

UN-REDD

PROGRAMME



Regional Technical Workshop Minding the gap: Scaling biomass allometric equations for National Forest Inventories in South and Central America

[UN-REDD Programme](#)

Editors: Miguel Cifuentes, Matieu Henry, Javier
García, Yolanda Granada
January 2015
Turriabla, Costa Rica

The UN-REDD Programme, implemented by FAO, UNDP and UNEP, has two components: (i) assisting developing countries prepare and implement national REDD strategies and mechanisms; (ii) supporting the development of normative solutions and standardized approaches based on sound science for a REDD instrument linked with the UNFCCC. The programme helps empower countries to manage their REDD processes and will facilitate access to financial and technical assistance tailored to the specific needs of the countries.

The application of UNDP, UNEP and FAO rights-based and participatory approaches will also help ensure the rights of indigenous and forest-dwelling people are protected and the active involvement of local communities and relevant stakeholders and institutions in the design and implementation of REDD plans.

The programme is implemented through the UN Joint Programmes modalities, enabling rapid initiation of programme implementation and channeling of funds for REDD efforts, building on the in-country presence of UN agencies as a crucial support structure for countries. The UN-REDD Programme encourage coordinated and collaborative UN support to countries, thus maximizing efficiencies and effectiveness of the organizations' collective input, consistent with the "One UN" approach advocated by UN members.

Contacts:

Miguel Cifuentes-Jara

CATIE, Turrialba, Costa Rica

Email: mcifuentes@catie.ac.cr

Matieu Henry

UN-REDD Programme

Food & Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

Email: matieu.henry@fao.org

Recommended Citation:

Cifuentes, M., Henry, M., 2015. Regional Technical Workshop. Minding the gap: Scaling biomass allometric equations for National Forest Inventories in South and Central America. June 2015. UN-REDD Programme MRV Report 22. Turrialba, Costa Rica.

Disclaimer

The present report is designed to reflect the activities and progress related to the UN-REDD Programme. This report is not authoritative information sources – it does not reflect the official position of FAO, UNDP or UNEP and should not be used for official purposes.

Should readers find any errors in the documents or would like to provide comments for improving their quality; they are encouraged to get in touch with one of above contacts.

Photo credit: Miguel Cifuentes

Contents

1. Introduction	5
2. Objectives of the workshop	6
3. Session 1: Different scenarios for national forest biomass assessment	7
a) Overview/Objectives and update of the outputs from the previous Regional Workshop “Tree Volume and Biomass Allometric Equations in South and Central America	7
b) Las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional: sus principios	9
c) Status of forest biomass and carbon stock assessment in South and Central America	14
4. Session 2: Country experiences with allometric equations	16
a) Towards a biomass equation for Belizean forest inventory	16
b) The use of tree allometric equations in National Forest Inventories: French case study	18
c) Allometric equations for National Forest Biomass assessment in the USA	20
d) Generación de ecuaciones alométricas en el Ecuador y perspectivas futuras en el marco del nuevo periodo del inventario nacional forestal	21
e) Estimación de contenidos de carbono en los bosques naturales del Perú	23
f) Diferencias entre las estimaciones a nivel de proyecto y las nacionales en Colombia	25
5. Session 3: Linking tree allometric equations and national forest inventory	28
a) Inventario Forestal Nacional de Paraguay: tendencias preliminares y aplicación de ecuaciones alométricas	28
6. Session 4: Proposals to improve NFI estimates	31
a) Proposing a decision tree to reduce model error in national biomass and volume assessments	31
b) Propagating uncertainties in the context of National Forest Inventories	34
c) Generalized tree allometric equations	35
d) Estimating uncertainty of allometric biomass equations using a pseudo-data approach	37
e) Métodos Bayesianos: consideraciones prácticas e introducción a modelos jerárquicos.	39
7. Session 5: Methods and technologies to improve estimates	42
a) Estimating changes in stocks in national forest inventories	42
b) Establecer apropiadamente una base de datos de ecuaciones alométricas	45
c) An inventory approach to pantropical height-diameter relationships	47
d) Inteligencia artificial: Alternativa para estimación de biomasa y carbono en bosques	50
e) Reducing biases through wood density data	53
8. Session 6: Identification of future steps to support national forest biomass assessment (capacity building, data accessibility, etc.)	55
a) Updated status of the activities of FAO under the UN-REDD Programme	55
b) U.S. SilvaCarbon program update	56
c) CATIE work update in Central America and the role of the Regional Climate Change Program (RCCP) in compiling allometric equations for Central America and the Dominican Republic	58

9. Group Discussions	59
a) Discusiones, día 1	59
b) Discusiones, día 2	62
c) Discusiones, día 3	70
10. Literature cited	73
11. Annex 1. Meeting agenda	80
12. Annex 2. List of participants	82

1. Introduction

Deforestation –mainly the conversion of tropical forests to agricultural land –shows signs of decreasing in several countries but continues at a high rate in others. Around 13 million hectares of forest were converted to other uses or lost through natural causes each year in the last decade, compared to 16 million hectares per year in the 1990s. The net change in forest area between 2000 and 2010 is estimated at –5.2 million hectares per year (FAO 2010).

Forest conversion causes loss of biodiversity and habitat degradation, modified climate by the reduction of carbon dioxide (CO₂) absorption and its increased presence in the atmosphere through burning or decomposition of biomass, disruption of the water cycle and increased land degradation, and reductions in the socio-economic values of forests. To partially meet these challenges, several tools to support sustainable use, conservation and development of forests have been constructed and promoted worldwide:

- A National Forest Programme: includes approaches towards forest policy formulation, planning and implementation at the subnational and national levels. It involves the formulation of policies, strategies and action plans, their implementation, monitoring and evaluation, and subsequent adjustment to meet emerging needs.
- National Forest Monitoring: includes the collection, analysis and dissemination of forest-related data and the derivation of information and knowledge at regular intervals to allow the monitoring of changes over time.
- National Forest Inventory: is considered as the process of data compilation and analyses of forest resources from a multitude of data sources, including field inventories and remote sensing.
- NFM: is a more comprehensive process that includes the assessment, evaluation, interpretation and reporting.
- Development of allometric models: includes a program for collection of destructive data in the country that helps to increase accuracy in volume or biomass estimates.

This last component is of particular relevance because of its importance for obtaining reliable estimates of forest biomass and carbon stocks. FAO has devoted considerable efforts to developing reliable methods to construct allometric equations, and to systematize available knowledge, for common species around the world (e.g. the GlobAllomeTree platform – www.globallometree.org). In addition, it is now supporting the development of “good practice” guidelines to use those equations to calculate national biomass and carbon stock estimates using NFI field data.

The proper use of allometric equations is critical because systematic errors in them and in their application propagate from individual tree estimates of biomass to plot-level errors and then to national GHG inventories. This challenge is compounded by the lack of species-specific equations available for the hundreds of tree species growing in tropical forests. Thus, current efforts are geared towards standardizing scaling methodologies to link biomass estimates from local surveys to those from large-scale indirect measurements from remote sensing, including the uncertainties arising from scaling-up.

The workshop held at CATIE aimed at identifying issues related to the use of allometric models and the uncertainties associated to them through the different scenarios reported to improve national forest biomass assessments, following the diverse suite of capacities of countries in the Americas. These scenarios are:

1. Scenario 1: Neither the models nor the inventory data are available. In this case, it's better to use a generic model and validate it by destructive sampling.
2. Scenario 2: The raw data are not available but national allometric models were developed and data is being collected. It is then possible to use a Bayesian approach to simulate a dataset having the same properties as the original data and results compared against Scenario 1.
3. Scenario 3: Reliable raw data, inventory data and models are available. In this case, models taking into account tree species, forest types, climate and interval of validity can be considered if the dataset is large enough and compared against Scenario 1.

2. Objectives of the workshop

The objective of the workshop was to identify the gaps and needs in South and Central America on the use of tree allometric equations to support national forest monitoring systems and particularly provide knowledge on how to apply the three scenarios proposed to concrete national case studies. Specifically, we sought to:

- Update on the status of progress of activities on tree allometric equations globally and in Latin America
- Overview of the linkage between tree equation development, national and local forest inventories
- Improve collaboration and knowledge through networking and knowledge exchange in Latin America
- Highlight forestry research activities to support national forest monitoring systems
- Propose recommendations on national forest biomass assessment at national and local levels

A summary of the workshop's presentations is contained in this document. The original language of the presentations was maintained.

3. Session 1: Different scenarios for national forest biomass assessment

a) Overview/Objectives and update of the outputs from the previous Regional Workshop “Tree Volume and Biomass Allometric Equations in South and Central America

Matieu Henry, Forestry Officer, FAO, FAO, Headquarters, Rome. matieu.henry@fao.org

Miguel Cifuentes, Climate Change Mitigation and REDD+ Specialist, CATIE, Costa Rica. mcifuentes@catie.ac.cr

Deforestation – mainly the conversion of tropical forests to agricultural land – shows signs of decreasing in several countries but continues at a high rate in others (FAO 2010). Around 13 million hectares of forest were converted to other uses or lost through natural causes each year in the last decade compared to 16 million hectares per year in the 1990s. Large-scale planting of trees is significantly reducing the net loss of forest area globally. The net change in forest area in the period 2000–2010 is estimated at –5.2 million hectares per year, an area about the size of Costa Rica.

Deforestation and forest degradation have various types of impacts, at local and global levels, such as loss of biodiversity, habitat degradation, modification of local and global climate, loss of water cycling and increased land degradation, and decrease of the socio-economic values of forests (Seppälä, Buck et al. 2009; Chakravarty, Ghosh et al. 2012). The fight against deforestation and forest degradation has never been so relevant, and it requires monitoring tools to guide policies and measures. Such tools need to consider the multi-functionality of forest ecosystems, and services such as energy supply, fertility, water cycle regulation, supply of non-timber forest products, carbon sequestration etc.

Several tools exist to improve forest management and conservation. The national forest programme (NFP) is one of them and involves the formulation of policies, strategies and action plans, their implementation, monitoring and evaluation, and subsequent adjustment to meet emerging needs (FAO 2012). In many countries, NFP processes have been instrumental in developing or revising forest policies and action plans. NFPs and national forest strategies are supported by information collected by national forest monitoring systems. The National Forest Monitoring is a comprehensive process that includes the assessment, evaluation, interpretation and reporting of the data and the derivation of information, usually from repeated inventories that allow for the monitoring of change and trends over time (FAO 2013).

In the context of climate change mitigation, REDD+ has the potential to simultaneously contribute to climate change mitigation and poverty alleviation, whilst also conserving biodiversity and sustaining vital ecosystem services (UNFCCC 2007). However, the establishment of such a mechanism that can contribute to different forest actors and various environmental conditions faces various several challenges such as (1) the limited quality and data accessibility, (2) the limitation of the technical means and available human resources, and (3) the complexity of the interaction between human activities and biophysical elements.

On one hand, it is difficult to differentiate anthropogenic and non-anthropogenic emissions and removals. On the other hand, uncertainties in LULUCF sector are higher than other sectors such as the energy sector. In consequence, there is a high variability around biophysical processes of land use change. One of the big challenges is to monitor C stock changes for forest remaining as forest land, and forest converted to other land uses. When estimating the forest biomass at the landscape level using forest inventory data and allometric models, there is a chain of propagation of errors (Chave, Chust et al. 2004) including the measurement errors, the models' prediction error, the error due to the model choice, and the sampling error (Picard, Boyemba Bosela et al. 2014). Using a 9 ha permanent sample plot in a moist forest in DRC, Picard and colleagues (2014) use different allometric equations and show that the error due to the model choice was the largest source of error.

To reduce errors associated with model selection, different approaches can be explored. Improving the accuracy of forest biomass estimates contributes to better guide forest policies and measures, forest management both at local and national levels. Under the IPCC (2003), inventories should be accurate in the sense that they are neither over- nor underestimated as far as can be judged, and that uncertainties are reduced as far as practicable. There is no predetermined level of precision; uncertainty is assessed to help prioritize efforts to improve the accuracy of inventories in the future and guide decisions on methodological choice. Uncertainties are also of interest when judging the level of agreement between national inventories and emission or removal estimates made by different institutions or approaches.

The web platform Globalloometree was launched in 2013 with the aim of improving accessibility of tree allometric equations (Henry, Bombelli et al. 2013). Several regional and national databases for tree volume and biomass equations were compiled to facilitate the development of national or local equations databases and improve tree and forest estimates. At current status, over 13,000 equations are available on the website. In 2013, a regional workshop in Latin America was organized in Turrialba, Costa Rica, with the objective to share experience and knowledge on tree allometric equations in Latin America (Cifuentes-Jara and Henry 2013). Four scientific articles were published and illustrate the results of the workshop (Cifuentes Jara, Henry et al. 2014; Cifuentes Jara, Henry et al. 2014; Henry, Cifuentes Jara et al. 2015; Henry, Réjou-Méchain et al. 2015).

Taking into account the needs for transparent national forest monitoring system for REDD+, improved tree and forest volume and biomass estimates for natural resources management, and diverse national circumstances, the objectives of this workshop were to provide (1) an update on the status of progress of activities on tree allometric equations globally and in Latin America, (2) an overview of the linkage between tree equation development, national and local forest inventories, (3) to improve collaboration and knowledge through networking and knowledge exchange in Latin America, (4) highlight forestry research activities to support national forest monitoring systems and (5) to propose recommendations on national forest biomass assessment at national and local levels.

b) Las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional: sus principios ¹

David Morales-Hidalgo, FAO, Viale di la Terme di Caracalla, 00153, Roma, Italia.

David.Morales@fao.org,

Abstract

The concept of "National Forest Inventory" has evolved to a more complex definition. What is now referred to as "National Forest Monitoring" is a comprehensive process that includes the collection, analysis and dissemination of forest-related data and the derivation of information and knowledge at regular intervals to allow the monitoring of changes over time. It focuses on national level data and includes information on forests and trees outside forests, their condition, values and uses. The information obtained supports forest-related decision making at international, national and sub-national levels by providing timely, relevant and reliable information. As requested by its member countries, FAO is developing a set of voluntary guidelines on national forest monitoring which include the major principles to be taken in consideration in a national forest monitoring system. These principles are introduced and summarized in the present paper.

Introducción

Trazar el origen del concepto "*inventario forestal*" no es una tarea fácil. Durante siglos, los gestores forestales han llevado a cabo, sobre una base regular, la compilación de datos e información en sus bosques con el fin de tener a mano información confiable y oportuna para una adecuada planificación a mediano y largo plazo. Por otro lado, es cada vez más común observar usuarios que no participan directamente en las actividades forestales, demandando mayor información sobre los ecosistemas y paisajes forestales para utilizarla inclusive fuera del ámbito forestal: indicadores de biodiversidad, producción, hidrología, conservación de suelos, manejo de cuencas y en la planificación urbana/rural (Morales 2006).

"La información forestal" ha evolucionado a partir de variables básicas como la superficie forestal y existencias, a una conceptualización más amplia, abarcando aspectos clave para la gestión sostenible de los bosques, como la biodiversidad o los servicios ecosistémicos y, más recientemente, sobre las reservas de carbono, aspectos socioeconómicos, de gobernanza y los asuntos de uso de suelo, incluyendo la contribución del bosque a los medios de vida y a la reducción de la pobreza. Al mismo tiempo, la información forestal, ha iniciado a tener un papel más significativo en muchos acuerdos internacionales, como la Agenda 21, la agenda internacional de los bosques y las Convenciones de Río: CMNUCC, CDB, CCD (Lund and Boley 1995, Kleinn et al 2005).

Debido a este proceso evolutivo en la necesidad y uso de la información forestal, es que el concepto de "Inventario Forestal" y, en el contexto del presente trabajo, a "nivel Nacional", ha evolucionado a una forma más compleja: el "*Monitoreo Forestal Nacional*". Este es un proceso integral que incluye la compilación, análisis y disseminación de datos relacionados con los bosques y la derivación de la información y el conocimiento a intervalos regulares

¹ Resumen presentado en el Taller Regional: Cerrando la brecha: promoviendo las ecuaciones alométricas en los inventarios forestales nacionales en Sur y Centro América. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 19-21 Enero, 2015.

para permitir el monitoreo de los cambios en el tiempo. El mismo se centra en los datos a nivel nacional y la información sobre los bosques y los árboles fuera de los bosques, de sus condiciones, valores y usos. La información obtenida apoya la toma de decisiones a nivel internacional, nacional y sub-nacional al proporcionar información oportuna, relevante y fiable (FAO 2014).

El monitoreo forestal nacional se esfuerza por producir información que mejora la comprensión de las funciones de los árboles y bosques y sus relaciones e interacciones con los diferentes usos de la tierra y los usuarios de los recursos. De esta manera, se promueve el uso de la información en los procesos de toma de decisiones para promover una mejora de la gestión sostenible del territorio con el fin de mantener y mejorar sus servicios ambientales y socio-económicos en un sentido amplio, apoyando el desarrollo sostenible y contribuyendo al bienestar de las personas y sociedades.

Las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional

Durante la COP 16 en Cancún, a los países miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático con interés en llevar a cabo actividades de REDD+, se les solicitó desarrollar sistemas robustos y transparentes de monitoreo forestal nacional para el monitoreo y reporte de actividades de REDD+ (UNFCCC 2011). Durante el Comité 21 de Bosques, los países miembros solicitaron a la FAO "trabajar en estrecha colaboración con los países miembros y organizaciones pertinentes en la preparación de un conjunto de directrices voluntarias sobre el monitoreo forestal nacional, que tenga en cuenta los requisitos para la presentación de informes de REDD + y que esté en línea con los principios y objetivos del Instrumento Forestal " (FAO 2012). En el presente trabajo, los principios y el contexto de las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal del bosque son resumidos.

Las directrices voluntarias sobre el monitoreo forestal nacional presentan un marco general para compilar buenas prácticas, principios, metodologías y herramientas para la planificación y la implementación de un monitoreo forestal nacional de usos múltiples. Las directrices pretenden proveer el marco fundamental para la compilación de información forestal oportuna, comparable y coherente que sirva para apoyar a los tomadores de decisiones. Además, pretenden proveer a los expertos en inventarios que establecerán sistemas de monitoreo a largo plazo las herramientas para la implementación basados en aspectos científicamente sólidos y fundamentados en buenas practicas, considerando a su vez, los requisitos del reporte en el contexto de mecanismos internacionales como la CMNUCC o la CDB.

Las dos primeras secciones de las directrices voluntarias, que incluyen los principios y el contexto del proceso, fueron presentados en el Comité 22 de Montes (COFO). Los países miembros de la FAO aprobaron el documento preliminar y apoyaron la continuación de la obra que será presentada en el próximo COFO (FAO 2014).

