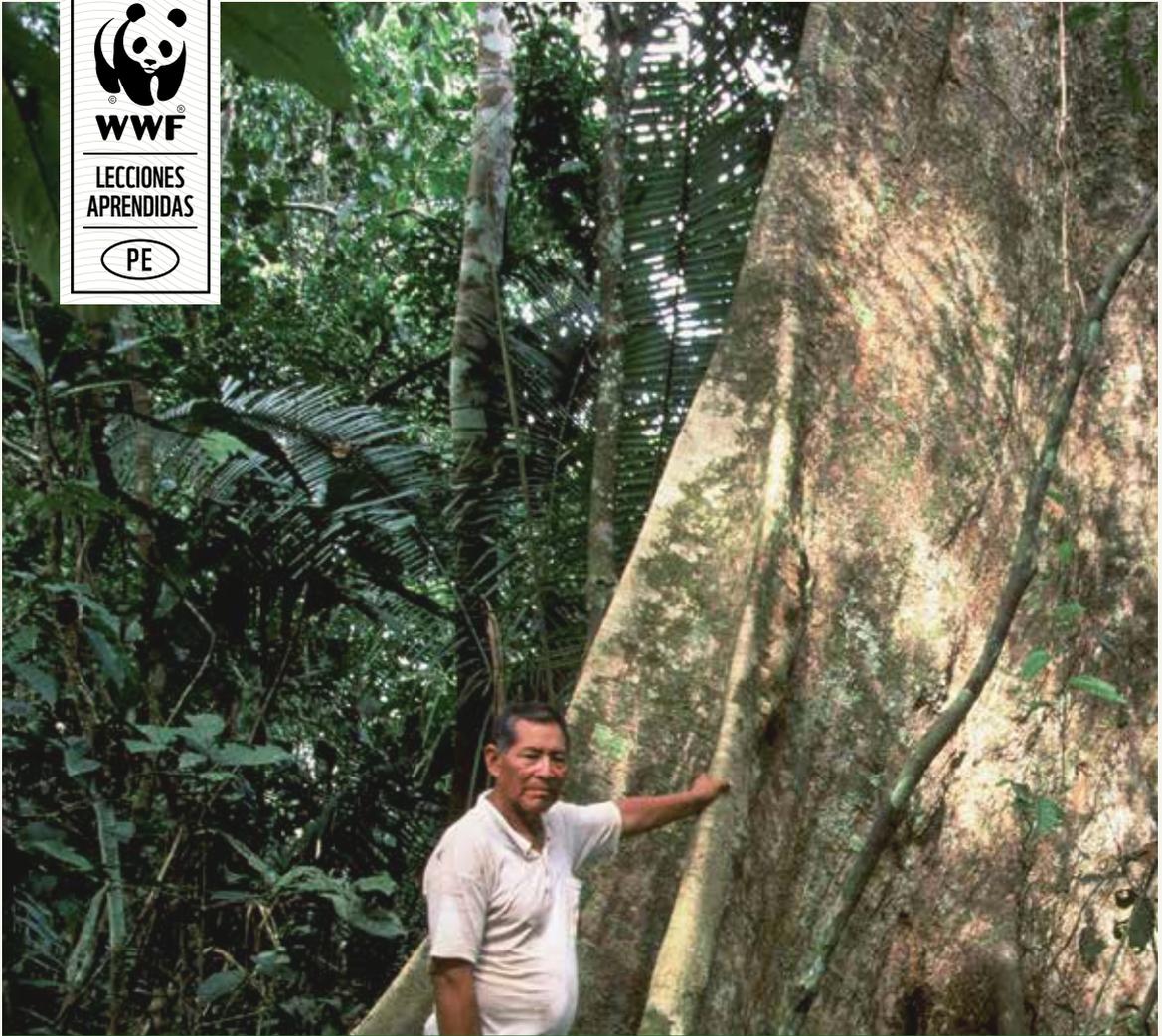




WWF

LECCIONES
APRENDIDAS

PE



ESTIMANDO LOS STOCKS DE CARBONO FORESTAL TROPICAL A PARTIR DE INFORMACIÓN DE INVENTARIO EXISTENTE

CRÉDITOS

ESCRITO POR: Timothy Baker en coordinación con Naikoa Aguilar-Amuchastegui

EQUIPO EDITORIAL: WWF Perú, WWF Forest and Climate Program

FOTO DE PORTADA: © ANDRÉ BÄRTSCHI / WWF - CANON

TRADUCCIÓN: JHONATHAN JARA

© Textos 2014 WWF

Todos los derechos reservados

WWF es una de las organizaciones independientes de conservación más grandes y con más experiencia del mundo, con casi 5 millones de miembros y una red mundial activa en más de 100 países.

