr errores de muestreo del 15%, con un nivel de confianza de 95%. En la tercera fase se medirán aquellas parcelas que por razones de accesibilidad, seguridad o condiciones meteorológicas no se pudieran medir durante las fases I y II.

En la Fase I del inventario se planifica realizar un 50% del total de parcelas calculadas en la planificación anterior.

Esta primera fase tiene como objetivo general obtener valores dendrométricos y dasométricos, así como otra información de los bosques, directamente a partir del modelo diseñado para la captura y registro de la información necesaria para cuantificar los stocks de carbono de los distintos componentes del bosque. Este modelo implica el tipo, forma y tamaño de cada una de las parcelas y subparcelas, la conformación de las cuadrillas de trabajo, el instrumental para las mediciones y toma de muestra, entre otros aspectos técnicos. Asimismo, se podrá evaluar con el desarrollo de esta fase aspectos como la logística y acceso a los puntos de muestreo, el funcionamiento de los arreglos institucionales y se podrá contar con antecedentes del tiempo requerido para la localización, acceso y el establecimiento de las parcelas. Toda esta información será utilizada para recalcular el tamaño de muestra y completar el número de parcelas requeridas para lograr errores de muestreo del 15%, con un nivel de confianza de 95%, ya directamente sobre la variable stock de carbono de cada tipo de bosque. La restante información permitirá validar los antecedentes de tiempo y costo involucrado en el muestreo, tanto para la realización de las siguientes fases como para aportar información a la planificación del Inventario Nacional Forestal u otro inventario de este tipo que se desarrolle en el país.

**Tabla 17. Tamaño de muestra para cada estrato en la Fase I del inventario forestal.**

Tipo de Cobertura y Uso de Suelo	Superficie (ha)	Participación (%)	n Fase I
Bosque Latifoliado Denso	18.226,18	42,36	13
Bosque de Pino Denso	14.265,76	33,16	12
Bosque Mixto	6.526,43	15,17	6
Bosque Secundario	1.738,33	4,04	5
Bosque de Pino Ralo	1.251,52	2,91	5
Café con Sombra	1.016,40	2,36	8
<b>TOTAL</b>	<b>43.024,62</b>	<b>100,00</b>	<b>49</b>

En la tabla y figuras siguientes se presentan las coordenadas geográficas y se ilustra la localización espacial de cada una de las 49 parcelas a medir en la Fase I del inventario forestal de la Cuenca Alta de Yaque del Norte. Las coordenadas presentadas corresponden al sistema de proyección UTM 19N, datum WGS 84. En el primer mapa se considera la subdivisión de las microcuencas, la red vial y la red hidrográfica; en el segundo mapa se ha incorporado además la elevación del terreno (altitud). Lo anterior en virtud de que la conjugación de todos estos elementos permiten analizar visualmente el grado de accesibilidad a cada parcela, aspecto importante para evaluar tiempos y costos de la ejecución del inventario.



Tabla 15. Coordenadas geográficas (UTM 19N, datum WGS 84) para cada parcela según estrato.