Dimensiones de un sistema de monitoreo forestal nacional

El desarrollo y la puesta en marcha de un sistema de monitoreo forestal nacional es complejo (Kleinn *et al* 2005). Se requiere una adecuada planificación y diseño, no sólo sobre los aspectos científicos y técnicos, sino también en términos de la logística y coordinación del apoyo del gobierno y los diferentes actores involucrados en el proceso. En la Figura 1, se expone el enfoque multidisciplinario de monitoreo forestal nacional, el cual, enmarca la evolución del concepto de "inventario forestal nacional" al de "monitoreo forestal nacional" incluyendo tres dimensiones: Recursos, que incluye aspectos biofísicos y ambientales y nos refieren a la extensión y el estado de los recursos; los usuarios, que incluye aspectos económicos y sociales de los que usan los recursos y; el uso, que tiene que ver con la gestión y gobernanza de los recursos.

Mientras que los inventarios forestales nacionales tradicionales se han centrado en la dimensión de los recursos, para un monitoreo forestal nacional es crucial recopilar datos sobre cómo los usuarios utilizan los recursos y cómo los recursos se gestionan, incluyendo la gobernanza de los mismos el marco legal. La compilación de datos e información sobre las tres dimensiones proporciona los elementos necesarios para garantizar una gestión sostenible de los bosques según lo expresado por sus siete elementos temáticos del manejo sostenible del bosque: extensión de los recursos forestales; la diversidad biológica forestal; la salud y vitalidad del bosque; funciones productivas de los recursos forestales; funciones protectoras de los recursos forestales; funciones socioeconómicas de los bosques; legal, político e institucional (UN 1992).

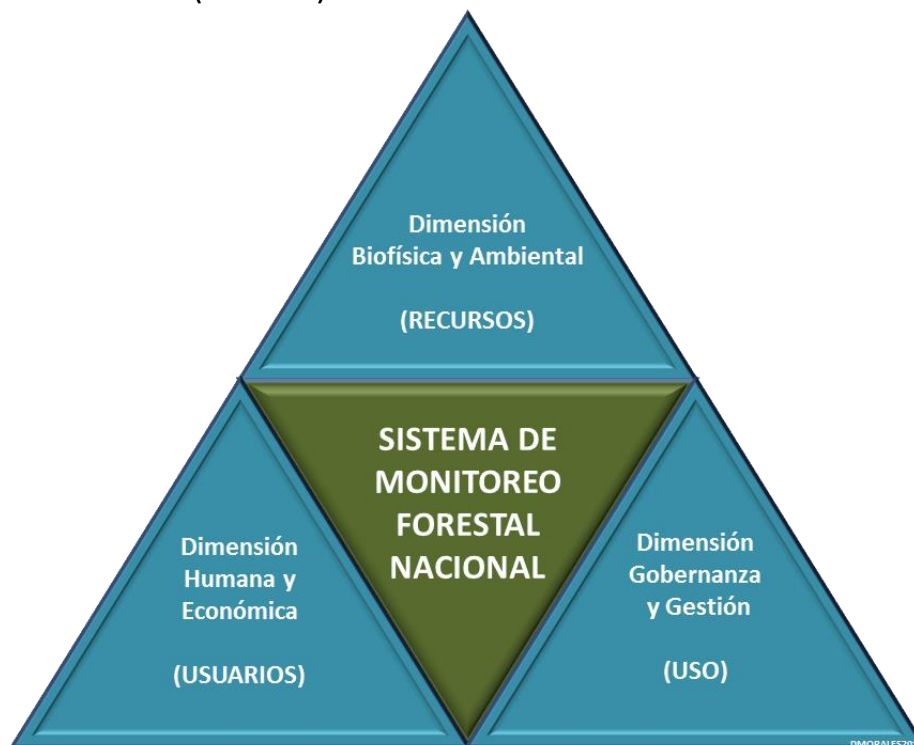


Figura 1. Diferentes dimensiones de un Sistema de Monitoreo Forestal Nacional

Principios generales de un sistema de vigilancia forestal nacional

En el mercado existen muchos libros de texto y publicaciones científicas en todos los campos relacionados con el monitoreo forestal. Por lo general dichos textos pueden proporcionar la mayor parte de la orientación técnica necesaria para el monitoreo forestal nacional. Sin embargo, un sistema nacional de monitoreo nacional forestal no puede ser diseñado basado en un ejemplo de los libros de texto y no existe "una única solución de diseño para todo" en el contexto de sistemas de monitoreo forestal nacional. Un sistema de monitoreo forestal debe adaptarse a las circunstancias particulares de cada país en términos de condiciones biofísicas, la infraestructura, los objetivos, los recursos humanos y financieros, etc. Es en parte un proceso científico, pero también un reto organizativo con una serie de implicaciones políticas y de comunicación (FAO 2014), y es en este contexto que las directrices voluntarias son necesarias.

En esencia, las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional tienen la intención de ofrecer una mezcla de bases científicas y experiencias para la implementación y se espera que sirvan como referencia para el diseño de un sistema de monitoreo forestal nacional y para la implementación (FAO 2014).

Por lo anotado previamente, es fácil entender por qué no existe una guía de "las mejores prácticas sobre el monitoreo nacional forestal". Sin embargo, sí existen una serie de principios ampliamente aceptados y elementos básicos a lo largo de la cual un programa de monitoreo forestal nacional exitoso puede ser diseñado. Lo que parece faltar en la literatura es una recopilación de los principios rectores para el monitoreo forestal nacional, basado en el conocimiento científico y en experiencias/lecciones aprendidas durante la implementación, que tomen en cuenta el contexto nacional, y no sólo enfocado en aspectos técnico-científicos para la optimización del inventario, como por ejemplo aspectos estadísticos, teledetección y otros, pero que también incluyan aspectos sobre la planificación estratégica, el manejo de la información, la comunicación y difusión (FAO 2014). En el Cuadro 1, se presentan los 14 principios propuestos por FAO en las directrices voluntarias sobre monitoreo forestal.

Conclusión

Los principios considerados en las directrices voluntarias sobre el monitoreo forestal nacional son el resultado de años de experiencia de la FAO a los países miembros, así como de la discusión y la retroalimentación recibida de en diferentes foros.

Está claro que los principios introducidos en las directrices voluntarias no son el objetivo de ser los únicos; sin embargo, son los principios fundamentales necesarios para que un sistema nacional de monitoreo forestal responda a las necesidades actuales y sea sostenible en el tiempo. Al mismo tiempo, las guías voluntarias contribuirán a la armonización de la información entre los diferentes países y regiones, y puede ser aplicado no sólo en el sistema de monitoreo aún no establecidos, sino también en los existentes.

Cuadro 1: Resumen de los principios de un sistema de Monitoreo Forestal Nacional (FAO 2014²)

CATEGORIAS		PRINCIPIO
PRINCIPIOS DE GOBERNANZA	Se refieren a aspectos institucionales y de gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> • Apropriación nacional y responsabilidad • Base jurídica • Necesidades de monitoreo forestal nacional y visión del territorio • El monitoreo forestal nacional debe ser institucionalizado • Infraestructura para la investigación y formación de capacidades
PRINCIPIOS DE ALCANCE	Se refieren a la identificación de las necesidades de información	<ul style="list-style-type: none"> • El monitoreo forestal nacional debe satisfacer las necesidades de información a nivel nacional • Debe haber un proceso de debate participativo entre los actores nacionales acerca del alcance y objetivos del monitoreo forestal .
PRINCIPIOS DE DISEÑO	Se refiere a la metodología para la recopilación de datos y análisis, incluyendo tanto inventarios de campo como análisis de teledetección	<ul style="list-style-type: none"> • El monitoreo forestal nacional debería adoptar un enfoque multipropósito. • Integración de la información y coherencia con las fuentes de información existentes. • Un enfoque flexible para integrar temas emergentes y permitir revisiones periódicas. • Factibilidad (técnica y económica) incluyendo la eficiencia de costos.
PRINCIPIOS ACERCA DE LOS DATOS	Se refieren a la generación de información, elaboración de informes y divulgación y en particular, a la disponibilidad de los datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Una buena política de intercambio de datos e información definida.
PRINCIPIOS GENERALES	Aspectos generales a tomar en cuenta	<ul style="list-style-type: none"> • Credibilidad a través de la transparencia y la calidad. • Colaboración en el ámbito internacional.

² Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2014. COFO/2014/6.3 Directrices voluntarias sobre monitoreo forestal nacional. 22 Periodo de sesiones. Comité Forestal. Rome, Italia, 23-27 June 2014. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-mk174s.pdf> .

c) Status of forest biomass and carbon stock assessment in South and Central America

Lars Gunnar Marklund. Forestry Officer, FAO, Subregional office for Mesoamerica, Panama.
LarsGunnar.Marklund@fao.org

Introduction

This short presentation is based on the Global Forest Resources Assessment (FRA) 2010 dataset, which is based on data officially submitted by countries to FAO. It focuses on data availability and methods used for estimating national biomass and carbon stocks.

Methods

Country reporting to FRA follows a comprehensive set of guidelines to ensure a transparent and consistent reporting over time. Countries are requested to provide best possible estimates on a large number of variables, including forest area, total stocks and stocks per hectare in terms of standing volume and biomass and carbon of all pools included in the IPCC guidelines.

If possible, national data or equations on volume and biomass should be used. If national data are not available, countries can report using the default values and expansion and conversion factors provided in the 2006 IPCC Guidelines.

Results

An analysis of 21 countries and territories in South and Central America that submitted reports to FRA 2010, shows that 17 countries reported on growing stock and 16 reported on biomass and carbon. Among those not reporting we find countries like Ecuador, El Salvador, Paraguay and Venezuela. The reason given is lack of information.

Most countries have estimated their forest area data from remote sensing derived maps. Only three countries have used national forest inventory (NFI) data to estimate forest area.

Seven countries have fairly recent NFI data that have been used for growing stock estimates. Recent NFIs have most likely used allometric equations for volume estimation, although not always documented in the FRA country reports. Two countries have estimated growing stock by a reverse application of biomass conversion and expansion factors on existing national biomass estimates. Seven countries have estimated growing stock using data from partial inventories, management plans, etc. in absence of NFI data.

Three countries (Mexico, Guatemala and Honduras) have applied biomass equations on NFI data, and four countries have applied nationally “estimated” stocks per hectare. Remaining countries have used growing stock data as a basis and applied either a combination of wood density and biomass expansion factors, or directly applying biomass conversion and expansion factors. A few countries (Argentina, Brazil) have done this estimation by region or biome in order to come up with a national estimate. For below-ground biomass estimates, most countries have used the default IPCC root-shoot ratio.

For carbon estimates, most countries have applied a carbon fraction of 0.47 as recommended by the 2006 IPCC guidelines. A few have applied a fraction of 0.5 as of the 2003 IPCC Good Practice Guidance.

Conclusions

Growing stock data are still very weak in many countries, and some countries completely lack growing stock data useful for national estimates. Other countries rely on partial inventory data for their growing stock estimates. Biomass and carbon estimates are in most cases based on growing stock data, and only a few countries have used national biomass data.

However, many countries are currently in the process of updating or elaborating new forest maps as well as planning and implementing national forest inventories, so better data on forest area and growing stock will soon be available. Countries involved in REDD+ preparatory activities are taking measures to establish national forest monitoring systems to better estimate forest area and area changes, and carbon stocks and stock changes. The recent decision that countries should submit biannual update reports to the climate change convention, will also require more regular estimates of forest biomass and carbon stocks to obtain emission estimates. Later this year, the FRA 2015 dataset will become available, which likely will include new and updated information on forest area, biomass and carbon stocks.

It was particularly noted that many countries do not internally coordinate the submission of information to international organizations and processes. For example, biomass and carbon estimates reported to FAO/FRA differ considerably from those reported to the Climate Convention, as the FRA report is compiled by the forest authorities and the greenhouse gas inventories are compiled by the environmental authorities.

4. Session 2: Country experiences with allometric equations

a) Towards a biomass equation for Belizean forest inventory

Percival Cho. University of Oxford. Environmental Change Institute. percival.cho@ouce.ox.ac.uk

Introduction

The objective of developing a tree biomass equation is to infer the dry weight (biomass) of a tree from forest inventory data using allometry. The equation must be usable for trees of all shapes, size and species as may be encountered in forest inventories, it must be precise and as accurate as possible, and provide a measure of uncertainty around the estimates of biomass, it can also estimate the total carbon stored in forests and how it is changing.

The development of biomass equation for Belizean forest required that: the selection process for trees must be clear, the equation must be sensitive to varying stem and crown architecture that results from frequent disturbance such as by wind and logging and must include tree height and wood density as co-predictors.

Methods

Data were taken from 304 harvested trees; 289 trees with DBH 33-223 cm were measured for stem volume in 2 metre sections. These data were used to construct a stem volume equation.

In addition, 15 trees with DBH 10 to 30 cm were destructively harvested to estimate stem volume of smaller trees, and to determine crown biomass ratios for different Dawkins crown form classes. Approximately four trees were selected in each Dawkins crown form class from one to four to provide suitable averages. No trees were with crown scores of five were found.

The biomass equation estimates stem biomass separately from crown biomass, allowing more sensitivity to individual stem and crown damage. Stem biomass is estimated from stem volume and wood density.

Crown biomass was estimated from stem biomass using an expansion factor (crown mass ÷ total tree mass) which relates to the Dawkins crown form, and is expected to change with damage

Results

The Belize tree biomass equation is as follows:

$$AGB_T = \frac{\rho \times \exp(-9.480 + 0.975 \ln DBH^2 H_S)}{1 - (0.723 CFI - 0.091)}$$

In terms of performance, we compared percent uncertainties in our equation with respect to the widely used Chave et al's (2005) equation for our own data sets. The basic difference lies on the better performance and reduced uncertainty in model error for our local model, with 8% versus 13% model error in Chave et. al's equation.

Conclusions

The linear regressions of predicted tree aboveground biomass (AGB) versus estimated stem AGB for 304 sample trees demonstrating the effect of crown form on tree AGB

Next steps include sampling additional and larger trees to develop more robust crown biomass expansion factors for different Dawkin's crown form and the exploration of interspecific differences in crown biomass ratio. Those data will be collected in logging operations in 2015

b) The use of tree allometric equations in National Forest Inventories: French case study

Colin A. Institut National de L'information Gèographique et Forestière. antoine.colin@ign.fr

Hervé JC. Institut National de L'information Gèographique et Forestière. jean-christophe.herve@ign.fr

Saint-André L. INRA-CIRAD, Ecologie Fonctionnelle & Biogéochimie des Sols & Agro-écosystèmes
Montpellier, France. standre@cirad.fr

Introduction

The forest land cover area is 29.7% of the country; of those, 75% belongs to private owners and 25% is public. The total volume of wood in forests is 2.5 billion m³ (4th European country after Russia, Germany and Sweden), where 12 tree species contribute to 80% of that volume.

Yearly, the Institute (IFN) in charge of the national forest inventory does an assessment of forest inventory. The results provided by administrative departments and by Sylvo Ecological Regions show 91 SER (Sylvo Ecological Region) that are determinants of forest growth conditions and habitats, and 12 GRECO (Ecological regions), each one regrouping several SER.

Methods

Three compartments were considered for the model: stem, bark, branches, twigs to make the equation:

$$V_{tot} = \frac{1}{4\pi} \cdot C_{130}^2 \cdot H_{tot} \cdot f$$
$$f(C_{130}, H_{tot}) = \left(\alpha + \beta \times C_{130} + \gamma \times \frac{\sqrt{C_{130}}}{H_{tot}} \right) \left(1 + \frac{\delta}{C_{130}^2} \right) + \varepsilon$$

Where, V_{tot} is the total volume; H_{tot} , the total height. The actual forest inventory included 8 volume equations, targeting around 7 specific species (for the main tree species in France).

Results

Carbon stock in woody biomass in 2010 is consistent with regional patterns (higher stocks in mountains area and lower stocks in the mediterranean zone).

Between 1980 and 2010, forest areas increased due to recolonisation of abandoned agricultural lands + afforestation with coniferous species. This caused an increase in carbon stocks for broadleaves species (higher wood density and higher branch proportion, less market opportunities).

The growing stock in the French forest increased between 1980 and 2013: 810 m³ (570 broadleaved + 240 coniferous), of those 710 m³ was in private lands and 100 m³ in public lands.

Conclusions

Although it comprised over 4000 trees, the sample used to build the total volume allometric equations (Vallet et al. 2006) was probably not fully representative of the entire French forests because many species are absent especially for broadleaves species, trees mainly collected in the northern part of France, data are old (1920-1955) while several factors may have modified the shape of the trees (silvicultural changes, genetic improvement, environmental changes, etc), data have mainly been collected in high forest (half of the forest structure).

The NFI field campaigns were taken advantage of to take additional in situ measurements (ex: standing stem volume, wood density cores, etc.). Random sampling is of utmost importance to ensure the largest coverage of the forest resource. The same variables should be used for building the models and their application to prevent methodological biases (ex. if DBH is used in the equation, DBH should be measured on the field, not the circumference).

The methods for estimating biomass through allometric equations in wood production oriented forests (like in France and in most of European countries) are probably not the same for natural forests.

c) Allometric equations for National Forest Biomass assessment in the USA

Craig Wayson. U.S. Forest Service. Forest Inventory and Analysis. cwayson.silvacarbon@gmail.com

Introduction

The NFI in the USA (aka FIA) is conducted using regional administrative units (currently 4). Initially (1980s), each unit adopted allometric equations developed from research studies in their respective regions. In 2008, the biomass prediction techniques were changed to facilitate a consistent approach for FIA across the entire USA –Component Ratio Method (CRM).

The CRM utilizes specific gravity information in conjunction with estimates of sound bole volume to derive biomass of the merchantable bole (Heath et al. 2009). CRM relies on the biomass component proportions from Jenkins et al. (2003) to estimate biomass in other components (top/limbs, etc.).

Initial focus is on top 10 species in the West and top 20 species in the East (these species account for approximately 65% of tree volume in the East and 80% of tree volume in the West). Given the cost of field work, legacy data from existing forest surveys, industrial, and university data has a tremendous amount of value and were tapped into to better capture spatial gradients in allometry and wood density. Study-to-study variability in definitions, measurements, etc. make it a challenge to identify which ones will be ultimately useful.