La misión de WWF es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza conservando la diversidad biológica mundial, asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible, y promoviendo la reducción de la contaminación e incentivando el consumo responsable.

INDICE

INTRODUCCIÓN	04
<hr/>	
1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	05
2. ELECCIÓN DE STOCKS DE CARBONO	06
3. ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN	07
4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	08
5. CÁLCULO DE LOS STOCKS DE CARBONO PROMEDIO	09
6. ESTRATIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN	10
7. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO Y NÚMERO DE PARCELAS ADICIONALES REQUERIDAS	11
<hr/>	
REFERENCIAS	13

INTRODUCCIÓN

Existe un gran interés en la medición de la cantidad de carbono presente en los bosques tropicales como resultado de la implementación de iniciativas, tales como REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de bosques tropicales), que aspiran a proporcionar fondos para lograr la conservación de estos ecosistemas. La colecta de datos a partir de parcelas de medición en bosques es aún un importante método para recopilar información y validar estimados basados en la información derivada a partir de datos de sensores remotos. Sin embargo, en muchas ocasiones, son varias las organizaciones que están involucradas en esfuerzos para establecer proyectos basados en carbono en regiones forestales tropicales, y muchas veces dichos esfuerzos carecen de una adecuada coordinación. Esta publicación describe los pasos (Fig. 1) que se pueden seguir para recopilar y analizar la información de stocks de carbono colectada en parcelas de campo de diversas fuentes. Dichos pasos son ilustrados mediante el uso hallazgos realizados en un estudio de caso hecho en Madre de Dios, al sur del Perú.

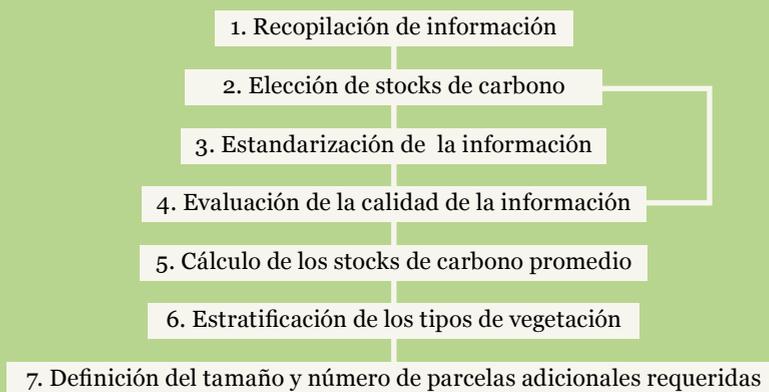


Fig. 1. . Pasos necesarios para recopilar y estimar los stocks de carbono forestal tropical a partir de datos de parcelas de campo provenientes de diversas fuentes. Nótese que puede ser necesario repetir algunos de los pasos dependiendo de los resultados obtenidos en las diferentes etapas.

1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La información de inventarios forestales puede haber sido recopilada por una gran cantidad de organizaciones, incluyendo gobiernos, ONG, organizaciones de investigación y empresas madereras para diferentes propósitos, tales como evaluación de la biodiversidad, estudio de

la dinámica forestal, monitoreo del carbono o para manejo forestal sostenible. Todas estas fuentes de información pueden ser de gran utilidad para calcular los stocks de carbono en una región específica. Utilizar un marco institucional existente relacionado a REDD+ puede ser sumamente beneficioso para lograr acuerdos de acceso a dichos datos.