Parcela	Uso	Coord_X	Coord_Y
1	Bosque Secundario	325106	2101845
2	Bosque Secundario	304561	2110311
3	Bosque Secundario	332928	2113503
4	Bosque Secundario	307263	2111292
5	Bosque Secundario	328780	2112800
6	Bosque Mixto	298950	2105417
7	Bosque Mixto	313255	2108570
8	Bosque Mixto	308892	2111358
9	Bosque Mixto	329852	2111475
10	Bosque Mixto	325097	2109651
11	Bosque Mixto	327797	2111697
12	Café con Sombra	329129	2104647
13	Café con Sombra	323311	2108287
14	Café con Sombra	323392	2109054
15	Café con Sombra	312205	2113337
16	Café con Sombra	318831	2117293
17	Café con Sombra	319426	2115579
18	Café con Sombra	331151	2109121
19	Café con Sombra	323998	2107439
20	Bosque de Pino Denso	313779	2101095
21	Bosque de Pino Denso	298559	2104924
22	Bosque de Pino Denso	318423	2107365
23	Bosque de Pino Denso	296583	2105740
24	Bosque de Pino Denso	312036	2103421
25	Bosque de Pino Denso	334091	2108876
26	Bosque de Pino Denso	303439	2108179
27	Bosque de Pino Denso	310061	2108179
28	Bosque de Pino Denso	323299	2106785
29	Bosque de Pino Denso	308086	2110618
30	Bosque de Pino Denso	334555	2107829
31	Bosque de Pino Denso	324462	2117813
32	Bosque Latifoliado Denso	311686	2100102
33	Bosque Latifoliado Denso	306958	2103120
34	Bosque Latifoliado Denso	299733	2106403
35	Bosque Latifoliado Denso	304725	2105878
36	Bosque Latifoliado Denso	337141	2102470
37	Bosque Latifoliado Denso	304987	2108373
38	Bosque Latifoliado Denso	329927	2105748
39	Bosque Latifoliado Denso	330189	2108241
40	Bosque Latifoliado Denso	308009	2113101
41	Bosque Latifoliado Denso	332944	2110470
42	Bosque Latifoliado Denso	315756	2114805
43	Bosque Latifoliado Denso	323764	2119002
44	Bosque Latifoliado Denso	326785	2123724
45	Bosque Pino Ralo	294748	2107461
46	Bosque Pino Ralo	304697	2110684
47	Bosque Pino Ralo	320528	2109016
48	Bosque Pino Ralo	295765	2106278
49	Bosque Pino Ralo	296855	2107037

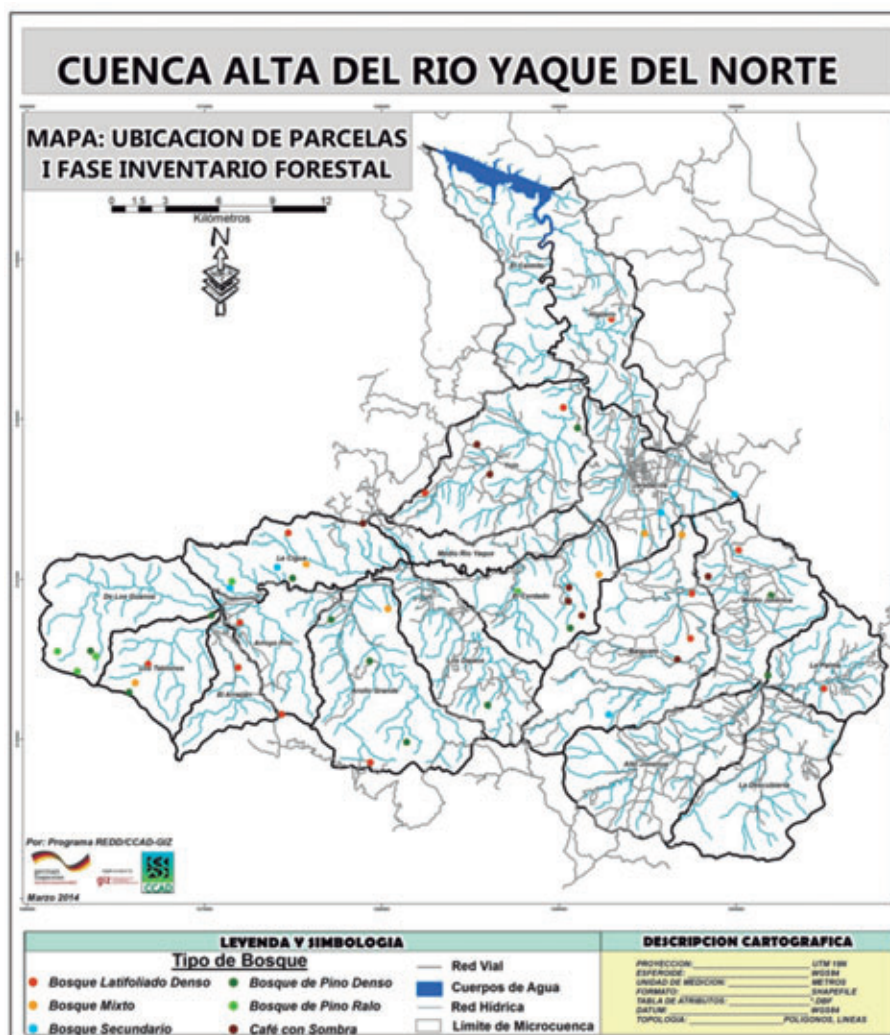


Fig. 5 Ubicación espacial, según estrato, de cada parcela de la Fase I del inventario forestal de la Cuenca Alta de Yaque del Norte considerando red hidrográfica y red vial.