Collecting biomass data is difficult and time consuming. Per felled-tree costs largely depend on tree size; across the entire study, roughly \$1000 per tree is estimated. Handling foliage is a large cost component of the biomass study. Thus, species selection to manage for this may need to be observed and weighed in carefully. Also, large trees are costly to measure but usually represent a gap in many studies and should be included. An additional challenge in including them is that they have high economic value and are relatively rare.

$$\text{Model } \ln(\text{biomass}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(D2H)$$

Conclusions

FIA plans to fund in FY14 at approximately same level as previous years. The total costs and timeline current best guess is \$6-7 million total, which is approximately 10 years at current funding level. Real cost will depend on desired model precision, amount of legacy/ancillary data leverage, realized internal and external funding amounts, existing status quo of cooperators, etc.

Felled-tree work and obtaining additional ancillary/legacy data will continue to support the development of a modeling framework(s) that meets FIA needs. Once potential framework(s) are identified, pro/cons and performance will be evaluated to better understand better the role of ancillary/legacy data and with them estimate felled-tree sample size requirements.

d) Generación de ecuaciones alométricas en el Ecuador y perspectivas futuras en el marco del nuevo periodo del inventario nacional forestal

Cristian Aguirre M¹, Luca Birigazzi², Javier G. P. Gamarra², Denisse Encalada³, María Toledo C³, Miguel Abad⁴, Jairo Riofrío⁴, Darío Solano⁴, Carlos Vega⁴, Kelvin Cueva R⁵, Diego Quelal³, Henry Matieu³, Miguel Chinchero⁶

1. FAO, Forestry Department, UN-REDD Programme; Av. Eloy Alfaro y Amazonas, Edif. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca MAGAP; Quito Ecuador; crstian.aguirre@gmail.com
2. FAO, Forestry Department, UN-REDD Programme; Viale delle terme di Caracalla 1, 00153; Rome, Italy; L.B. luca.birigazzi@fao.org J.G. Javier.garciaperez@fao.org
3. FAO, Forestry Department, UN-REDD Programme; D.E. denisse.encalada@fao.org M.T. mariadolores.toledo@fao.org
4. Universidad Nacional de Loja, Ciudadela Universitaria Guillermo Falconí Espinosa “La Argelia”; Loja, Ecuador; M.A. miguelabad_forest@yahoo.es J.R. zurdojairo@hotmail.com D.S. darsolforest@gmail.com C.V. calitosgabriel4@hotmail.com
5. FAO, Forestry Department, UN-REDD Programme; kcuevarojas@gmail.com
6. Ministerio del Ambiente Ecuador. Av. 6 de diciembre y Luis Cordero. Edif. Canopus Plaza 2do. Piso; Quito Ecuador; miguel.chinchero@ambiente.gob.ec

Antecedentes

El Ministerio del Ambiente de Ecuador en 2010 inicio el proyecto Evaluación Nacional Forestal (ENF) en paralelo con el Mapa Histórico de Deforestación (MHD), como respaldo a los procesos de negociación del desempeño en la reducción de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en el sector AFOLU bajo las directrices de REDD+ de la CMNUCC. La ENF cuenta con el apoyo de la cooperación técnica y financiera del Proyecto “Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático” (FAO – Finlandia) y del programa UN-REDD.

Uno de los objetivos de la ENF fue generar información transparente y fidedigna sobre los contenidos de carbono de los bosques del país. Bajo esta perspectiva se realizó un piloto para el desarrollo de ecuaciones alométricas en dos de los nueve estratos en los que se dividió la cobertura forestal de Ecuador: Bosque siempre verde de tierras bajas de la Amazonía y Bosque seco pluvio estacional. El propósito fue mejorar la precisión de las estimaciones de los contenidos de carbono.

Metodología

El área de estudio comprende dos estratos: Bosque Siempreverde de Tierras bajas de la Amazonía (BsTA) con un rango altitudinal de 170 a 350 msnm, temperaturas de 16 a 26 °C y precipitaciones mayores a 2000 mm por año (Sierra et al. 1999, MAE 2001); y Bosque seco pluvio estacional (BsP) a altitudes de 700 msnm con precipitaciones menores a 1600 mm por año (Aguirre 2010).

El muestreo se realizó en ocho conglomerados compuestos de tres parcelas cada uno, distribuidas en forma de L. Las mediciones se realizaron en individuos a partir de 10 cm de dap, registrándose la altura comercial, altura total; los diámetros máximo y mínimo, ancho y altura de la copa, considerando bifurcaciones, ramificaciones y tipos de raíces. Se determinó la densidad básica del fuste (Moreno e Igartúa 2013) con dos instrumentos; el barreno de incremento, combinado con mediciones del Pilodyn a tres alturas; 1.10 m, 4 m y 7 m para establecer proyecciones de variación de la densidad con la altura. La densidad de la copa se estimó a partir de la extracción de una rama representativa de la cual se estimó el volumen y el peso por secciones de la rama en fresco y seco.

Se consideró además la fenología de la defoliación para mejorar la estimación de biomasa de la copa. Se estableció el factor de forma para cuatro grupos de árboles: <6 m, ≥6 m - <9 m, ≥9 m - <16 m y ≥ 16 m con tres mediciones en cada fuste con el empleo de un relascopio electrónico (Criterion). Adicionalmente, se midió el grosor de la corteza. Los modelos alométricos se generaron por especie, grupos de especies y estrato.

Resultados y discusión

El BsTA registró un promedio de 311 individuos/ha con diámetros >10 cm dap que registran un área basal promedio de 78.3 m²/ha. Las familias Fabaceae, Urticaceae y Moraceae representan el 28.4% del total del área basal. Por otra parte, el BsP tiene una media de 146 individuos/ha y el 68.8% del área basal se concentra en Malvaceae, Fabaceae y Bignoniaceae (Aguirre et al. en prep.).

La densidad del fuste se estimó a partir de 1947 árboles, 1314 en BsTA que muestran valores entre 0.102-1.064 g/cm³ y 633 árboles en BsP que registran valores entre 0.098-2.065 g/cm³ (Aguirre et al. en prep.). Aguirre et al. (en prep.) estimó un valor de densidad de madera de 0.545 g/cm³, similar al valor obtenido en los bosques de Yasuní 0.588 g/cm³ (Stengen et al. 2009).

El factor de expansión de biomasa se calculó en 1.98 (Aguirre et al. en prep.). Como comparación, los bosques húmedos de Costa Rica, según Fonseca et al. (2009), tienen un valor de expansión de biomasa de 1.44; Alvarez (2008) y Brown (1997) reportan un valor de 1.74 en la amazonía brasileña; el IPCC (2006) menciona valores en el rango de 0.95 a 4.00. Para bosques secos, por otro lado, Alvarez (2008) reporta valores de expansión de biomasa entre 1.9 y 2.4 y el IPCC valores entre 0.66 a 5.00; Ecuador estimó un valor de 2.18 (Aguirre et al. en prep.).

Se generaron ecuaciones alométricas para especies dominantes por estrato, 12 grupos de especies y genéricas para cada estrato. Estas serán publicadas próximamente por el Ministerio del Ambiente, el Programa Nacional conjunto ONU REDD y la Universidad Nacional de Loja.

Conclusiones y recomendaciones

El estudio muestra que los modelos que emplean solo diámetro pueden ser buenos predictores; sin embargo es recomendable no generalizar esta apreciación para todos los estratos. Efectos de competencia interespecífica o efectos genéticos pueden influir en las variables que se emplean para estimar la biomasa.

El Pylodin puede ser considerado como una alternativa para estimar la densidad de madera en muestreos de baja intensidad y a escalas grandes; junto con el uso de instrumentos electrónicos de alta precisión.

e) Estimación de contenidos de carbono en los bosques naturales del Perú

Natalia Málaga Durán¹ y Berioska Quispe²

1. MINAM. Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático. Lima 27-Perú. nmalaga@minam.gob.pe.
2. MINAM. Dirección General de Cambio Climático Desertificación y Recursos Hídricos. Lima [27-Perú](#). bquispe@minam.gob.pe.

Antecedentes

En los últimos años, instituciones de carácter privado y académico (ONGs, universidades nacionales e internacionales, empresas y el mismo gobierno nacional y regional), han desarrollado iniciativas de cuantificación de existencias de carbono en diferentes regiones y tipos de bosque del Perú; principalmente concentrando sus esfuerzos en la Amazonía Peruana, con mayor abundancia de registros en las regiones de San Martín y Madre de Dios. Muchas de estas iniciativas se han desarrollado de forma dispersa y relativamente aislada, pues hasta ahora no existió una metodología estandarizada para el levantamiento de información de carbono en campo o algún esfuerzo de escala nacional como el Inventario Nacional Forestal (INF).

El INF del Perú es un esfuerzo conjunto del Gobierno y se desarrolla actualmente como acuerdo de cooperación técnica del Estado peruano y el Programa Forestal Global FAO-Finlandia. El INF parte de un concepto multipropósito, donde además de brindar información sobre el potencial de aprovechamiento de los bosques, provee datos de carbono y diversidad de flora y fauna. El INF Perú está diseñado como un inventario continuo; la muestra se distribuye en cinco paneles (20% de la muestra cada uno), cada uno de los cuales se mide anualmente (Czaplewski y Thompson, 1999). La precisión de los datos irá mejorando a medida que se completan los cinco paneles.

Metodología

Los estimados de carbono para biomasa aérea en bosques naturales se basan en la información de campo provista por instituciones arriba mencionadas que contribuyeron con la investigación y que gentilmente colaboraron con el llamado del MINAM de recolección de datos de inventarios forestales y de carbono. Inicialmente se recibieron 1991 parcelas, las cuales, luego de un proceso de control de calidad, resultaron en 1220. Los principales motivos de exclusión de parcelas para el cálculo de existencias de carbono estuvieron asociados a problemas de localización de las parcelas (8%), inconsistencias metodológicas con los fines del estudio (41%), parcelas ubicadas en coberturas no boscosas (50%) y datos faltantes (1%).

Las estimaciones presentadas corresponden a las seis subpoblaciones o ecozonas definidas por el INF; garantizando así la consistencia entre los resultados actuales y los datos de existencias de carbono que serán levantados. Basados en la premisa que cada institución, y por ende inventario, siguió diferentes diseños de muestro y protocolos metodológicos; y, habiendo demostrado que la tendencia de la varianza de los datos se ve afectada por el tamaño de la muestra, se optó por no representar los cálculos basados en el promedio aritmético para las ecozonas de Selva Alta Accesible, Selva Baja y Selva Alta de Difícil Acceso; si no aplicar más bien un factor de ponderación basado en el inverso de la varianza de la media (Thomas & Rennie 1987).

$$\bar{x}_j' = \sum \frac{\bar{x}_i w_{ij}}{w}$$

El cálculo de la varianza se llevó a cabo para las ecozonas de Selva Alta de Difícil Acceso, Accesible y Selva Baja, la cual se basa en la referencia de Cochran & Carroll (1953):

$$var(\bar{x}_j) = \frac{1}{w} \left[1 + \frac{4}{w^2} \sum \frac{1}{n_i} (w_i \{w - w_i\}) \right]$$

Resultados y discusión

La zona del país que presenta la mayor concentración de carbono en biomasa arriba del suelo corresponde a los bosques de selva baja (238.24 t/ha +- 6.29 t/ha). De hecho, la densidad de carbono sobre el suelo para la Amazonía en general (que incluye los tres estratos de selva y la zona hidromórfica) revelan el enorme potencial que constituye para la mitigación del cambio climático a través de la conservación de los bosques amazónicos. Por otro lado, los resultados, tanto de costa como sierra, muestran incertidumbres altas, por encima del 30%, lo cual refleja la necesidad de contar con una muestra más completa y representativa de ambas áreas de estudio.

Conclusiones y recomendaciones

La metodología seguida para el cálculo de las existencias, sobre todo para las ecozonas de Selva Alta accesible, Selva Alta de Difícil Acceso, Selva Baja y Zona Hidromórfica, es lo suficientemente flexible como para representar estimaciones basadas en inventarios forestales y de carbono con diferente diseño de muestreo.

El presente estudio se plantea como una primera aproximación de los datos nacionales sobre densidades de carbono para el reservorio de biomasa arbórea arriba del suelo. Se espera que dicha información sea mejorada y complementada una vez que el INF cuente con su información completa y disponible.

Actualmente, el INF se encuentra ejecutando su primer panel y cuenta con información proveniente de los bosques en la costa, selva baja y zona inundable del abanico Pastaza—Marañón. Para las estimaciones totales y futuras el INF utilizará el Estimador para Muestras de tamaño desigual (SUUS) (Cochran, 1977), y serán reportadas para el área total de bosque, subdivididas en los tipos de bosque y clases de uso de la tierra más importantes.

Agradecimientos

Se reconoce el rol las siguientes instituciones: Ministerio del Ambiente, Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático, Proyecto REDD+ MINAM, Fundación Gordon & Betty Moore, Ministerio del Ambiente Alemán y KfW Entwicklungsbank, Inventario Nacional Forestal y Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático, Programa global FAO-Finlandia, Perú Forest Sector Initiative, USFS, SilvaCarbon.

f) Diferencias entre las estimaciones a nivel de proyecto y las nacionales en Colombia

Adriana Yepes^{1,2}, Andrés Sierra^{1,2}, Jhoanata Bolívar², Álvaro Duque³, Juan Phillips⁴, Ederisson Cabrera⁴, Gustavo Galindo⁴, Miguel Peña⁴

1. ONF Andina. Dirección de Bosques y Cambio Climático. Bogotá-Colombia. apyepes@onfandina.com, asierra@onfandina.com
2. Centro de Investigación en Ecosistemas y Cambio Global Carbono & Bosques. Medellín, Colombia. jbolivar@carbonoybosques.org
3. Grupo de Investigación en Conservación, Uso y Biodiversidad. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia. ajduque@unalmed.edu.co
4. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM, Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono. Carrera 10 No. 20-30 Bogotá, Colombia. jfphillips@ideam.gov.co, ecabreram@ideam.gov.co, ggalindo@ideam.gov.co, mpena@ideam.gov.co

Antecedentes

Los bosques tropicales almacenan grandes cantidades de carbono en su biomasa (Clark 2007, Langner et al. 2014). No obstante, la deforestación tropical causa aproximadamente 20% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a la atmósfera (Houghton 2005, Achard et al. 2007, Olander et al. 2008). Es por ello que a nivel internacional desde hace algunos años, se viene trabajando para poner en marcha la iniciativa de Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación (REDD+), como una medida para mitigar el efecto las emisiones potenciales de GEI generadas por los procesos de degradación y deforestación. En este sentido, la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC) aprobó la inclusión de REDD+ como una acción elegible para mitigar el cambio climático. Sin embargo, uno de los principales desafíos para la implementación de REDD+ es el desarrollo de un sistema de monitoreo a través del cual se realice el seguimiento de la deforestación y degradación de la cobertura forestal. Por ello se ha hecho un llamado a los países que quieran implementar REDD+, para que establezcan un sistema de medición, reporte y verificación (MRV), que proporcione información confiable, oportuna y transparente tanto para su línea base, como para el seguimiento a largo plazo.

En el caso de Colombia, el gobierno nacional, en cabeza del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y trabajan trabajando desde el 2009 en fortalecer la capacidad técnica y científica que necesita el país para implementar el mecanismos REDD+. Como principal resultado de este proceso, el país cuenta actualmente con un Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) que permite generar información confiable y oportuna sobre la tasa de deforestación del país, así como sobre la estimaciones de las reservas potenciales de carbono en los bosques naturales, a pesar de que el país aún no cuenta con un Inventario Forestal Nacional (IFN) implementado. Paralelamente, algunas iniciativas público-privadas de orden local y regional vienen trabajando en la valoración del potencial de algunos bosques para implementar proyectos REDD+. El presente trabajo tuvo por objetivo analizar y comparar los resultados relacionados con estimaciones de biomasa que se están desarrollando en Colombia a diferentes escalas, y evaluar qué tan diferentes pueden llegar a ser los estimados, aun cuando en todos los casos se aplica la metodología nacional.

Metodología

Se revisaron y compilaron los resultados reportados por IDEAM sobre las estimaciones nacionales de carbono para bosques naturales, así como aquellos que se han reportado o divulgado para a la escala local/regional. En este último caso, se empleó la información de *i)* un proyecto REDD+ que se está realizando en el sur de los Andes Colombianos en el departamento del Huila y en bosques de montaña (Yepes et al. 2015a, b), *ii)* un proyecto de investigación en ecosistemas de manglar en el Caribe colombiano (Yepes et al. 2015, Bahía de Cispatá, y *iii)* un análisis de metadatos de cuatro sitios del país, que incluye la información de bosques de tierras altas y bajas. Para todos los casos, excepto en el caso de los manglares, las estimaciones de biomasa aérea se realizaron empleando las ecuaciones generadas por Álvarez et al. (2012) y la conversión a carbono se realizó empleando el factor 0,47 sugerido por (IPCC 2006). Para manglares se generaron ecuaciones locales (Yepes et al. 2015).

Resultados y discusión

La biomasa aérea promedio estimada para la escala nacional fue de 167,87 a 367,23 Mg/ha. Las estimaciones para bosques tropicales de montaña localizados en el departamento del Huila fueron considerablemente mayores, arrojando resultados de $448,09 \pm 183,57$ Mg/ha cuando se incluyó únicamente la biomasa aérea, y de $545,90 \pm 84,08$ Mg/ha cuando se incluyeron además los compartimiento de raíces y necremasa. Por otro lado, las estimaciones para manglares fueron de $129,69 \pm 20,24$ Mg/ha empleando las ecuaciones locales, que permitieron tener menor incertidumbre en la estimación de la biomasa real, en comparación con las ecuaciones de Álvarez et al (2012). No obstante, este valor fue menor al reportado para la escala nacional. Cuando se analizaron los metadatos discriminando en tierras altas y bajas, los resultados mostraron que la presencia de especies dominantes como *Colombobalanus excelsa*, especie típica de los bosques de montaña del Huila, determinan el patrón de distribución de biomasa a la escala local, aunque no incida notablemente en los estimados de la escala nacional.

Estos resultados sugieren que el patrón de distribución de especies, así como el uso de la ecuación adecuada, y la inclusión u omisión de ciertos compartimientos, inciden en los estimados de biomasa y carbono en las diferentes escalas, pero el efecto se evidencia más en las estimaciones a escalas locales y/o regionales.

Conclusiones y recomendaciones

La estandarización y consistencia en las estimaciones es importante para la contabilidad nacional de carbono y la generación de reportes consistentes al nivel de país.

Comprender mejor el patrón de distribución de la especie dominante ayuda a entender el patrón de distribución de biomasa, y al mismo tiempo, a diseñar los esquemas de compensación de emisiones que se deben articular a la implementación de programas de conservación de los bosques tropicales.

El uso de una ecuación alométrica adecuada, determina en gran medida la precisión de la estimación de las existencias de carbono en los ecosistemas forestales.