En Madre de Dios, la información de inventarios forestales fue recopilada por diferentes ONG (p.ej. WWF), organizaciones de investigación (p.ej. el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana y la Red Amazónica de Inventarios Forestales – RAINFOR) y empresas madereras (p.ej. Maderacre). El proyecto fue aprobado e implementado en estrecha colaboración con la MESA REDD local, la cual es un grupo de instituciones comprometidas a desarrollar proyectos REDD+ en la región de Madre de Dios, Perú. Esta aprobación facilitó el intercambio de información y también proporcionó un mecanismo para disseminar los resultados. En total, se obtuvieron datos de 593 parcelas de nueve entidades diferentes.

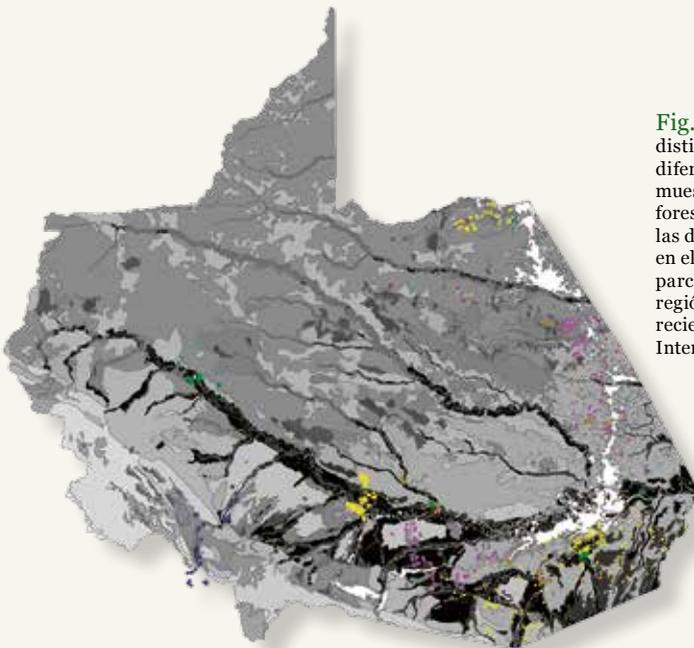


Fig. 2 . Madre de Dios, Perú. Los distintos tonos de gris representan diferentes tipos de bosque; los puntos muestran la ubicación de las parcelas forestales. Los diferentes colores indican las diferentes instituciones involucradas en el establecimiento de parcelas. Las parcelas y las iniciativas REDD+ en esta región están centradas alrededor de la recientemente pavimentada Carretera Interoceánica.

2. ELECCIÓN DE STOCKS DE CARBONO

El carbono de los bosques está contenido en una variedad de compartimientos (p.ej. árboles, residuos leñosos, raíces y tierra) cada una con diferentes contenidos . Dos principios clave que se deben tener en cuenta al momento de elegir

que compartimientos se deben incluir en la cuantificación del carbono en bosques son: el tipo de proyecto que se está proponiendo (IPCC 2000) y que los compartimientos que representen menos del 10% del total de emisiones de carbono resultantes de la pérdida del bosque pueden ser omitidas (VCS 2012).

Dado que la información de las emisiones potenciales previstas por los proyectos REDD+ en la región no estaba disponible, se adoptó un enfoque simple y conservador para decidir que compartimientos de carbono incluir: sólo aquellos compartimientos que contienen más del 10% del total de biomasa aérea viva (BAV) de árboles y palmas en la superficie, con un DAP > 10 cm. Por ejemplo, los residuos leñosos gruesos en esta región representan sólo una pequeña parte del total de stocks de carbono (17.5 Mg ha⁻¹ ó 6.1 % de BAV), por ende, pueden ser omitidos de los cálculos de stocks de carbono para proyectos REDD+. En el caso de compartimientos sobre los que no había información disponible, se realizó una búsqueda en la literatura con el fin de obtener valores adecuados para la región.