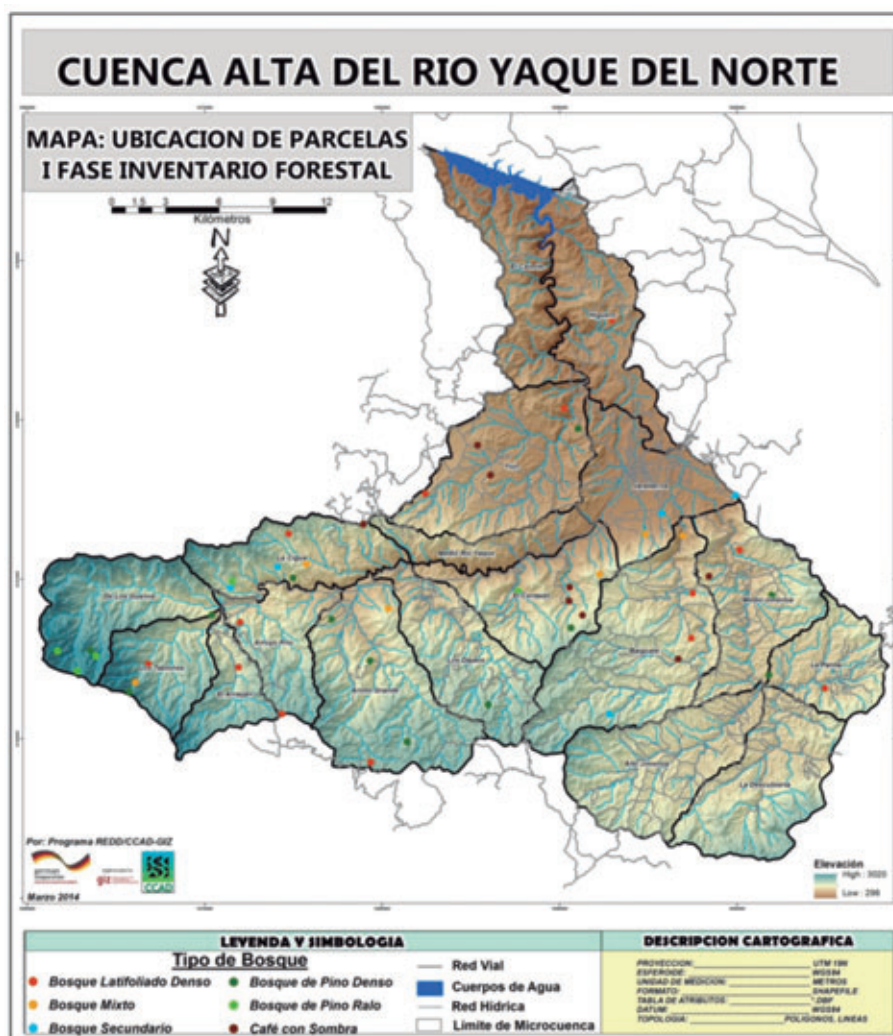


Fig. 6 Ubicación espacial, según estrato, de cada parcela de la Fase I del inventario forestal de la Cuenca Alta de Yaque del Norte considerando red hidrográfica, red vial y elevación del terreno.