Iniciativas tempranas o pilotos permiten generar información y lecciones aprendidas, que pueden retroalimentar la implementación de la estrategia REDD+, especialmente cuando se incluyen compartimientos adicionales a la biomasa aérea.

Agradecimientos

Los autores agradecen a IDEAM, ONF Andina, Carbono & Bosques e INVEMAR por su trabajo sobre estimaciones de carbono en diferentes escalas, ya que gracias a la información publicada, fue posible generar estos análisis.

5. Session 3: Linking tree allometric equations and national forest inventory

a) Inventario Forestal Nacional de Paraguay: tendencias preliminares y aplicación de ecuaciones alométricas

Kelvin Cueva. FAO - Paraguay. Programa UN REDD. San Lorenzo, Paraguay. kcuevarojas@gmail.com
kelvin.cueva@fao.org

Antecedentes

El Paraguay es uno de los países participantes del Programa de las Naciones Unidas para la Reducción de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), provenientes de la Deforestación y la Degradación de los bosques (ONU REDD). La iniciativa es liderada por la Secretaría del Ambiente (SEAM), el Instituto Forestal Nacional (INFONA), y la Federación por la Autodeterminación de los Pueblos Indígenas (FAPI), con el apoyo de las agencias del Sistema de Naciones Unidas FAO, PNUD y PNUMA.

Una de las actividades principales del programa es la generación del sistema nacional de monitoreo e información forestal (SNIF), que incluye el desarrollo del primer inventario forestal nacional (IFN), tanto para las perspectivas de REDD+ como de otras prioridades nacionales e internacionales del sector forestal.

La presente síntesis expone las tendencias parciales y/o preliminares de los resultados iniciales arrojados por el IFN para los depósitos de carbono para los estratos de Bosque Seco Chaqueño (BSCH) y Bosque Húmedo de la Región Oriental (BHRO), que ocupan más del 70% del área boscosa del país (19,1 millones de hectáreas; INFONA, 2014). Así mismo, hace referencia a las ecuaciones alométricas (EA) aplicadas para elevar la precisión y exactitud de las estimaciones.

Metodología

Bajo el contexto y escala de un estudio a nivel nacional, el procedimiento desarrollado se basa en la generación de diversas herramientas e insumos metodológicos como: diseño de inventario nacional; manuales de campo; manuales de supervisión; guías preliminares de identificación de árboles; base de datos y de procesamiento bajo software libre; sistema de comunicación, proceso de selección, contratación, capacitación y acompañamiento a brigadas de campo; entre otros insumos técnicos y administrativos.

Para el caso de las EA, se realizó un proceso de revisión de los trabajos y resultados de generación de EA desarrolladas por el Forestry and Forest Products Research Institute FFPRI–Japón, en cooperación con la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y el INFONA.

Resultados y discusión

Las primeras unidades de muestreo tabuladas para el Bosque Seco Chaqueño establecen un contenido de carbono que alcanza las 32,14 Mg/ha para los árboles vivos, 0,89 Mg/ha para árboles muertos en pie, 1,86 Mg/ha para madera caída muerta y 20,84 Mg/ha para el suelo orgánico. Dichas tendencias tienen una alta variabilidad e incertidumbre estadística, la cual se ira ajustando con la complementación y tabulación de nuevos datos levantados por el IFN, hasta alcanzar una intensidad de muestreo con un error menor o igual al 10%.

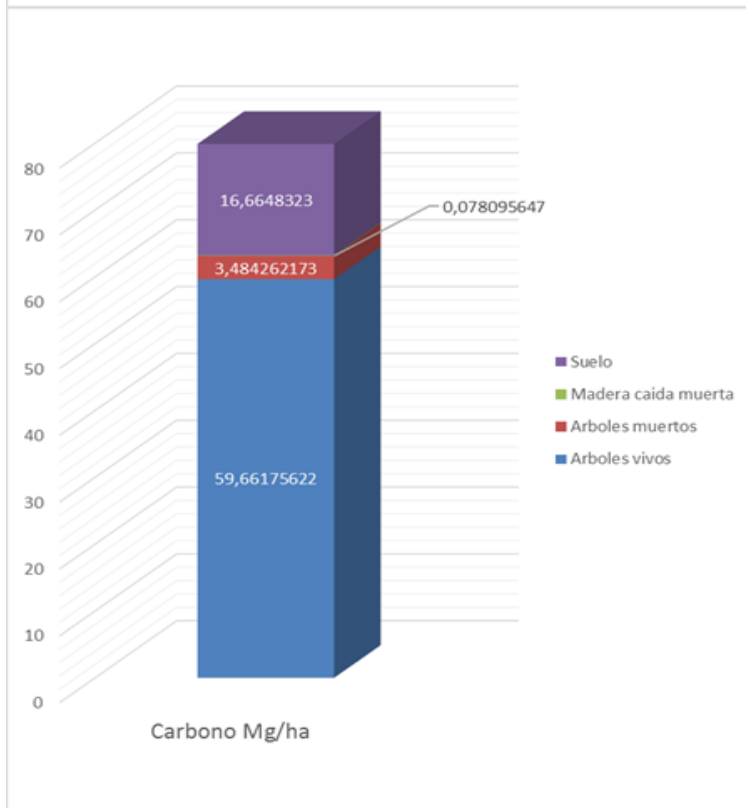
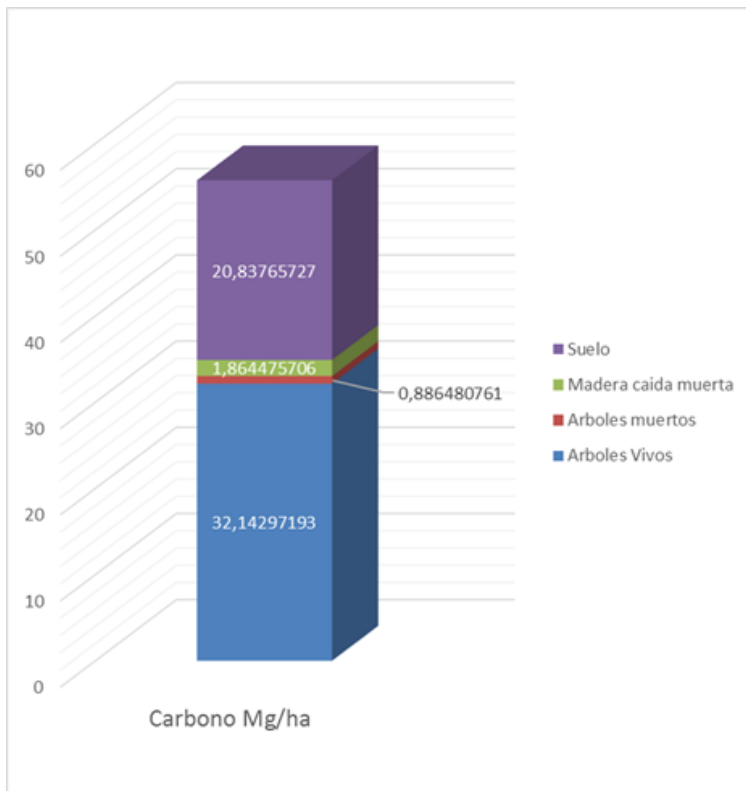


Figura 2. Contenido de carbono para los depósitos del estrato Bosque Seco Chaqueño (izquierda) y del del Bosque Húmedo de la Región Oriental (derecha), Paraguay.

Para el caso del Bosque Húmedo de la Región Oriental se midió un contenido de carbono preliminar de 59,66 Mg/ha para los árboles vivos, 3,48 Mg/ha para árboles muertos en pie, 0,07 Mg/ha para madera caída muerta y 16,66 Mg/ha para el suelo orgánico.

Las diferencias en los contenidos de carbono que se reportan preliminarmente para los dos estratos de bosque analizados, son coherentes con los contrastes en las respuestas naturales como sumideros de biomasa y carbono para los ecosistemas húmedos y secos; las cuales son mayores para el bosque húmedo, dada las mejores condiciones de índice de sitio para el componente arbóreo. Estos valores además se ubican dentro de los rangos o límites de confianza reportados en las guías de buenas prácticas del IPCC para este tipo de ecosistemas a nivel regional (IPCC, 2006).

Para las estimaciones de biomasa aérea AGB (fuste y copa) y biomasa viva total (fuste, copa y raíz), se aplicaron las versiones preliminares de las ecuaciones alométricas reportadas por el FFPRI de Japón, que actualmente están en proceso de revisión final y publicación en un artículo científico (Tamotsu et al, 2015). Las ecuaciones alométricas se generaron mediante la cosecha de árboles representativos (método destructivo) en varios sitios del Bosque Atlántico, Bosque Húmedo y Bosque Seco del Paraguay.

Conclusiones y recomendaciones

El SNIF cuenta con tendencias preliminares de los contenidos de carbono para varios de los depósitos de los ecosistemas del Bosque Seco Chaqueño y Bosque Húmedo de la Región Oriental, que representan más del 70% de la cobertura boscosa del país. Estos servirán como referentes estadísticos para el cálculo de la intensidad de muestreo final del IFN para estos estratos boscosos, así como para enriquecer la preparación de los diversos componentes del sistema de monitoreo forestal del mecanismo REDD+.

El Paraguay cuenta con ecuaciones alométricas locales para tres de los cinco tipos de bosque nativo del país, los cuales se espera sean validados mediante su publicación científica para facilitar su aplicación de manera genérica por el SNIF y otros actores. Así mismo, con el apoyo del programa UN REDD se espera iniciar procesos de investigación aplicada para generar ecuaciones alométricas para el Bosque Sub Húmedo del Cerrado y Bosque de Palmar.

Agradecimientos

Los autores reconocen las contribuciones del Programa Nacional Conjunto UN REDD Paraguay, INFONA, FAO Paraguay, FFPRI, Universidad Nacional de Asunción y SNIF.

6. Session 4: Proposals to improve NFI estimates

a) Proposing a decision tree to reduce model error in national biomass and volume assessments

Javier G. P. Gamarra¹, Oswaldo Carrillo², Miguel Cifuentes-Jara³, Matieu Henry¹, Laurent Saint-André⁴, Craig Wayson⁵ y Mauricio Zapata-Cuartas⁶

1. FAO, Departamento Forestal, Programa ONU-REDD; Viale delle terme di Caracalla 1, 00153; Roma, Italia. Javier.garciaperez@fao.org, matieu.henry@fao.org
2. Enhancing REDD+ and South-South Cooperation Project, CONAFOR, Zapopan, Mexico; oswaldisma@gmail.com
3. CATIE. Programa Cambio Climático y Cuencas. 7170 CATIE; Turrialba, Cartago 30501; Costa Rica. mcifuentes@catie.ac.cr
4. INRA, Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers, F-54280 Champenoux, France / CIRAD, UMR Eco&Sols, F-34060 Montpellier, France; standre@cirad.fr
5. USDA Forest Service International Programs - SilvaCarbon, Calle Antequera 777 - Piso 13, San Isidro, Lima 27, Peru / USDA Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA, USA; cwayson.silvacarbon@gmail.com
6. Smurfit Kappa. Calle 15#18, Puerto Isaac, Yumbo, Colombia; Mauricio.ZapataCuartas@smurfitkappa.com

Introduction

Regardless of the overall country capacity and financial context, two main technical constraints were previously identified by experts to drive the assessment of stocks (biomass) at the national level: the availability of reliable allometric models and the availability of raw data (i.e., destructive tree measurements to precisely calculate volume or biomass). Following these drivers, three *alternative options* to evaluate biomass or volume at large scales were proposed for countries or strata (Henry et al. 2015): 1) no raw data or models available; 2) models available but not raw data; and 3) both raw data and models available.

In practical terms, these options need to be translated into an understandable flow process that will take into account many of the potential issues arising from national circumstances. Environmental and political circumstances, objectives of the assessment including evaluation of stock changes, resources available, or absence of reliable data all will play a part in the decision process every country has to plan.

With the national forest inventory as the basis, stock assessment should aim to reduce uncertainties (IPCC 2003). Previous studies have identified the selection of the allometric model as the main error source (Picard *et al.*, 2014). However, error propagation from the tree to the country involves different sources of error. The objective of this proposal is to build a reliable but flexible decision tree that will be driven by availability of raw data and models, forest strata and capitalize on the state-of-the-art statistical approaches to reduce uncertainty along the upscaling process of stock assessment (Chave *et al.*, 2004; Picard *et al.*, 2014)

Potential issues arising from each option

Very often, particularly in tropical countries, the high diversity of their forests, linked to potential lack of resources, leads decisions towards the use of generalized, multi-species models (Brown, 1997; Zianis and Mencuccini, 2004; Chave et al., 2005), following *option 1*. Although this is often the only acceptable solution, it may present strong biases and uncertainties in certain regions when extrapolated. Often regionalized equations (Feldpausch et al., 2012) may be a suitable alternative, but often rely on indirect measurements, with errors spilling further along the error propagation process. Finally, many countries in subtropical areas lack, as of today, any generalized or regional equation to apply.

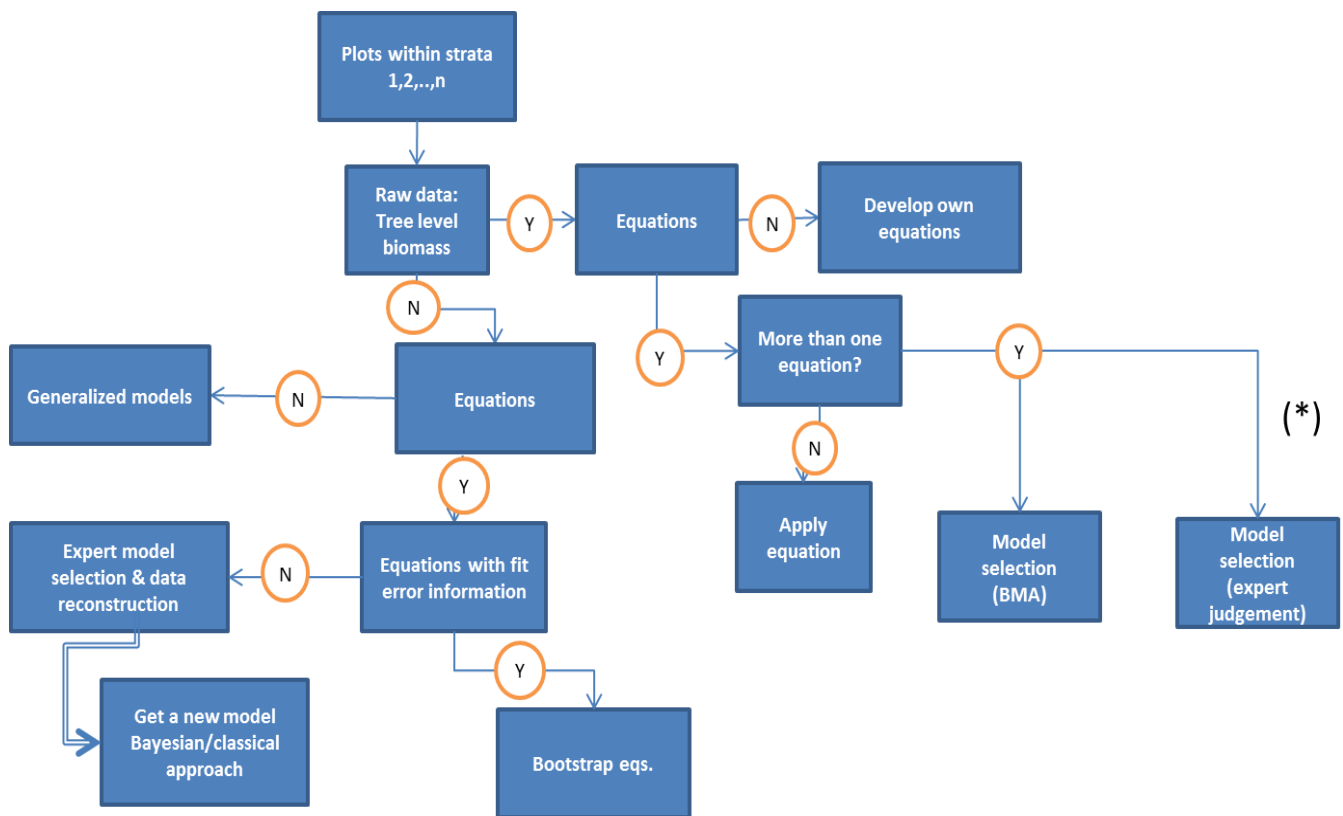
In many situations (*option 2*), species-specific and/or local models are available, but not for all species found in an inventory, and very often the uncertainties reported, if any, lack the quality necessary to infer accurate predictions. In these cases, very often simulations to reconstruct data or weight available models may be necessary.

Even if well-reported models and raw data are available, not all species or ranges in the values of variables will be represented. In all cases acquisition of new raw data is always recommendable, but more often than not, unfeasible. New, Bayesian methods can co-opt information from well-studied species to increase the accuracies of non-represented species. When the choice of model needs to be done among a set of potential models, different weighting methodologies (i.e., Bayesian Model Averaging) can include several models to reduce model uncertainty to a minimum (Picard et al. 2014).

A proposal for a decision tree

Avoiding the specific error sources deriving from the estimation of areas (strata, forest types, etc.), the decisions for options to minimize model errors (and measurement errors associated with them) should therefore start on a per-stratum basis (Hill *et al.* 2013). Following the decision tree (Figure 3), a set of general recommendations can be drawn:

1. Usually local, specific allometric equations are preferred over generalized, multi-specific equations, only when they are properly reported (Henry et al. 2015). In many practical cases, however, generalized equations will be recommended if the information regarding allometric equations is unsatisfactory or very limited.
2. In forest plantations, there is usually a plethora of models available to apply directly. In some cases weighting of different models through BMA can be beneficial to reduce uncertainty in model choice.
3. In highly complex landscapes and in some situations, simulation approaches, compared with generalized equations, may help reducing uncertainties and bias.



* when BMA approach cannot be performed

Figure 3. Simplified decision tree for the application of allometric equations according to the different criteria described in the text.

As an example, one can consider two simplified countries. The first one, small with relatively homogeneous environmental conditions is covered by tree plantations, with destructive measurements taken in the past, that have given rise to three differently available, well-reported biomass or volume models with full information to recover model uncertainty. In this case one would end up performing either a BMA weighting the different models if statistical expertise is available. Otherwise, model selection would be based on expert opinion. The second one is a tropical country covered by diverse, multi-specific forests. For some species there are equations available, but without well-reported information on model uncertainty. For other species no equations are available. In this case, for the species with equations available, one would simulate data assuming some distributions and proceed with a Bayesian or classical model fitting approach. For the rest of the species a generalized pantropical equation can be used.