<i>COMPONENTE</i>	<i>> 10% AGLB?</i>
<i>Biomasa de la superficie</i>	
<i>Bambú</i>	<i>no</i>
Vegetación herbácea	no
Árboles y palmas grandes	si
Lianas	no
Árboles pequeños (<10 dbh)	no
<i>Biomasa subterránea</i>	
Raíces finas*	Sólo bosque secundario
Raíces gruesas	si
<i>Masa inerte</i>	
Residuos leñosos gruesos	no
Desechos*	no
<i>Carbono del suelo</i>	
Carbono orgánico del suelo*	si

*Estimados de la literatura

Tabla 1. Contribución de diferentes componentes a AGLB en Madre de Dios, Perú

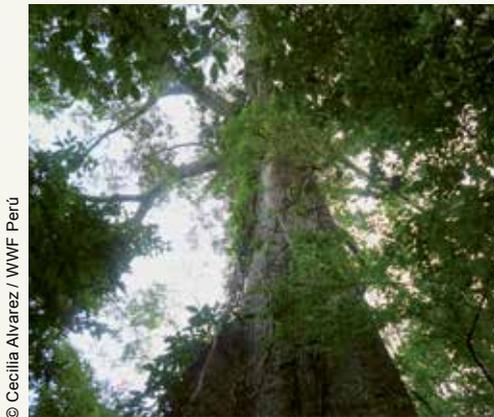
3. ESTANDARIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

A menudo las organizaciones ya han publicado valores estimados de biomasa para sus sitios específicos de trabajo. Sin embargo, es crucial obtener la información original de cada árbol para calcular su biomasa mediante el uso de la misma ecuación alométrica para todos los sitios.

Para elegir la ecuación adecuada que se debe utilizar, es importante tener en cuenta la información de biomasa pesada directamente para una variedad de árboles con la finalidad de evaluar que ecuación es la más apropiada. Sin embargo, recomendamos utilizar las ecuaciones presentes en Feldpausch et al. (2012) para estimar la biomasa de árboles tropicales. Esta publicación presenta ecuaciones basadas en aquellas publicadas por Chave et al. (2005) que incorporan variaciones regionales en la altura de los árboles.

Los nombres de las especies pueden ser verificados y estandarizados mediante la utilización del Servicio de Reconocimiento de Denominación Taxonómica (Boyle et al. 2013), Los cuales deben cotejados con la información densidad de la madera existente en de Zanne et al. (2009).

En Madre de Dios, se recopiló información de las parcelas y se estandarizó la nomenclatura botánica. La elección de las ecuaciones alométricas finalmente utilizadas para estimar la biomasa de árboles se llevó a cabo comparando los valores estimados mediante el uso de distintas ecuaciones con medidas de biomasa reales obtenidas a partir de 51 árboles talados en una concesión maderera de la región (Goodman et al. 2012). Este trabajo demostró que el Modelo 1.5 de Chave et al. (2005) para bosques húmedos proporcionaba las mejores predicciones de biomasa para esta región. Por lo tanto, esta ecuación fue aplicada con la finalidad de estimar la biomasa de árboles individuales presentes en todas las parcelas.



© Cecilia Alvarez / WWF Perú

Fig. 3 Medidas directas de la biomasa de árboles presentes en Madre de Dios (Perú), que demuestran que los árboles en esta ubicación tienen una mayor proporción de masas en sus coronas de lo que se predijo mediante numerosas ecuaciones; por lo tanto poseen una mayor biomasa para un diámetro dado.

4. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LA INFORMACIÓN

Los protocolos utilizados en el campo para medir los stocks de carbono pueden variar significativamente. Los aspectos clave son:

- La ubicación de las parcelas: es importante que las parcelas hayan sido ubicadas utilizando un diseño sistemático o aleatorio, para así evitar que las parcelas estén ubicadas en áreas de bosque particularmente “majestuosas” que presentan altos valores de biomasa debido a la presencia de grandes árboles.
- El grado de identificación de los árboles: es importante un buen nivel de la identificación de especies para cada árbol para equiparar la información de la densidad de la madera con cada tronco.
- La calidad de las medidas del diámetro de árboles grandes: es importante la calidad de las medidas del diámetro, ya que medidas inadecuadas pueden ‘inflar’ en gran medida las estimaciones de biomasa de árboles grandes.

La comparación de los diferentes protocolos de campo utilizados por diferentes organizaciones proporciona una manera de detectar los dos primeros problemas; la comparación de estimados de biomasa de la información obtenida de diferentes organizaciones, mientras se controlan otros factores, tales como el tipo de vegetación, proporciona una manera de detectar el tercer problema.