## 8. Bibliografía

1. Cancino, J. 1999. Métodos de muestreo aplicados a inventarios forestales. Proyecto de Desarrollo de la Docencia 97-116. Dirección de Docencia, Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 203 p.
2. DIARENA. 2011. Uso y Cobertura de la Tierra 2010 Cuenca de los Ríos Yaque del Norte y Artibonito. Dirección de Información Ambiental y de Recursos Naturales. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 33 p.
3. González, G.; Gallegos, A.; Hernández, E. y M. Morales. 2002. Evaluación del tamaño y forma de sitio de muestreo para inventarios forestales en bosques tropicales. Publicación Proyecto CONACYT 31808-B. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. México. 5 p.
4. Husch, B.; Beers, T. W. y J.A. Kershaw. 2002. Forest Mensuration. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey. 456 p.
5. Kleinn, C. 2002. Nuevas tecnologías y metodologías para los inventarios forestales nacionales. Unasylva 210 (53): 10-18.
6. Landell-Mills, N. y I. T. Porras. 2002. ¿Bala de plata u oro de tontos? Revisión global de servicios ambientales del bosque y su impacto sobre los pobres. Londres, IIED.
7. Lund, H.G. 1986. A primer on integrating resource inventories. Gen. Tech. Rep. WO-49. United States Department of Agriculture, Forest Service. 64 p.
8. Lund, H.G., ed. 1993. Integrated ecological and resource inventories. Proceedings of a National Workshop, 12-16 de abril de 1993. USDA Forest Service, Watershed and Air Management Staff. Phoenix, Arizona. 177 p.
9. Morales, E. 2005. Diseño experimental a través del análisis de varianza y modelo de regresión lineal. Primera edición. Consultora Carolina. Valdivia, Chile. 248 p.
10. Murillo, O. y P. Camacho. 1997. Metodología para la evaluación de la calidad de plantaciones forestales recién establecidas. Agronomía Costarricense 21(2): 189-206.
11. Pelz, D.R. 1995. Non-timber variables in forest inventories. The Monte Verità Conference on Forest Survey designs. "Simplicity versus efficiency" and assessment of non-timber resources, Birmensdorf, Suiza, Instituto Federal Suizo de Bosques, Nieve e Investigación Paisajística p. 103-109.
12. Prodan, M.; Peters, R. ; Cox F. y P. Real. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible Proyecto IICA/GTZ. San José, Costa Rica. 561 p.
13. Ríoz, N.; Acosta, V.; De Benítez, C. y M. Pece. 2000. Comparación entre métodos de muestreo. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. Vol. 9 (1). 45-57.

14. Rodas, C. 2005. Inventario Forestal del Bosque Natural de la Comunidad Popular en Resistencia de Petén, “Comunidad Salvador Fajardo”, La Libertad, Petén. Trabajo de Graduación para optar al grado académico de Licenciado. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén. Santa Elena, Petén. Guatemala. 75 p.
15. Rondeux, J. 1999. Inventarios forestales y biodiversidad. *Unasylva* 196 (50): 35-41.
16. Samalca, I. 2007. Estimation of Forest Biomass and its Error. A case in Kalimantan, Indonesia. Tesis para optar al grado de Master of Science in Geo-information Science and Earth Observation. International Institute for Geo-information Science and earth Observation. Enschede, Netherlands. 84 p.
17. Sorrentino, A. 1997. Manual para el diseño y ejecución de inventarios forestales. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur S. R. L. Montevideo, Uruguay. 350 p.
18. Velasco, F. 2012. Comparación de dos métodos de muestro para la estimación de existencias maderables d un inventario forestal en Analco, Ixtlán, Oaxaca. Tesis para obtener el título de Ingeniero Forestal. Universidad de la Sierra Juárez. Ixtlán de Juárez, Oaxaca. 75 p.
19. Wunder, S., J. Börner, M. Rügnitz Tito y L. Pereira. 2008. Pagamentos por Serviços Ambientais Perspectivas para a Amazônia Legal. Brasília, Brasil, Ministerio do Meio Ambiente: 136.

Programa Regional REDD/CCAD-GIZ

Deutsche Gesellschaft für  
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Apartado Postal 755  
Bulevar, Orden de Malta, Edificio GIZ,  
Urbanización Santa Elena,  
Antiguo Cuscatlán, la Libertad  
El Salvador, C.A.

T +503 2121-5100  
F +503 2121-5101  
E [info@reddccadgiz.org](mailto:info@reddccadgiz.org)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)  
[www.reddccadgiz.org](http://www.reddccadgiz.org)





T +503 2121-5100  
F +503 2121-5101  
E [info@reddccadgiz.org](mailto:info@reddccadgiz.org)  
I [www.giz.de](http://www.giz.de)  
[www.redccadgiz.org](http://www.redccadgiz.org)