Conclusions

Based purely on technical and resource availability considerations, a decision tree to use allometric equations for the evaluation of national biomass or volume has been proposed. Regardless of the fact that the building of decision trees must in any case be carefully planned for every country, taking into account particular circumstances, and based on expert knowledge, this proposal aims to establish a general guiding flow as an up-to-date technical framework to aid technicians and scientist in countries.

b) Propagating uncertainties in the context of National Forest Inventories

Oswaldo Carrillo, Jorge Morfín, Craig Wayson, Miguel Muñoz, Lucila Balan, Carlos Cruz. Enhancing REDD+ and South-South Cooperation Project, CONAFOR, Zapopan, Mexico; oswaldisma@gmail.com

Antecedentes

Las estimaciones de incertidumbre constituyen un elemento esencial de un inventario exhaustivo de emisiones y absorciones de gases. Se las debe obtener tanto para el nivel nacional como para la estimación de la tendencia, así como para tales componentes como los factores de emisión y los datos de la actividad.

Metodología

Se llevaron a cabo las siguientes estimaciones de incertidumbre de los factores de emisión (FE) en el contexto del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) de México:

- FE de las tierras forestales que pasan a otros usos
- FA de las tierras forestales que permanecen como tierras forestales
- FE del carbono almacenado en Suelos
- FE de las tierras agrícolas

Siguiendo la propuesta de Olofsson (2014) para el diseño del tamaño de muestra, mediante muestreo aleatorio estratificado y tomando como estrato cada clase mapeada, se realizaron las estimaciones de incertidumbres del DA:

- Estimación de la exactitud por clase de los mapas de cobertura
- Estimación de la exactitud global de los mapas de cobertura
- Estimación de la exactitud de las clases de cambio (ganancias y pérdidas de bosque)

Los datos de referencia fueron la interpretación de recortes de 1 x 1 km de imágenes Landsat segmentadas para 1993, 2000, 2005 y 2010. Del centro de cada recorte de 1 x 1 km se extrajo una muestra de 120 x 120 m. (Unidad Mínima Mapeable), como información de referencia para calcular la exactitud temática de los mapas.

Resultados y discusión

Se obtuvieron datos de propagación del error con métodos del IPCC mediante tres métodos:

- Método 1: Incertidumbres asociadas a un factor
- Método 1 corregido por distribuciones asimétricas
- Método Monte Carlo.

Con lo anterior se llegaron a porcentajes de incertidumbres para clases estables con Factores de Absorción (ton/ha/año) conocidos y a casos identificados de propagación de la incertidumbre en cálculos de Carbono de la biomasa viva aérea.

c) Generalized tree allometric equations

Matieu Henry. Forestry Officer, FAO, Headquarters, Rome. matieu.henry@fao.org

Introduction

About 20% of tree species are not properly identified in forest inventories for various reasons. Moreover, many ecosystems have never been considered for volume or biomass equation model development or the equations that exist are not applicable and/or contains errors. The use of generalized equations is interesting and simplifies the process of calculation and selection of equations, and potentially improves the accuracy of the results. Several generalized equations have been developed and evolved over time (Brown 1997; Chave, Andalo et al. 2005; Feldpausch, Lloyd et al. 2012). This presentation concerns the latest developed generalized equations for tropical forests developed by Chave et al. (2014).

Methods

When considering estimation of aboveground tree biomass, equations from Brown (1997) and Chave (2014) are those that have been the most widely used. The sample size of these generic equations varies between 28 and 1349 individuals; diameter varies between 40 for dry forests to 156 cm for tropical rainforests. Some local or species specific equations can have sample sizes of a similar order of magnitude, e.g. 7446 for *Picea abies* in Norway (Vestjordet 1967) 6511 for tropical mixed forests in Mali (Clément 1982) or 4421 for *Pinus sylvestris* in Sweden (Naslund 1947). Data accessibility is a major limitation for the development of new generic equations. Chave and colleagues (Chave, Rejou-Mechain et al. 2014) were able to collect data for 4004 destructive individuals whose diameters vary between 5 and 212 cm.

The destructive harvest dataset assembled for this study was obtained from 58 study sites³ and distributed across the tropics and across vegetation types: see (Chave, Rejou-Mechain et al. 2014). Local climatic information was extracted from global gridded climatologies. Temperature and rainfall variables were acquired from the WorldClim database (Hijmans, Cameron et al. 2005). The analysis focused on three bioclimatic variables: temperature seasonality (TS), the maximum climatological water deficit (CWD), and precipitation seasonality (PS).

The allometric model construction was based on regressing a dependent variable (i.e. AGB), against one or several independent variables including trunk diameter D (cm), wood specific gravity q (g cm³), total tree height H (m), or a combination thereof. The model was fitted using log-log model relating AGB to the input variables. The generic equation provided by Chave et al. (Chave, Rejou-Mechain et al. 2014) is a significant improvement because it provides an alternative option when tree height is unavailable.

Results

The articles tends to provide a single allometric equations when D , H and wood density rare available. This single allometric equation could be used across continents and across vegetation types. The best-fit pantropical model is as follow:

³ The tree harvest database used in the present study is available at http://chave.ups-tlse.fr/pantropical_allometry.htm

$$AGB_{est} = 0.0673 \times (\rho D^2 H)^{0.976}$$

$$(\sigma = 0.357, AIC = 3130, df = 4002)$$

Where D is in cm, H is in m, and ρ is in $g\ cm^{-3}$.

Compared with local models, average total tree-level prediction error was only modestly higher in the pantropical model but the spread of systematic error across sites was more than three times higher. The pantropical model tended to substantially overestimate the measured total, site-level AGB at seven sites (bias > 30%) and underestimate it (bias < -30%) at one site. This bias was not explained by vegetation type or by bioclimatic conditions.

When tree height is not available, they developed a diameter–height allometric equation as follows:

$$\ln(H) = 0.893 - E + 0.760 \ln(D) - 0.0340[\ln(D)]^2 \quad (6a)$$

(AIC = 47, RSE = 0.243, df = 3998), where E is defined as

$$E = (0.178 \times TS - 0.938 \times CWD - 6.61 \times PS) \times 10^{-3}$$

E corresponds to a measure of environmental stress. The authors show that if the regional diameter–height models of Feldpausch et al. (2012) had been used, the bias would have been much larger (mean bias: +22.41%).

Conclusions

Most of the variation was found within vegetation types, and the apparent variation among vegetation types appears to mostly reflect small sample sizes. This interpretation is supported by the fact that the form factor (ratio of AGB divided by $\rho D^2 H$) varies weakly across vegetation types. Although our dataset represents a significant improvement over previously published intercomparisons of tree harvest data, they are still limited in size, especially compared with those developed for temperate forests (Chojnacky et al., 2014) or plantations (Paul et al., 2013). One option for assembling whole-tree AGB measurements without harvesting the tree is to use terrestrial LiDAR to estimate the volume of individual branches and stems (Hildebrandt & Iost, 2012). Our analysis thus suggests that it is more parsimonious to retain a single allometric model. We also note that this new model holds for both old-growth and secondary vegetation types. However, our results show that once variation in diameter–height allometries are accounted for, pantropical AGB allometries are consistent across sites. To quantify this claim, we compared error metrics between our pantropical equation and locally fitted equations. Much of the increase in bias between the local and the pantropical allometries was contributed by six outlying sites (three moist forests and three wet forests; Fig. 3b). For these outlying sites, Model 4 tends to overestimate AGB. A number of interpretations could be put forward to explain this discrepancy. The dimensions of wet forest trees are difficult to measure because many trees are buttressed. The authors show that information on wood specific gravity (as inferred from the taxonomic determination of the tree), trunk diameter, and the variable E (as inferred from the geolocation of the plot) is sufficient to provide a robust AGB estimate of this tree.

d) Estimating uncertainty of allometric biomass equations using a pseudo-data approach

Craig A Wayson. SilvaCarbon, Latin American Regional SilvaCarbon Coordinator. Calle Antequera 777 – Piso 13, San Isidro, Lima 27, Peru. cwayson.silvacarbon@gmail.com

Introduction

Generalizing or aggregating separate equations for biomass estimating from published literature requires detailed fit information (parameters SSEs, R^2 , n , etc.) to properly propagate errors/uncertainty associated with the original published work. For allometric equations that estimate biomass from tree diameter at breast height (DBH) these problems are compounded by the wide variety of equation forms used, general publishing practices that include little information about the resulting regression and availability of a large enough body of work covering a species' spatial distribution from which to choose studies meeting meta-analytical requirements.

Also, due to complexity, generalizing these individual species allometric equations into functional categories has been used for large-scale forest biomass estimation (regional to global). To date, most of these estimates have not included the error/uncertainty associated with them due to the lack of a defensible process to propagate the errors associated with the aggregation/generalization process. This has also led to little investigation into minimizing errors associated with generalizing allometric equations. The results of this work have been published in *Annals of Forest Science* (Wayson, et al 2014).

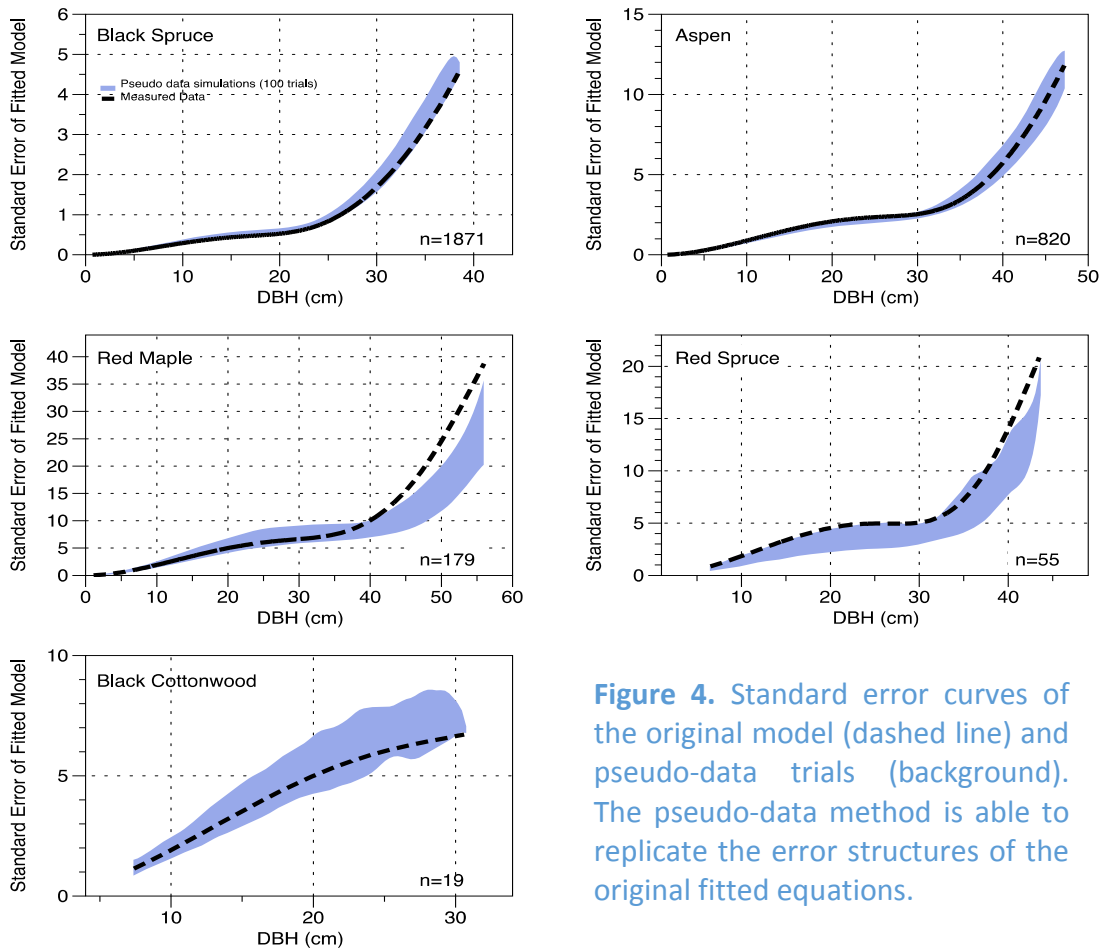


Figure 4. Standard error curves of the original model (dashed line) and pseudo-data trials (background). The pseudo-data method is able to replicate the error structures of the original fitted equations.

Methods

The following steps were taken to create a pseudo-data set of points from which an allometric equation could have been generated: 1) Create an original biomass population that could produce a fit with an R-square as seen in published results by inputting the original equation and then creating datasets with low to high levels of variance. 2) Re-fit original equation with pseudo-data to calculate an R^2 of the fit and select the pseudo-dataset with the R^2 most closely matching the published R^2 . 3) From each 'population' sub-sample with replacement the same number (n) as used in the original work to bootstrap the error.

The approach was tested against a large dataset of raw DBH and biomass numbers from the Canadian ENFOR data. Five species for testing were selected based on n , DBH range and distributions and the process of pseudo-data was performed and compared to the allometric equations generated from the raw, and known, data.

Discussion and recommendations

We can create pseudo-populations that mimic the range of possible DBH vs. biomass relationships based on very little information (R^2) and therefore the uncertainty can then be propagated using this information for older equations so that individual allometric equation errors can be aggregated at the plot level and added to sampling errors, etc. The uncertainty using this method is most likely an *underestimate* depending on forest DBH distributions.

While these methods are useful for estimating uncertainty, well designed, large-scale field campaigns for generating allometric equations using a standardized approach are critical for reducing errors associated with allometric equation development so that the principle source of uncertainty is from natural variability.

Conclusion

Biomass estimates for large forested regions are important to our understanding of the global carbon cycle, especially now as there is a need to predict as accurately as possible carbon stored in forested ecosystems to improve global models of CO_2 for climate change. Also for mitigation strategies, carbon markets, etc. require knowledge about the uncertainty associated with these estimates. Uncertainty estimates are required to be associated with these values. In order to use existing allometric equations a method like this is a valuable tool for these efforts. In the future, aggregate allometric equations for functional groups (e.g. Jenkins, CRM, etc.) can have robust uncertainty estimations useful propagating errors associated with them. A slight modification to this process would also allow for minimizing errors of functional groups' allometric equations. Through Monte Carlo experiments the groupings can be changed and the effects on uncertainty can be examined. Uncertainty can be minimized *a priori* to select a level of uncertainty to meet and groups can be created accordingly (i.e. are 10 groups enough? More? Less?).

e) Métodos Bayesianos: consideraciones prácticas e introducción a modelos jerárquicos.

Mauricio Zapata-Cuartas^{1,2}. mauricio.zapata98@gmail.com

1. Smurfit Kappa Colombia. División Forestal, Yumbo
2. Research Center on Forest and Global Change Carbono & Bosques, Medellín, Colombia

Antecedentes

Las funciones alométricas han sido hasta ahora la aproximación más utilizada y accesible para la cuantificación de la biomasa almacenada en coberturas forestales a partir de datos del Inventario Forestales Nacionales. Cuando se dispone, es común observar en los reportes técnicos e investigaciones que se asumen sus estimados como valores determinísticos, no se hace ninguna referencia a la incertidumbre asociada con las estimaciones. La consideraciones de los errores de medición y estimación a través de los cálculos desde el nivel árbol a la unidad parcela se denomina propagación de errores (Chave et al. 2004). En el reporte final la ecuación de biomasa aporta a la incertidumbre de la estimación tanto como una estimación como la incertidumbre asociada a la selección del modelo entre varios candidatos. Aquí se presenta los métodos bayesianos por que permiten tratar la incertidumbre más naturalmente en la estimación de parámetros. Se muestra el proceso de estimación del modelo alométrico simple siguiendo el método de Zapata et al. (2012) y se especifica el caso general de modelo jerárquico.

Metodología

Especificación del modelo bayesiano para el modelo alométrico simple:

Suponga que se toman (y_{iz}, x_{iz}) pares de datos de biomasa aérea (y) y DBH (x). Con $i = 1, \dots, n$ y $Z=1, 2$. Donde Z refiere dos zonas ecológicas, grupos o tipos de bosque etc. y la biomasa se relaciona con el DBH a través de un modelo alométrico con término de error multiplicativo:

$$y_{iz} = a(x_{iz})^b e_{iz} \quad (1)$$

Por simplicidad y como práctica común reportada se especificará un modelo jerárquico para la transformación logarítmica de (1):

$$\ln(y_{iz}) = a + b \ln(x_{iz}) + e_{iz}$$

Este modelo sigue los supuestos de verosimilitud normal para $\ln(y)$:

$$\ln(y_{iz}) \sim N(m_{iz}, S_e^2), \quad m_{iz} = f(a, b), \quad e_{iz} \sim N(0, S_e^2)$$

Para completar la especificación bayesiana se asume una distribución a priori poco informativa para el inverso de la varianza residual

$$1/S_e^2 \text{ así: } 1/S_e^2 \sim \text{Gamma}(0.001, 0.001)$$

Para la especificación de la información a priori de los parámetros a y b se puede emplear la metodología presentada por Zapata et al. (2012) en donde se puede emplear información de parámetros en modelos publicados para resumir valores medidos y varianzas sobre a y b .

Especificación del modelo SUR bayesiano para modelar la biomasa por componentes:

Parresol (1999, 2001) trata el problema de aditividad en ecuaciones de biomasa por componentes desde el punto de vista frecuentista. Esta técnica se conoce como SUR (Seemingly Unrelated Regression). Aquí se formula un modelo bayesiano para el problema de aditividad. Se realiza un ejemplo completo con los datos de árboles tropicales en África reportados por Henry et al. (2010). Además del proceso de estimación se muestra como obtener las estimaciones para la biomasa total con sus intervalos de credibilidad asociados.

Especificación del BMA (Bayes model Averaging) para tratar la incertidumbre en selección de modelos:

En estudios de biomasa es común el problema de seleccionar el “mejor” modelo entre varios candidatos. (Incertidumbre entre modelos). BMA ofrece una solución para explorar entre todos los posibles modelos generados con las variables predictoras disponibles y realizar inferencias y pronósticos. Se muestra un ejemplo sobre datos reales de biomasa aérea empleando el paquete BMS (Feldkircher y Zeugner 2009). De igual modo se obtiene medias de incertidumbre sobre las inferencias en las predicciones.

Resultados y discusión

Todos los ejemplos y procedimientos fueron implementados en R (<http://www.r-project.org>) y el modelo SUR se implementó con el paquete R2OpenBUGS (Sturtz, Ligges and Gelman, 2005). Se mostraron los códigos suficientes y datos de ejemplo utilizados para su adaptación y aplicación en otros casos.

Una parte fundamental de la implementación de técnicas bayesianas es la especificación de la información a priori. Tanto para el caso del modelo alométrico simple para biomasa total o por componentes se puede disponer de la plataforma Globalloetree (Henry et al. 2013) para compilar modelos similares y obtener estadísticas de sus parámetros.