En el caso de Madre de Dios, encontramos niveles razonables de esfuerzo para evitar sesgos en la ubicación de las parcelas (p.ej. a través de diseños de muestreo sistemáticos o aleatorios), así como para la identificación de los árboles hasta el nivel de especie (utilizando denominaciones locales). Sin embargo, el análisis de la información de stocks de carbono como función del tipo de vegetación y organización que ha dirigido la investigación, demuestra que existieron importantes diferencias en los stocks de carbono estimados por diferentes organizaciones, incluso dentro de tipos de vegetación similares. Después de un estudio más detallado de la información, un grupo de parcelas tuvo que ser omitido debido a que presentaban de manera consistente un gran número de árboles muy grandes (>2 m diámetro), lo cual sugería la posibilidad de que se había incurrido en errores de medición. Otras diferencias entre las estimaciones de biomasa obtenidas por diferentes organizaciones fueron el resultado de parcelas individuales que presentaban uno o varios árboles grandes de especies que son conocidas por alcanzar grandes tamaños en esta región (p.ej. el castaño). En este caso, estas parcelas fueron mantenidas en el análisis.

5. CÁLCULO DE LOS STOCKS DE CARBONO PROMEDIO

El tamaño de las parcelas usado puede variar notablemente en extensas recopilaciones de información de inventarios forestales, lo cual afecta el error de muestreo asociado con las medidas de biomasa en una ubicación

determinada. Por ejemplo, se espera que la incertidumbre sea mucho más alta en el caso de parcelas de menor tamaño. Cuando se calcula la biomasa media, será necesario utilizar un promedio ponderado que justifique el nivel diferente de incertidumbre asociado con los valores obtenidos de parcelas de diferentes tamaños. La necesidad por un promedio ponderado, y la forma adecuada para calcular los pesos, puede ser explorada de manera empírica graficando como la variación en las estimaciones de biomasa cambia con el tamaño de la parcela.

En la base de datos de Madre de Dios, la magnitud de la variación en la biomasa de la parcela varía con el tamaño de la parcela: el error de muestreo es más alto para parcelas por debajo de 0.5 ha (Fig. 3a). Exploramos si la ponderación de los valores de biomasa por la raíz cuadrada del área de la parcela (Fig. 3b), o el área de la parcela (Fig. 3c), garantizaba que los errores se distribuyeran de manera más consistente con respecto al tamaño de la parcela. Hallamos que la ponderación de los valores por la raíz cuadrada del área de la parcela (Fig. 3b) era el método más adecuado. Esta ponderación debería ser aplicada cuando se calcule los stocks de biomasa medio de diferentes tipos de vegetación. De igual manera, los cálculos de la desviación estándar para cada tipo de vegetación deberían estar basados en la variación ponderada (véase http://www.gnu.org/software/gsl/manual/html_node/Weighted-Samples.html).

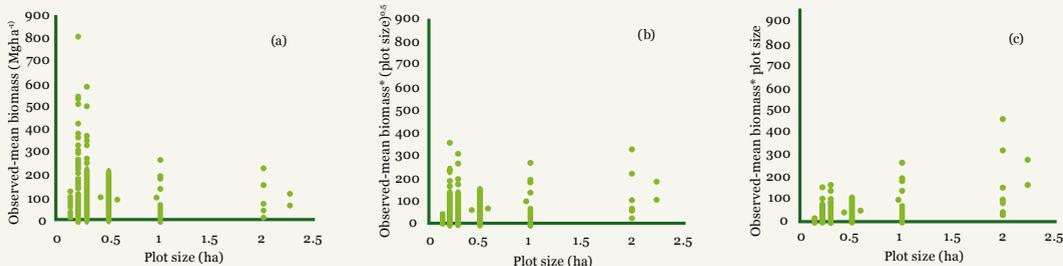


Fig. 3 Relación entre la magnitud de la diferencia entre los stocks de biomasa observada y media estimada para parcelas de diferentes tamaños; (a) valores sin ponderar, (b) residuos ponderados por la raíz cuadrada del área de la parcela, (c) residuos ponderados por el área de la parcela. Tanto en (a) como en (c) hay tendencias claras en la variación de la información con el tamaño de la parcela. En (b), la ponderación garantiza que la variación en la información es consistente con el tamaño de la parcela.

6. ESTRATIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE VEGETACIÓN

Los mapas de vegetación existentes, que muestran la distribución de los diferentes tipos de bosque, deberían ser utilizados para estratificar la región en diferentes zonas. Es posible simplificar la clasificación para propósitos de proporcionar estimaciones de biomasa a partir de datos de campo, para diferentes áreas, mediante la comparación de valores observados en tipos de vegetación similares.

En Madre de Dios se utilizó el mapa de vegetación elaborado por el Gobierno Regional de Madre de Dios (GOREMAD 2009), para estratificar la región en diferentes tipos de bosque. Este mapa tiene una jerarquía compleja de denominaciones de diferentes tipos de vegetación, los cuales simplificamos mediante la comparación de valores de biomasa entre tipos de bosque y combinando categorías con valores y características ecológicas similares. En general, estos valores sugieren que aproximadamente 0.97 Pg. de carbono están almacenados en la BAV en los bosques de Madre de Dios.

Descripción	Área (ha)	%MdD	Mean C(Mg/ha)	SD	Nº de parcelas
Comunidades sucesionales de orillas de aguas blancas	89,578	1.06	95	54	31
Comunidades densas de planicies inundables	294,463	3.50	118	62	48
Comunidades pantanosas arbóreas (renacales y palmerales)	483,032	5.74	120	57	55
Comunidades pantanosas herbáceo-arbustivas	171,965	2.04	70	42	45
Comunidades densas de bambúes o pacales densos	227,607	2.70	93	76	4
Comunidades mixtas de bambúes, o pacales mixtos, asociados con árboles dispersos en planicies inundables	188,039	2.23	91	43	15
Comunidades mixtas de bambúes, o pacales mixtos, asociados con árboles dispersos en planicies	503,163	5.98	99	53	24
Comunidades mixtas de bambúes, o pacales mixtos, asociados con árboles dispersos en colina	2,456,462	29.18	114	61	49
Comunidades mixtas de bambúes, o pacales mixtos, asociados con árboles dispersos en piedemonte subandino	61,654	0.73	32	25	3
Bosques semicaducifolios densos en planicies	1,314,252	15.61	127	66	225
Bosques semicaducifolios densos en colinas	1,446,328	17.18	144	73	39
Complejo de bosques semipantanosos y semicaducifolio	272,211	3.23	92	65	8
Bosques semicaducifolios con árboles dispersos en montañas bajas	232,018	2.76	215	215	1
Bosques mixtos con árboles medianos y dispersos de montañas altas	336,356	3.99	59	16	27
Comunidades herbáceas mixtas de arbustos en los altos Andes*	8,505	0.10	17	6	8
Bosque secundario - pastizal/complejos agrícolas	334,081	3.97	63	54	29
TOTAL	8,419,714	100.00	114	59	613

* información de Gibbon et al. (2010)

Tabla 2 Las estimaciones de biomasa para 16 tipos de vegetación de Madre de Dios, Perú. Los tipos de vegetación con múltiples códigos fueron combinados basados en sus pequeñas contribuciones al área forestal total, y a valores de biomasa estimados similares. Se incluyeron valores publicados para los stocks de carbono para ecosistemas de mayor altitud, para los cuales no había datos de campo disponibles.

7. DEFINICIÓN DEL TAMAÑO Y NÚMERO DE PARCELAS ADICIONALES REQUERIDAS

Por lo general, los proyectos de carbono requieren que el carbono sea estimado con una precisión de +/- 10 % (VCS 2012). El número de parcelas requerido para alcanzar este nivel de precisión variará dependiendo del nivel de variación misma de los stocks de biomasa al interior del área de estudio. Los cálculos necesarios para estimar el número de parcelas que se requieren, están basados en las estimaciones del promedio y varianza de los stocks de carbono en diferentes tipos de vegetación.

Estos cálculos se presentan en Pearson et al. (2005) y están disponibles en <http://www.winrock.org/ecosystems/tools.asp>.

Un tamaño adecuado para estas parcelas depende de la heterogeneidad subyacente del bosque, la cual puede ser evaluada considerando como la variabilidad de las estimaciones de biomasa cambia con el tamaño de las parcelas. Las parcelas deben ser lo suficientemente grandes para capturar la variación estructural local en la biomasa forestal.