Una extensión al modelo simple se logra agregando hiperaprioris sobre los parámetros para modelar el efecto de factores Z (modelos mixtos), para considerar la ocurrencia de errores en medición de variables (Vieilledent et al. 2010) o para modelar la respuesta a diferentes escalas. Este nuevo grupo de modelos se les denominan jerárquicos. Este tipo de modelos es la herramienta estadística apropiada para inferencia y predicción sobre datos (muestras) donde la información es heterogénea (permite modelar la varianza), con incertidumbres asociadas, de procesos complejos y la respuesta depende de la escala.

Finalmente cuando se dispone de muestras de árboles cosechados para una región se demostró que se puede calibrar el modelo alométrico bien sea para una sola forma funcional como en el primer método enunciado o se quiere incluir la incertidumbre de selección del modelo en las predicciones se puede acudir a BMA.

Conclusiones y recomendaciones

La aproximación bayesiana se puede implementar fácilmente para cualquier tipo de modelo usando **R** y conocimiento a priori del tipo de modelo. La aproximación bayesiana produce estimaciones más robustas y eficientes comparadas con los métodos clásicos. Además de permitir una interpretación más razonable del fenómeno. Estas técnicas estadísticas mejora y facilitan el tratamiento de la incertidumbre, permitiendo mejorar la confiabilidad del reporte de existencias de biomasa en Inventarios a diferentes escalas.

7. Session 5: Methods and technologies to improve estimates

a) Estimating changes in stocks in national forest inventories

Oswaldo Carrillo¹, Jorge Morfín, Rene Gistrado, Gustavo Rodríguez, Luis Rangel, Craig Wayson², Carlos Cruz.

1. Enhancing REDD+ and South-South Cooperation Project, CONAFOR, Zapopan, Mexico; oswaldisma@gmail.com
2. USDA Forest Service International Programs - SilvaCarbon, Calle Antequera 777 - Piso 13, San Isidro, Lima 27, Peru / USDA Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA, USA; cwayson.silvacarbon@gmail.com

Antecedentes

Se trabajó con insumos oficiales, estableciendo como fuente de datos para la compilación de los inventarios, la información cartográfica contenida en las cartas de Uso de Suelo y Vegetación escala 1:250,000 en sus series II, III, IV y V, elaborados por el Instituto Nacional de Geografía Estadística e Informática (INEGI). Estos mapas de uso de suelo, son una fuente oficial y constituyen la base para la elaboración del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), que realiza la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) –elemento base para el desarrollo de factores de emisión nacionales- así como para: el mapa de Regiones Ecológicas de América del Norte, manifestaciones de Impacto Ambiental y los programas de Ordenamiento Territorial (INEGI, 2009).

Metodología

El siguiente esquema visibiliza el proceso general de trabajo.

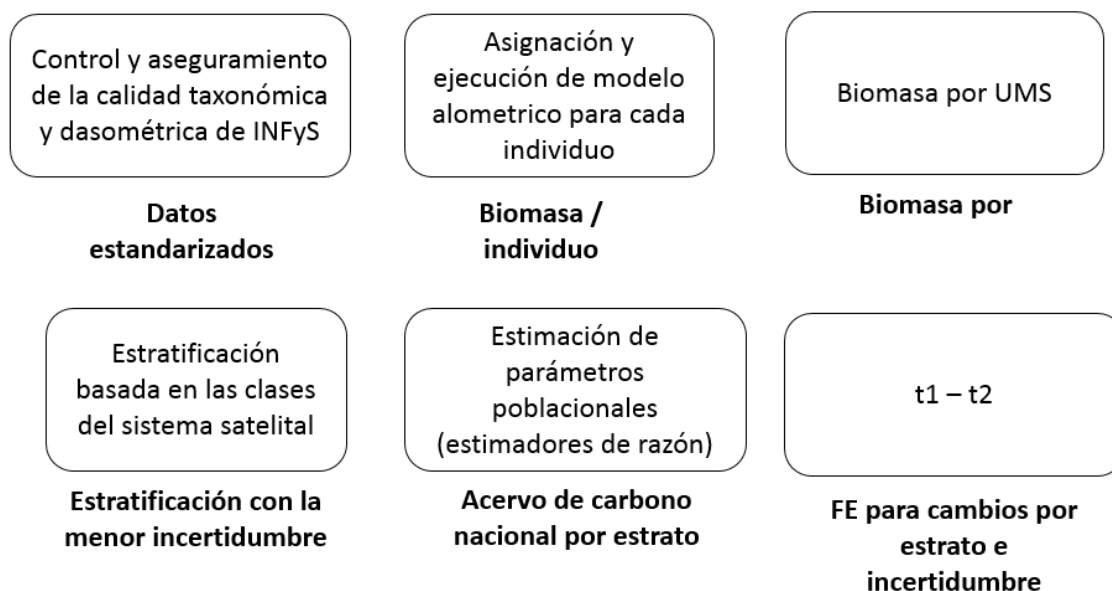


Figura 5. Proceso de trabajo para estimar cambios en las existencias de carbono a partir de datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS) de México.

Para cumplir el proceso se realizaron los siguientes pasos:

1. Depuración taxonómica y dasométrica de inventarios forestales QA/QC
2. Cálculo de estimadores de emisión por deforestación (Tierras forestales a otros usos)
3. Cálculo de estimadores de absorción de zonas estables (Tierras forestales que permanecen como tierras forestales)
4. Cálculo de estimadores de absorción de regeneración forestal (Otros usos a tierras forestales)
5. Cálculo de estimadores de emisión en degradación (Tierras forestales en proceso de degradación)
6. Cálculo de estimadores de almacenes de carbono en suelos

Resultados y discusión

Se obtuvieron estimaciones con bajo nivel de incertidumbres para algunos estratos en el cálculo de densidades de carbono en Tierras forestales cambiadas a otros usos. Lo mismo se calculó para tierras forestales que permanecen como tales pero con niveles de incertidumbre mayores.

También se obtuvieron tasas de absorción anual y el factor de absorción para diez años por clases de transición, para casos de regeneración forestal. Igualmente, se obtuvieron tasas de emisión anual y el factor de absorción para diez años por clases de transición, para casos de Tierras forestales en proceso de degradación. Las estimaciones totales se muestran en la siguiente figura.

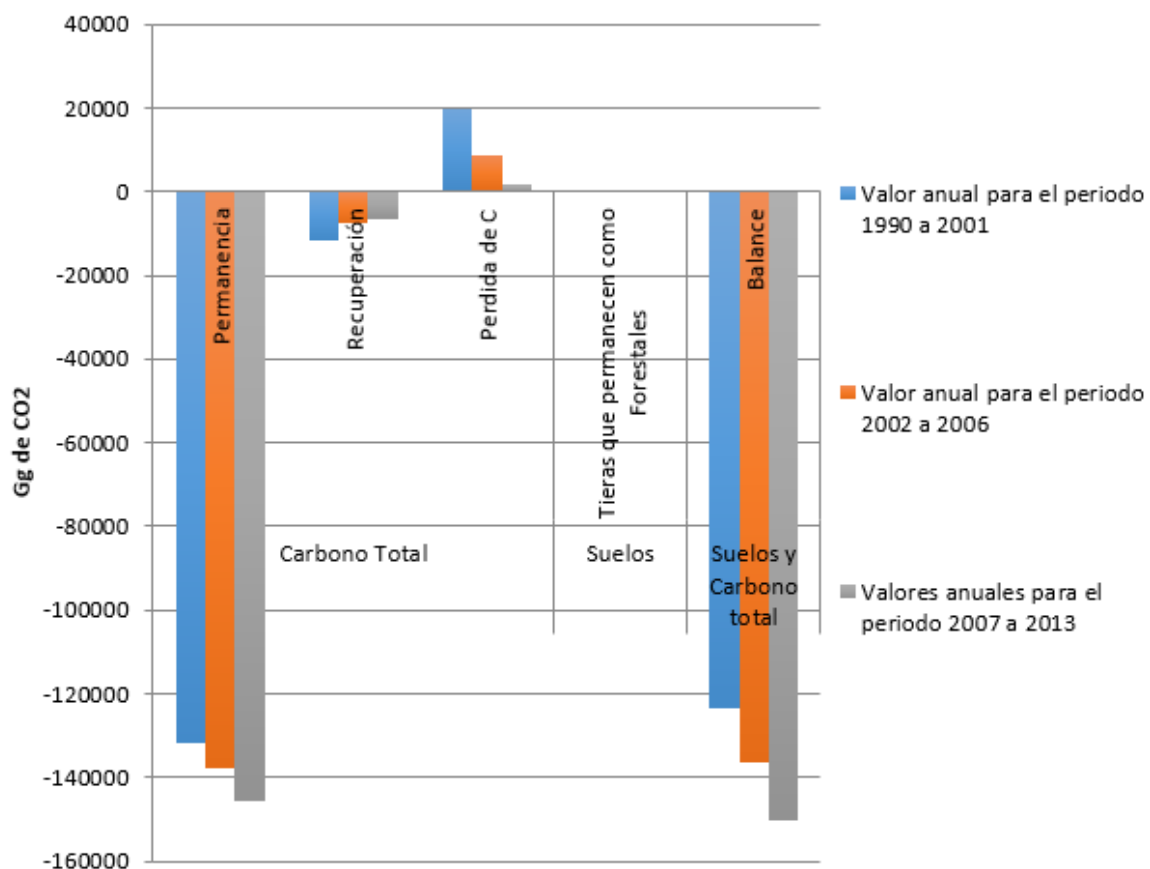


Figura 6. Flujos de CO₂ para distintas transiciones consideradas en el INFyS, México.

Conclusiones y recomendaciones

El sector forestal de México parece ser un sumidero, y puede ser un sector estratégico para reducir las emisiones totales de carbono de México. Por esta razón, el gobierno mexicano está interesado en tener un apoyo estadístico robusto para estas estimaciones y sus incertidumbres.

Si los resultados están bien apoyados y sus incertidumbres son moderadas, el sumidero total de FL-FL es capaz de absorber una parte importante de las emisiones totales de carbono de México.

b) Establecer apropiadamente una base de datos de ecuaciones alométricas

Luis Rangel¹, Oswaldo Carrillo¹, Craig Wayson², Henry Matieu³, Brigazzi Luca³, Donegan Emily³.

1. Enhancing REDD+ and South-South Cooperation Project, CONAFOR, Zapopan, Mexico; luisrangel@gmail.com; oswaldisma@gmail.com
2. USDA Forest Service International Programs - SilvaCarbon, Calle Antequera 777 - Piso 13, San Isidro, Lima 27, Peru / USDA Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA, USA; cwayson.silvacarbon@gmail.com
3. FAO, Departamento Forestal, Programa ONU-REDD; Viale delle terme di Caracalla 1, 00153; Roma, Italia. matieu.henry@fao.org; luca.birigazzi@fao.org; emily.donegan@fao.org

Antecedentes

Se han desarrollado ecuaciones alométricas para la estimación de la biomasa aérea en México. De éstas se han encontrado 84 documentos recopilados (*artículos científicos, tesis e informes*), publicados en 30 revistas científicas y disponibles en 50 bibliotecas (nacionales e internacionales).

Alrededor del 30% de las ecuaciones alométricas publicadas contienen errores, quizá por la falta de metadatos. Por lo tanto, es necesario llevar a cabo procedimientos de control de calidad y verificación transparentes en las ecuaciones con el fin de establecer su grado de fiabilidad

Metodología

Se trabajó en el desarrollo de un bosque ficticio con Información del INFyS (distribución del DAP) y datos del ENFOR de Canadá (variabilidad de biomasa) $n = 100,000$ árboles. Se aplicó la siguiente ecuación para el cálculo de biomasa:

$$Biomasa = e^{(\beta_0 + \beta_1(\ln(dap)))}$$

Se realizaron pruebas de análisis de sensibilidad para tres valores de n (106, 60 y 20).

Resultados y discusión

Las tendencias halladas en los resultados demuestran que:

- El tamaño de la muestra y su distribución en los rangos diamétricos cambia el tipo de modelo al cual se ajusta los datos.
- La incertidumbre de las predicciones totales disminuye cuando los modelos fueron desarrollados en muestras más grandes y mejor distribuidas en las diferentes clases diamétricas.
- La escala de los datos de los muestra cambia la dimensión del Error Cuadrático Medio, por lo que es necesario tomar en cuenta este efecto cuando se quiera utilizar como criterio de comparación de modelos.
- El comportamiento del R^2 no sigue las mismas tendencias que la incertidumbre.

Conclusiones y recomendaciones

En México se ha desarrollado un número considerable de ecuaciones alométricas. Con diferentes fines, por lo tanto con diferentes características, una gran heterogeneidad, a escala local, para especies, por región, en diferentes rangos diamétricos, reportando diferentes datos. Para poder integrarlas a un sistema MRV, es necesario integrarlas con la información oficial a escala nacional (INFyS).

Es posible utilizar las ecuaciones alométricas que existen, pero es necesario tener claridad en los objetivos. Para facilitar su uso es necesario agruparlas según el tipo de ecuación (especie, género, tipo de vegetación) y llevar un control y aseguramiento de la calidad de todas las bases de datos.

Es necesario asimismo contar con herramientas para poder asignar de manera automatizada ecuaciones a los valores del INFyS que permitan integrar nuevos modelos y nueva información conforme se generen.

Se deben enfocar esfuerzos en el desarrollo de nuevas ecuaciones dependiendo de las necesidades: (especies de mayor biomasa con respecto al total, tipos de vegetación no cubiertas). Este trabajo forma parte de un protocolo estandarizado para el uso de modelos alométricos para la estimación del carbono contenido en la biomasa a nivel nacional.

c) An inventory approach to pantropical height-diameter relationships

Javier G. P. Gamarra¹, Philippe Santenoise², Gaël Sola¹ y Matieu Henry¹,

1. FAO, Departamento Forestal, Programa ONU-REDD; Viale delle terme di Caracalla 1, 00153; Roma, Italia. Javier.garciaperez@fao.org, Gael.Sola@fao.org, matieu.henry@fao.org
2. Institut National de la Recherche Agronomique, UMR 1092-LERFoB, 54280 Champenoux, Francia. philippe.santenoise@gmail.com

Introduction

Height-diameter relationships have been a particular focus of attention in recent years, whether as independent equations to help evaluating site factors or environmental conditions, or as intermediate steps to estimate volume and biomass (Rutishauser *et al.*, 2013). H-DBH relationships have been proven to greatly vary among different ecosystems and continents (Feldpausch *et al.*, 2011) and in fact, can be the most significant structural factor determining accurate biomass estimates (Kearsley *et al.*, 2013). For many countries, the best available estimates rely on the use of pantropical equations, which have been proven to be more robust when height measurements are readily available, or else indirectly estimated (Chave *et al.*, 2005; Feldpausch *et al.*, 2012; Chave *et al.*, 2014). Typically, development of pantropical height-diameter models involves the collection of data from destructive measurements in plots from different studies and different objectives. For example, Feldpausch *et al.* (2012), used data from 37625 trees over 327 sample plots in different countries with different degrees of representativeness across biomes. While the use of destructive data may well provide robustness to the models chosen to be developed, relying on sets of representative inventories based on probabilistic sampling, such as those from National Forest Inventories, may greatly reduce sampling errors. In this study we aim to develop pantropical H-DBH models based on large collections of less accurate height data in a larger number of trees from more representative national forest inventories in 5 different countries.

Methods

We compiled national forest inventory data including diameter at breast height and tree height from five different countries across the tropics: Bangladesh, Ivory Coast, Costa Rica, Nicaragua and Zambia. The countries represent also different FAO biomes, tropical rain and moist and dry forests, shrublands and mountain systems, and the data contained tree heights for very large trees (up to 2.5 m dbh). This representation of very large trees is absent from the pantropical models so far fitted with destructive data. A total of 133.992 from 4668 national forest inventory plots, taken from 2002 to 2008 represent the sample. 13 candidate tree-height relationship models typical from the literature were developed: Curtis, Gompertz, logistic, Meyer, Michaelis-Menten 1, Michaelis-Menten 2, Michailoff, Naslund, power, Prodan, Ratkowsky, Weibull and Wykoff, representing equations with two or three parameters. T

Based on an overall pantropical model (Fig. 1), we first selected the two model forms with the lowest AIC to identify potential factors:

$$\text{Gompertz: } H_i = 1.3 + a \times \exp(-b \times \exp(-c \times Dbh_i)) + e_i$$

$$\text{Ratkowski: } H_i = 1.3 + \exp\left(a + \frac{b}{Dbh_i + c}\right) + e_i,$$

where H_i is the height of the i tree; a , b , and c are model-specific parameters, and $e_i \sim N(0, \sigma)$ is an error term associated to the tree.