Los valores de biomasa obtenidos a partir de las parcelas más pequeñas presentaron, en Madre de Dios, varianzas más grandes (Fig. 3a). Basados en este estudio, el tamaño mínimo de la parcela necesario para capturar de manera adecuada la variación local en la estructura forestal fue establecido en 0.5 hectáreas (Fig. 3a).

Encontramos que un total de 13 parcelas adicionales, a ser montadas en dos de los tipos de vegetación con menor muestreo, sería necesario para estimar BAV para poder alcanzar una precisión del 10% para la región. La gran parte del número de parcelas existentes proporcionaba estimaciones razonables de los stocks de carbono en esta región.

REFERENCIAS

- Boyle, B. et al. (2013) The taxonomic name resolution service: an online tool for automated standardization of plant names, *BMC Bioinformatics*, 14-16.
<http://www.biomedcentral.com/1471-2105/14/16>
- Chave J. et al. (2005) Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia* 145, 87-99.
<http://link.springer.com/article/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Feldpausch T. et al. (2012) Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates, *Biogeosciences*, 9, 3381-3403. <http://www.biogeosciences.net/9/3381/2012/bg-9-3381-2012.html>
- Gibbon, A. et al. (2010) Ecosystem carbon storage across the grassland–forest transition in the high Andes of Manu National Park, Peru. *Ecosystems* ,13, 1097-1111
- Goodman, R.C. et al. (2012) Tropical forests: Tightening up on tree carbon estimates, *Nature*, 491, 527.
<http://www.nature.com/nature/journal/v491/n7425/full/491527b.html>
- GOREMAD (2009) Macro Zonificación Ecológica y Económica del Departamento de Madre de Dios. Puerto Maldonado, pp 167
- IPCC (2000) Land-Use, Land-Use Change and Forestry, Watson, R.T., Noble, I.R., Bolin, B., Ravindranath, N.H., Verardo, D.J. & Dokken, D.J. (Eds.), Cambridge University Press, UK. pp 375
http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/land_use/index.php?idp=0
- Pearson T. et al. (2005) Sourcebook for Land Use, Land-Use Change and Forestry
- Projects, Winrock International and World Bank BioCarbon Fund.
http://www.winrock.org/ecosystems/files/winrock-biocarbon_fund_sourcebook-compressed.pdf
- VCS (2012) Jurisdictional and Nested REDD Initiative: Summary of Technical Recommendations – Version 2.0
<http://v-c-s.org/sites/v-c-s.org/files/Summary%20of%20Technical%20Recommendations%20V2%200.pdf>
- Zanne, A.E., Lopez-Gonzalez, G., Coomes, D.A., Ilic, J., Jansen, S., Lewis, S.L., Miller, R.B., Swenson, N.G., Wiemann, M.C., and Chave, J. (2009) Global wood density database. *Dryad*. Identifier: <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.



Impreso en Cyclus Print Matt, papel fabricado con 100% fibras recicladas, libres de cloro y blanqueadores ópticos, certificadas por NAPM (National Association of Paper Merchants).

Ha sido elaborado además con Bio Energía (energía no contaminante) y está certificado por Ecoflower y Blue Engel que identifican productos hechos bajo el manejo ambientalmente apropiado, con responsabilidad social y económicamente viable de los recursos.

Los beneficios por el uso de papel 100% fibra reciclada se refleja en un menor impacto al ecosistema, equivalente a:

113 kg. de fibra de árbol no consumida
 1,920 lt. de agua ahorrados
 69 kg. de residuos sólidos no generados
 14 kg. de gases de efecto invernadero evitados
 177 KWH de energía no consumida
 137 km no recorridos en auto estándar

OTRAS CERTIFICACIONES :

License 544.021 Nordic Swan
 ISO 9001 Quality management
 EMAS, ISO 1400 EU environmental management/certification scheme
 DIN 6738 Archive properties, LDK class 24-85 (> 200/g years)
 EN 71-3 Safety of toys, migration of certain elements

Este es un trabajo conjunto de WWF Perú y FCP



Por qué estamos aquí

Para detener la degradación del ambiente natural del planeta y construir un futuro en el cual los humanos convivan en armonía con la naturaleza.

www.wwfperu.org

WWF Perú
 Trinidad Morán 853 Lince
 Lima 14 – Perú
 Tel.: +51 (1) 440 5550