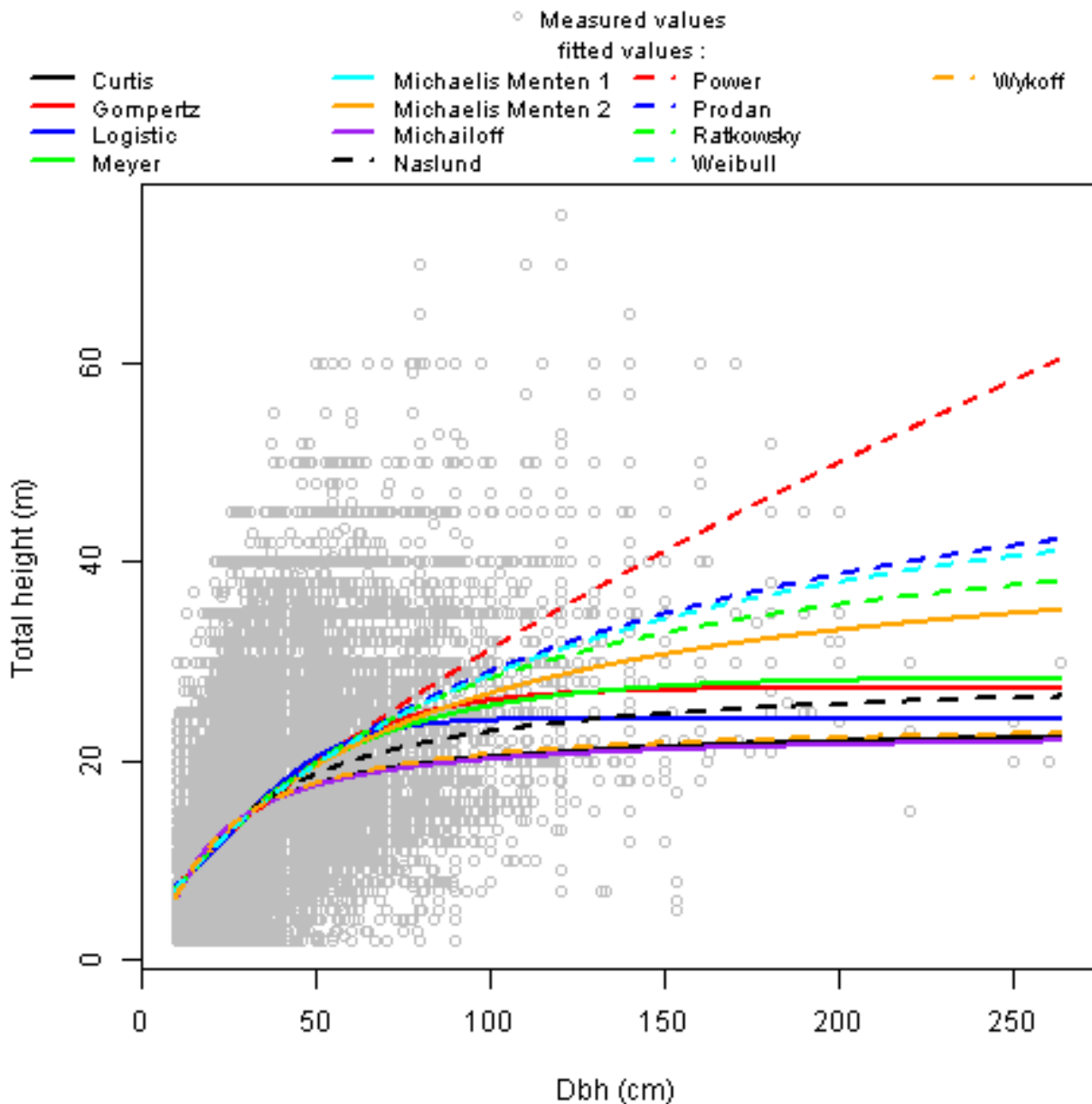


Figure 7. Overall pantropical height-diameter relationships following each of the 13 models tested.

Because of the widespread residuals around the models, further model complexity was added over the two models selected by including in the analysis eight specific random effects, all related to environmental conditions and forest structural characteristics (dominant height).

The best performing models included both the FAO biome type in which the plot was located, and the dominant height. Small differences in model selection criteria preclude the study to offer a definite best choice between Gompertz and Ratkowsky, even when both behave differently in their asymptotic height. Hence a pantropical height versus diameter plus dominant height model was finally selected for each FAO category (dry, mountain, moist and rain forest) (Table 2).

Table 2. Best selected Ratkowski pantropical H-DBH models for the four selected FAO biomes

FAO Biome	Equation
Tropical dry forest	$H = 1.3 + \exp\left(3 + 0.02 \times H_0 + \frac{-48.47}{DBH + 16.37}\right)$
Tropical moist deciduous forest	$H = 1.3 + \exp\left(3 + 0.02 \times H_0 + \frac{-52.68}{DBH + 23.83}\right)$
Tropical mountain system	$H = 1.3 + \exp\left(3 + 0.02 \times H_0 + \frac{-33.48}{DBH + 9.17}\right)$
Tropical rain forest	$H = 1.3 + \exp\left(3 + 0.02 \times H_0 + \frac{-42.53}{DBH + 17.23}\right)$

Conclusions

The models here developed intend to increase robustness by increasing previous tree sample sizes four-fold through well-selected proportional probability existing national forest inventories. However the data still potentially present higher measurement errors due to the non-destructive nature of the data collection. The presence of the dominant height as a covariate in the model is a natural step aiming to provide a measure of competition for light, while the effect of the biome intends to provide improved fits according to climatic conditions ((Feldpausch *et al.*, 2011). Future steps should involve increasing the number of countries represented and the discriminating power to select a best potential model, as well as accounting for the different errors to establish a comparative framework between H-DBH models based on destructive data versus national forest inventories.

d) Inteligencia artificial: Alternativa para estimación de biomasa y carbono en bosques

Carlos Roberto Sanquetta. UFPR Universidad Federal de Parana. Centro BIOFIX de Investigación en Biomasa y Carbono. Av. Lothário Meissner, 900 – Jardim Botânico, Curitiba-PR 80.210-170; Brasil. sanquetta@ufpr.br

Antecedentes

Este trabajo tiene como objetivo presentar el potencial de la Inteligencia Artificial (IA) en la cuantificación de biomasa y carbono en árboles y bosques. Se presentan las posibles aplicaciones de IA como una herramienta complementaria o alternativa a las ecuaciones alométricas. Dos casos estudiados ilustran la aplicación de IA en la cuantificación individual de biomasa en plantaciones de restauración con especies nativas y en reforestación comercial homogénea de acacia negra en Brasil.

Metodología

- Estudio de caso 1

En este estudio se utilizaron los datos de biomasa seca (por arriba y debajo del suelo) recogidos de 180 árboles de 79 especies de una plantación mixta, con edades que varían entre los 2-6 años, con fines de restauración ambiental en el Estado de Río de Janeiro, Brasil.

La técnica de IA conocida como Minería de Datos (DM) (Sanquetta *et al.*, 2013) fue comparada con el modelo de regresión Schumacher-Hall. Se usó el procedimiento llamado Clasificador Basado en Instancia, donde se utilizan vecinos más cercanos de un punto (datos biométricos de la planta) para estimar la biomasa de un determinado árbol, a partir de la nube de puntos observada. Cuatro variantes fueron probadas: distancia euclidiana, distancia euclidiana cuadrática, distancia Manhattan y distancia Chebyshev. Se evaluaron las variaciones con 1, 3 y 5 vecinos más cercanos teniendo en cuenta la ponderación de la distancia y combinaciones de las siguientes variables: dap, altura total (ht), diámetro de copa (dm), densidad aparente (da) y la densidad básica de la madera (db). Opciones de un mayor o menor conjunto de datos fueron también evaluadas.

Los modelos fueron evaluados por los siguientes estadígrafos: Coeficiente de determinación ajustado (R^2_{aj}), Estándar de error de estimación (Syx), AIC (criterio de información de Akaike), BIC (criterio de información Bayesiano) y el análisis gráfico de residuos.

- Estudio de caso 2

En este estudio fueron utilizados datos de biomasa aérea seca recogidos en 545 árboles con edades de 1-10 años resultantes de plantaciones comerciales homogéneas de acacia negra (*Acacia mearnsii* de Wild) en el estado de Rio Grande do Sul, Brasil.

Tres ecuaciones de regresión reconocidas (Schumacher-Hall, Spurr, Hush y Kopezky-Gehrhardt) fueron testadas y tres técnicas de aprendizaje de máquina (IA) fueron comparadas: Multilayer Perceptron (MLP), Support Vector Machine (SVM) y Random Forest (RF). Las estimaciones generadas por los seis modelos se compararon estadísticamente por el R^2_{aj} , Syx, AIC y el análisis gráfico de residuos.

Resultados y discusión

- Estudio de caso 1

Los mejores resultados para este caso estudiado se obtuvieron con el uso de la gama completa de datos y el conjunto completo de variables independientes. La mejor opción fue aquella con cinco vecinos más cercanos y la adopción de la distancia Chebychev. La ponderación de la inversa de la distancia resultó en mejor estimación (Figura 8). Los mejores modelos de DM fueron superiores al modelo de Schumacher-Hall ($R^2_{aj.}=0,81$; $Syx=10,45$; $AIC=847,83$; $BIC=1.792,14$).

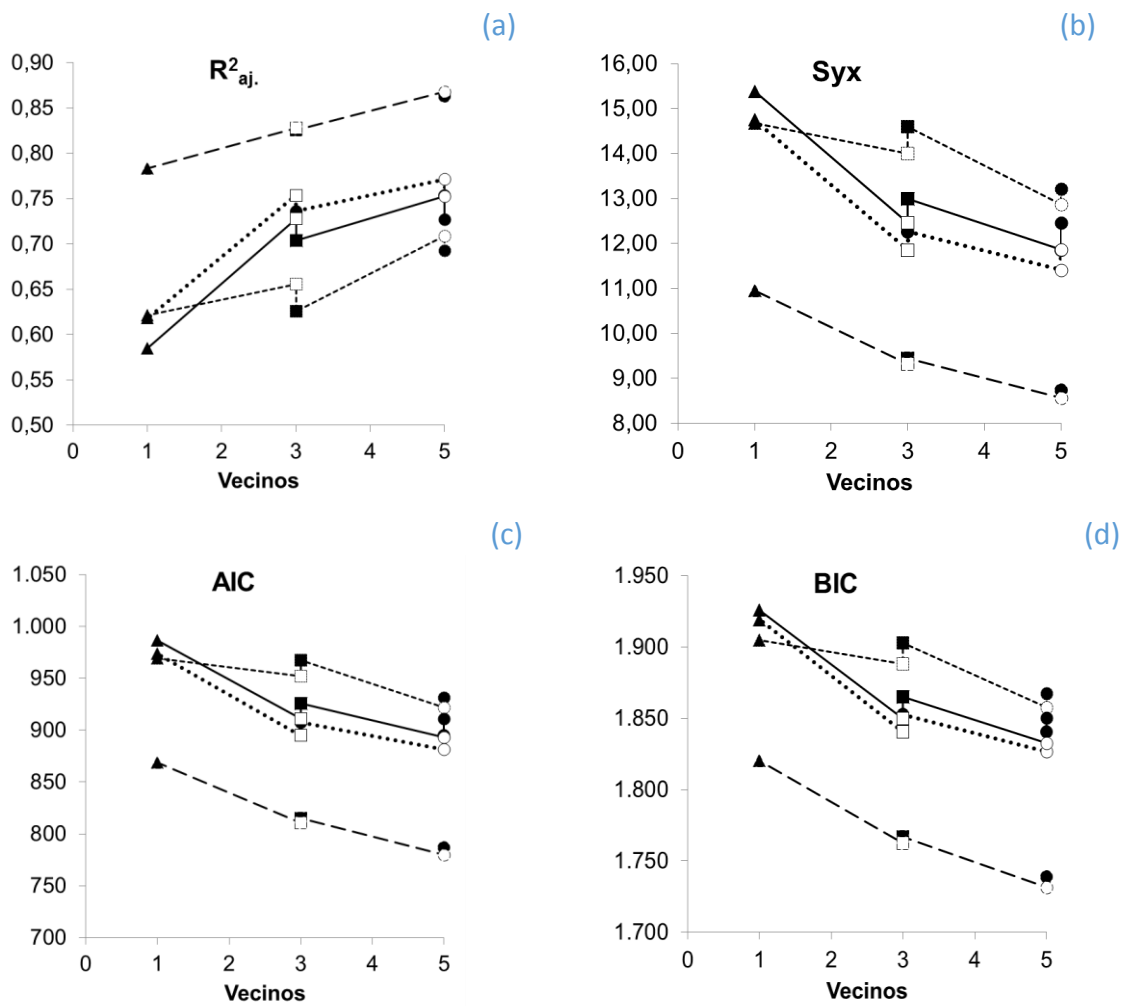


Figura 8. Estadígrafos de ajuste de modelos DM para 180 datos de biomasa individual de árboles en plantación de restauración en el Estado de Río de Janeiro, Brasil. (▲: 1 vecino; ■: 3 vecinos 1/d; □: 3 vecinos 1/d²; ●: 5 vecinos 1/d; ○: 5 vecinos 1/d²; — — —: todas las variables; :dap, ht, da, db; ——— : dap, ht; - - - - - : dap).

- Estudio de caso 2

El modelo de la variable combinada (Spurr) fue el de mejor ajuste a los datos del estudio de este caso, con valores de $R^2_{ay.}=0,97$; $Syx=9,17$; $Syx\%=19,50\%$ y $AIC=2.419,84$. Los tres modelos ML mostraron comparativamente mejores resultados que los alométricos, en particular RF fue superior, con valores de $R^2_{ay.}=0,97$; $Syx=4,81$; $Syx\%=10,23\%$ y $AIC=1.713,02$. El análisis residual reveló una distribución uniforme y sin sesgo, tanto para las estimaciones hechas con RF como para el modelo de regresión de Spurr. Sin embargo la magnitud absoluta de los residuos fue significativamente menor en el primer caso (Figura 9).

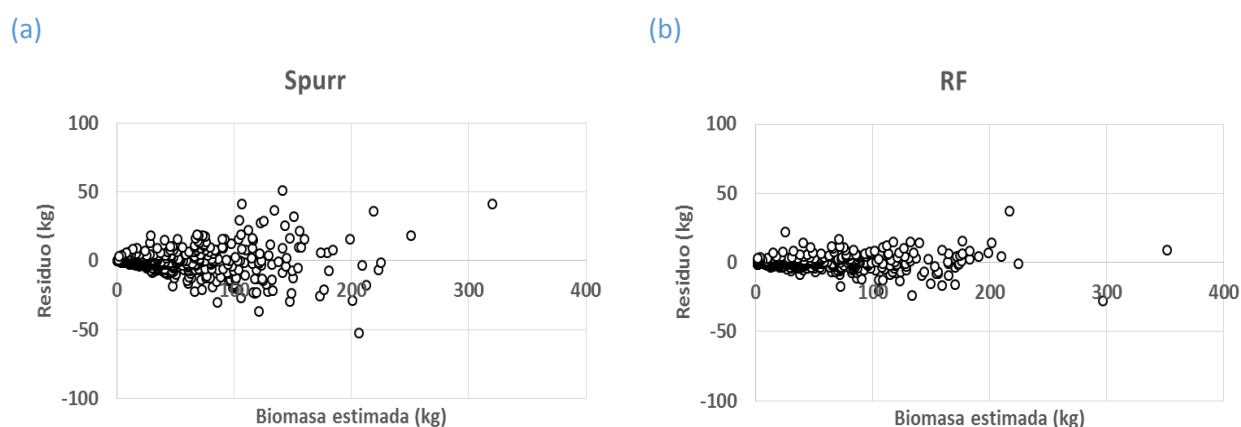


Figura 9. Análisis gráfico de los residuos de modelos para 545 datos de biomasa aérea individual de árboles en reforestación comercial de acacia negra en Estado de Río Grande do Sul, Brasil: (a) modelo de regresión de Spurr; (b) IA - Random Forest

Conclusiones y recomendaciones

- Las estimaciones de biomasa (y carbono) hechas con uso de IA son comparables o superiores a aquellas obtenidas por modelos de regresión;
- Existen variadas técnicas de IA, cada cual con sus características y posibilidades de uso en estimativa de biomasa y carbono en bosques. Sin embargo esas técnicas no han sido exploradas en los Inventarios Forestales;
- Se recomienda introducir el uso de dichas técnicas en los Inventarios Nacionales Forestales.

Agradecimientos

El autor agradece a los organizadores del taller “Taller Técnico Regional - Cerrando la Brecha: El Uso de Ecuaciones Alométricas en los Inventarios Forestales en América Central y del Sur”, a la compañía petrolera PETROBRAS y la empresa de taninos y reforestación TANAGRO por permitir el acceso a sus propiedades para recoger los datos empleados en este estudio.

e) Reducing biases through wood density data

Laurent Saint-André¹, Matieu Henry², Gael Sola²

1. NRA, Biogéochimie des Ecosystèmes Forestiers, F-54280 Champenoux, France / CIRAD, UMR Eco&Sols, F-34060 Montpellier, France; standre@cirad.fr
2. FAO, Departamento Forestal, Programa ONU-REDD; Viale delle terme di Caracalla 1, 00153; Roma, Italia. matieu.henry@fao.org; gael.sola@fao.org;

Overview

In its most basic form, wood density (WD, in kg/m³) is used to convert tree volume (in m³) to its biomass (in kg). Wood density is fundamental when assessing tree biomass, as a quantitative indicator of species in multi-species models (Picard et al., 2012) (Henry et al., 2010). It has been found to be the second most important predictor of biomass after tree DBH (Chave et al., 2005) (Sola et al., 2014).

Care must be taken when using WD in calculations as it related to the mass and volume of a piece of wood at a given moisture content. Also, it's important to distinguish between wood density (mass/volume at a given moisture content) and wood basic density (dry mass/green volume), as differences can be high.

There are several sources of basic wood density information available. The most basic data are available as part of the IPCC Good Practice Guidelines⁴. Additional wood density databases are available from Zanne et al (2009), Chave et al (2009), via de Dryad Digital Repository⁵, and Ketterings et al (2001), as well as the ICRAF wood density database⁶. The aforementioned caution must be observed as they have different measurement methods and should not be mixed.

Variation of wood density from trees to regions.

Wood basic density varies from the pith to the bark and with tree height. A complete WD core should be taken from pith to bark, and never partially as to avoid bias. It's important to report the height at which WD is measured. In addition, WD can vary with tree age, at a non-uniform rate. Also, care should be had when using WD values from global datasets, as using those global values instead of local ones can induce bias. It is preferable to have local, species-level, values of WD. In some ecosystems, basic WD can indirectly influence patterns of forest biomass, as certain species may group differentially at the landscape level (e.g. on deep, nutrient rich soils vs. deep, poor soils in the Amazon).

Practical applications

Species-specific WD values allow for the calculation of biomass from species-specific forest inventory data. IPCC 2006 good practice guidelines suggest the use of BEF and WD to expand merchantable volume to total aboveground biomass volume to account for non-merchantable components.

⁴ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

⁵ <http://datadryad.org/handle/10255/dryad.235>

⁶ <http://db.worldagroforestry.org/wd>

Calculations differ depending on the data Tier being used. Tier 1 users who do not have measurements of WD at the desired sub-strata level can estimate WD by estimating the proportion of total forest biomass contributed by the 2-3 dominant species and using species-specific WD values to calculate a weighted average WD value. Under Tier 2, species-specific WD values allow for the calculation of biomass from species-specific forest inventory data. Implementation of Tier 3 may differ from one country to another, due to differences in inventory methods, conditions, etc. Transparent documentation of the validity and completeness of the data, assumptions, equations and models used is therefore a critical issue at Tier 3. As mentioned before, care should be taken not to mix database sources. The suggested good practice is to choose the database that contains the most tree species of the forest under study.

Good practices for wood density studies

It is recommended to sample along the tree bole, at least at breastheight, before the first fork, and one big branch, one small branch, to ensure good representation of wood from throughout the tree. Samples should be taken from bark to pith along the bole, and 1-2 samples per branch.

Although core sampling is most commonly done, disk sampling is best as it integrates all the radial variability of a sample at a given height. When core sampling, remember that you need enough material (cores > 1.5 cm) to make reliable WD measurements. Shorter cores (i.e. 0.8 mm) are viable but require adequate lab to prepare the samples and to get WD by X-Ray techniques.

WD measurement techniques vary from very sophisticated and costly (i.e. medical CAT scanning, vibrational spectroscopy, Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopic bands, Diffuse Reflectance Mid-Infrared Fourier transform, Stereometric method, Mercury method, and Microdensitometer X-ray techniques) to simple ones (basic density for freshly collected samples or mass/volumen at a fixed moisture content). The most basic setup for measuring WD uses the water displacement method over an electronic balance.

8. Session 6: Identification of future steps to support national forest biomass assessment (capacity building, data accessibility, etc.)

a) Updated status of the activities of FAO under the UN-REDD Programme

Matieu Henry. Forestry Officer, FAO, Headquarters, Rome. matieu.henry@fao.org

The UN-REDD Programme is the United Nations Collaborative Initiative on Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation (REDD+) in developing countries. The Programme was launched in 2008 and builds on the convening role and technical expertise of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the United Nations Development Programme (UNDP) and the United Nations Environment Programme (UNEP). The UN-REDD Programme supports nationally led REDD+ processes and promotes the informed and meaningful involvement of all stakeholders, including indigenous peoples and other forest-dependent communities, in national and international REDD+ implementation.

The Programme supports national REDD+ readiness efforts in partner countries, spanning Africa, Asia-Pacific and Latin America, in two ways: (i) direct support to the design and implementation of UN-REDD Programme National Programmes; and (ii) complementary Support to National REDD+ Action through common approaches, analyses, methodologies, tools, data and best practices developed through the UN-REDD Programme's Global Programme.

The Programme supports national REDD+ readiness efforts in 56 partner countries, spanning Africa, Asia-Pacific and Latin America, in two ways: (i) direct support to the design and implementation of UN-REDD National Programmes; and (ii) complementary support to national REDD+ action through common approaches, analyses, methodologies, tools, data and best practices developed through the UN-REDD Global Programme. By June 2014, total funding for these two streams of support to countries totaled US\$195.7 million. For an overview of current funds and budget allocations, consult the Programme's Multi-Partner Trust Fund Gateway.

For more information about the UN-REDD programme, please visit: <http://www.unredd.net>

b) U.S. SilvaCarbon program update

Craig A Wayson. SilvaCarbon, Latin American Regional SilvaCarbon Coordinator. Calle Antequera 777 – Piso 13, San Isidro – Lima 27, Peru. cwayson.silvacarbon@gmail.com

Introduction

Recent years have seen rapid advancement of science and methodologies to help countries monitor their forest and terrestrial carbon. This includes impressive improvements in satellite data availability and quality, along with improved ground, or in situ, measurements, enhanced modeling capabilities, and increased knowledge through research. Ongoing research and international collaboration is particularly critical now for comparing methodologies and identifying good practices and approaches relevant to a variety of country circumstances. With this in mind, United States federal agencies have joined together to create the SilvaCarbon program to enhance capacity in the tropics for monitoring forest and terrestrial carbon so that countries can better manage it. SilvaCarbon will draw on the expertise of the U.S. scientific and technical community including experts from government, academia, non-governmental organizations, and industry. Working with developing countries and other partners, SilvaCarbon will enhance capacity by identifying, testing, and disseminating good practices and cost-effective, accurate technologies for monitoring carbon. SilvaCarbon is a flagship program under United States fast start financing for REDD+ and is a U.S. contribution to the Forest Carbon Tracking task of the intergovernmental Group on Earth Observations (GEO). SilvaCarbon will address technical issues including:

- Sampling protocols and design
- Data capture, processing, archiving, and distribution
- Collection and analysis of in situ data, including involvement of local communities and stakeholders
- Integration of remotely sensed and in situ data
- Classification and mapping of forest cover
- Carbon stock and flow estimation
- Design of monitoring systems for multiple uses
- Land use analysis and planning

Working cooperatively, U.S. federal agencies will draw on their respective strengths to implement SilvaCarbon. Agencies currently involved include: U.S. Agency for International Development (USAID), the U.S. Forest Service within the Department of Agriculture (USFS), the U.S. Geological Survey of the Department of Interior (USGS), the U.S. Environmental Protection Agency (EPA), the U.S. Department of State, the National Aeronautics and Space Administration (NASA), and the Smithsonian Institution. SilvaCarbon will be closely coordinated with international organizations and other governments that are also engaged in the GEO Forest Carbon Tracking task, or in related forest and terrestrial carbon activities.

Updated Activity list for 2015 and 2016

Central America - Proposed

1. Regional Capacity-Building Workshops on:
 - a) Forest Inventory (planning and application)
 - b) Field data and remotely sensed data integration (sampling design and modeling)
 - c) Carbon measurements (field data collection and use of equations for carbon estimations)
 - d) Community Based Forest/Carbon Monitoring
 - e) Accuracy Assessment

Andean-Amazon Proposed

1. UMD Support to Colombia--Developing of land cover change indicators, biomass change map estimators, and generation of new metrics for mountain fens and savannas
2. Technical assistance at the policy level to define reference levels
3. GFOI workshops
 - a) Data accuracy linked to reporting
 - b) Radar an optical data time series system for forest change
 - c) Information Management

Andean-Amazon Continuing

1. Forest inventory design and data analysis
2. Mapping of 6 IPCC classes prototyping
3. Intensive carbon monitoring sites will be installed and various trainings on eddy-covariance will take place

Global – New research funded

1. Measuring forest degradation for REDD+: a synthesis study across five SilvaCarbon countries
2. Biomass in degraded forests in Peru and Brazil: Evaluation using airborne LiDAR remote sensing
3. A prototype MRV system for a sub-region in Colombia compliant with IPCC Approach 3 for securing activity data
4. Addressing Carbon Emissions and Removals from Selective Logging In Support of MRV System Capabilities in Gabon
5. Integration of Remote Sensing Data with Ground Plot Information for MRV
6. Integrating earth observation and forest inventory data in quantifying biomass in degraded forests of the Republic of Congo

c) CATIE work update in Central America and the role of the Regional Climate Change Program (RCCP) in compiling allometric equations for Central America and the Dominican Republic

Miguel Cifuentes-Jara. CATIE, Turrialba, Costa Rica. mcifuentes@catie.ac.cr

Background

CATIE was tasked by FAO with documenting allometric equations from 20 countries in Latin America (only Mexico and the Caribbean were excluded). Compiled equations included all those referring to volume, biomass or carbon of trees, shrubs, lianas, palms, and whole forests, and were input into the Globalometree database. Two goals were set for this work: to identify knowledge gaps and to provide recommendations to improve reporting of allometric equations.

The compilation revealed severe and widespread problems with reporting of allometric equations according to IPCC “Good Practices” (i.e. allometric equation reports are not complete, documented, transparent, etc.). We found dry and montane forests, as well as mangroves have limited equations available. Countries such as El Salvador, Ecuador, Paraguay lack equations (as of 2014). In addition, we found considerable challenges in obtaining published allometric equations because they are frequently stored only in print and/or published in grey literature.

Allometric equations in Central America and the Dominican Republic (CARD)

The RCCP is expanding CATIE’s previous work for FAO and compiling all available documents related to allometric equations in the CARD region. This will allow CATIE to contribute a considerable amount of additional information to the Globalometree data platform.

The ORTON library was tasked with searching its original collections to locate useful documents. The library’s collection of original works date several decades and some documents are only available in print. Through the RCCP support, those documents will be digitized and made available through the library’s portal. In addition, the library is working with its partners in the region to compile additional related documents, as well as updating CATIE’s previous work. An on-line bibliography search portal and a software tool will be made available to CARD governments and forest monitoring units later in 2015 based on this work.

9. Group Discussions

a) Discusiones, día 1

Necesidades y vacíos relacionados a la aplicabilidad de la ecuación existente

1. *¿Podrían proporcionar una visión general de los vacíos y necesidades en el uso de la ecuación para estimar la biomasa forestal local y nacional?*

A nivel de países

- Falta de información y de entidades que administren y tengan la responsabilidad de centralizar
- Muchos países no tienen programa de acciones específicas para ecuaciones alométricas
- Restricciones para muestreos destructivos, particularmente en ANP

A nivel técnico

- Vacíos en metodologías de cálculo para sotobosques y para raíces (biomasa subterránea)
- Vacíos en ecuaciones para calcular valores de densidad de madera
- Vacíos de información de sitio (altitud, ubicación geográfica, especie, tipo de suelo)
- Vacíos en información de sistemas de manejo.

Recomendaciones

- Centralizar todas las bases de datos a nivel mundial.
- Incluir red mundial de expertos (Globalometree?)
- Guías para uso ecuaciones

2. *¿Cuáles son los criterios que influyen en la aplicabilidad del desarrollo de la ecuación (estratificación consistente, definición, etc.)?*

Criterios ecológicos

- Tipos forestales
- Estratificación de los bosques
- Estructura (ecuación para una o varias especies)

Criterios Biométricos

- Altura
- Intervalo de las clases diamétricas
- No. Árboles
- Identificación taxonómica

Criterios de recolección de información

- Tipo de instrumentos para la medición de campo
- Consideración de la capacidad técnica y uso de equipo

Criterios de análisis de información

- Variable de entrada
- Precisión
- Estadísticos

3. ¿Han identificado errores o ecuaciones equivocadas en Globalloometree? ¿Pueden proponer reglas para el control de calidad de ecuaciones para árboles, densidad de la madera y BEF?

Los participantes sin experiencia en uso del software, recomendaron considerar como regla el método y ajuste de las ecuaciones para garantizar calidad de la información a la hora de reportar. Los participantes con experiencia en el uso del software manifestaron que:

- Existen errores
- No todas las ecuaciones tienen información sobre Error (intervalo confianza).
- Se recomienda reportar si posee correcciones por transformaciones
- Se precisa información sobre número de muestras y homocedasticidad (se hizo análisis de residuos?)

4. ¿Cómo puede Globalloometree volverse útil para iniciar la base de datos nacional de AE?

- Ayudando a ajustar los inventarios nacionales en la medida que se adapta a las necesidades del país
- Permitiendo que el autor introduzca o verifique los datos
- Minimizando el error en la entrada de datos en la base de datos
- Constituyéndose en respaldo científico para proporcionar transparencia

Además surgió la recomendación de publicitar Globalloometree como software libre.

Popularidad -> Interacción usuarios -> mejoras más rápidas (estilo Open Source software)

También se consultó si es posible a nivel de REDD+ hacer más vinculante la creación de bases AE nacionales.

Necesidades y vacíos relacionados a la accesibilidad de los datos

1. ¿Cuáles datos son accesibles? ¿Para quién? Y ¿Cuáles son las barreras que limitan la accesibilidad a los datos?

- Son accesibles los datos básicos que originan la ecuación
- Existen restricciones de acceso de acuerdo al nivel de detalle, al marco legal y por causa de barreras culturales (como nivel académico, acuerdos de coautoría, etc.)

Se necesita superar las barreras de:

- La falta del desarrollo de una política con el objetivo de obtener un intercambio de información interinstitucional y con sectores privados y civiles del país, la cual permita crear, hacer disponible y mantener la base de datos
- La falta de requerimientos para procesamiento de datos recolectados en campo (recursos humano, infraestructura)
- La necesidad de priorización de datos que vaya acorde con las circunstancias nacionales

2. *¿Pueden sugerir algunas mejoras en término de accesibilidad de datos (ecuaciones, datos brutos y expansión de factores de biomasa, desarrollo de base de datos)?*

- Acuerdo de manejo de información, sobre los datos para la elaboración de inventarios.
- Compartir información de países que han trabajado con acuerdos de manejo de información en los inventarios que ya se han desarrollado (academia, investigadores, Estado).

3. *¿Podrían verificar el acuerdo de intercambio de datos propuesto y proponer recomendaciones para el intercambio de datos entre expertos?*

- Es importante definir las zonas grises.
- Especificar para cada proveedor el tipo de datos.

b) Discusiones, día 2

1. *¿Existen unos métodos mejores que otros? ¿Cómo pueden éstos integrarse para eliminar la sub o sobre-estimación?*

No, las opciones no son excluyentes, lo que se encuentra a nivel de países es una combinación de opciones. Entonces se requiere ajustar el árbol de decisión para las combinaciones de situaciones.

2. *¿Por qué las estimaciones a nivel local y nacional son diferentes? ¿Cuáles son las fuentes de error que son consideradas a nivel local y nacional?*

Las estimaciones a estas dos escalas son diferentes porque presentan diferencias en las metodologías, el nivel de detalle, el esfuerzo, los esquemas de muestreo y los objetivos. Otro factor influyente son las diferencias en las definiciones (claridad y consistencia en algunas definiciones, como la de bosque, a nivel local y nacional, y entre proyectos diferentes)

A nivel local se pueden medir más variables que a nivel nacional y no se obtendrán los mismos valores en las diferentes escalas de medición. Las estimaciones a nivel local son para operación forestal y las que se hacen a nivel nacional para las estrategias nacionales.

La escala en un reporte nacional es más gruesa, así como la estratificación.

- Fuentes de errores a escala local:
 - Errores de medición.
 - Falta de modelos locales para área y estratificación
 - Concentración de muestras en áreas específicas

- Fuentes de error nacional:
 - Diseño de muestreo, mala asignación de Ae.
 - Escasa información de las áreas según uso de suelo.
 - Variabilidad intra y entre parcelas
 - cambios de distribuciones al agregar datos en el reporte nacional

3. *¿Es necesaria la consistencia entre estimaciones? En caso afirmativo, ¿Qué podría proponer para mejorar la consistencia entre estimaciones?*

Sí, siempre y cuando el INF esté en marcha. Deben estar en una estructura anidada de estimación. Esto se logra con una metodología nacional de escalamiento de la información. El INF debe ser flexible para permitir que las iniciativas locales mejoren o requieran cambios en forma de parcelas, intensidades o esquemas de muestreo.

Se puede mejorar la consistencia de las estimaciones:

- Incluyendo el método bayesiano como una opción independiente
- Haciendo un árbol híbrido entre los presentado en las ponencias *“Proposing a decision tree to reduce model error in national biomass and volume assessments”* y *“Estimating changes in stocks in national forest inventories”*
- Incluyendo en el árbol de decisiones si la ecuación ha pasado QA/QC y los parámetros y/o estadígrafos para hacerlo (la mayoría usa R^2)

- Incluyendo una sección en la que se pueda tratar la multicolinealidad de las variables explicativas.
- Usando también algunos análisis multivariantes e inteligencia artificial para la estratificación (Carlos Sanqueta)

Los criterios conductores para mejorar la consistencia de los datos deben ser:

- Especificar más que recursos (institucionales, capacitación)
- Calidad de los datos del inventario
- Asegurar estratificación correcta
- Construir ecuaciones están relacionados con capacidades técnicas, logísticas y financieras
- Construir capacidades locales y vincular la academia
- Trabajar en la construcción de EA a nivel de Bioma (eco-región) ... en cooperación multinacional (políticas para compartir datos, tecnologías, ecuaciones , entre otros)
- Fiabilidad de las ecuaciones en la base de datos

Mecanismos de cálculo

1. ¿Podrían mencionar los pros y contras de cada opción en su respectivo país? ¿Están los datos disponibles para llevar a cabo cada opción en su país? ¿Podrían recomendar el mejoramiento de las estimaciones de biomasa forestal usando una o todas las opciones? ¿Podrían citar ejemplos concretos de productos de transferencia de conocimiento?

Los siguientes análisis se hacen suponiendo que:

- Existe un inventario forestal nacional en todos los países.
- Los contextos nacionales son diferentes.
- Es necesaria al menos la estratificación del bosque (natural y plantado)

Heterogeneous forest in countries with no AEC:

Country	AE availability	AE in neighboring countries	Recommendation
A e.g. Guyana	NA	Yes	S1: Comparison between C.2014 and existing equations, S2: if resources are available to collect data and test models, S3: to access raw data from neighboring countries, S4. if no raw data, data simulation, S5. BMA
B e.g. Maldives	NA	NA	S1. use C.2014, S2 to collect data and test models, S3: to access raw data from neighboring countries

Forest plantation in countries with no AE:

Country	AE availability	AE in neighboring countries	Recommendation
A	NA	Yes	S1: QC, S2. if more than one eq. >> BMA

Heterogeneous forest Countries with AE:

Country	AE	Raw data	AE in neighboring countries	Recommendation
A e.g. Belize	Yes, but for few tree species	Few (n=15)	Yes	S1. Compare available eq. with C.2014, S2. Data sharing, S3. if not pseudo data, S4. BMA
AE e.g. Mexico	AE for all situations	Very limited	Yes	S1. QC, S2. if no raw data, simulation of data, S3. BMA, S4. if resource available-> to think about
AE e.g. France	AE for all situations	Access	Yes	Apply the equation (one equation per species)

Pure forest (plantation, natural regeneration) with AE:

Country	AE	Raw data	AE in neighboring countries	Recommendation
A	All	All	Yes	Apply available equation
B	Few	NA	Yes	S1. Compare av. Equation, S2. if more than one equation, simulate pseudo data S3. BMA

Marco institucional para la valoración de la biomasa forestal

¿Pueden proporcionar los siguientes detalles para sus respectivos países? ¿Cuáles son las entidades, personas que pueden involucrarse en el desarrollo de este tipo de productos?

	Países					
	Argentina		Colombia		EEUU	
	Institución	Contacto	Institución	Contacto	Institución	Contacto
Land area estimate	Dirección de Bosques Nacional - SAYDS y provincias	Celina Montenegro umsef@ambiente.gob.ar	IDEAM	Sara Lux Valbueno	USGS	
NFI Data Collection	Dirección de Bosques Nacional - SAYDS	Egon Ivan Rost irost@ambiente.gob.ar	IDEAM: Subdireccion de ecosistemas - Grupo de Bosques	Sara Lux Valbueno	FIA - USFS	
Data archiving	Dirección de Bosques Nacional - SAYDS	Celina Montenegro umsef@ambiente.gob.ar	IDEAM		FIA - USFS	
Data Analysis	Dirección de Bosques Nacional - SAYDS	Enrique Wabo ewabo@ambiente.gob.ar	IDEAM: Subdireccion de ecosistemas- Grupo de Bosques	Sara Lux Valbueno	FIA - USFS	
AE development	Universidades y Centros de Investigación Forestal Regionales		Academia, grupos de investigación		FIA - USFS	Jim Westfall
Herbarium	Universidades y Centros de Investigación Forestal Regionales		Universidades, SINCHI, jardines botánicos		Universidades	
Preparation of National Report	Dirección de Bosques Nacional - SAYDS	Enrique Wabo ewabo@ambiente.gob.ar	SMBYC - IDEAM		EPA y FIA	
Quality Control	Dirección de Bosques Nacional - SAYDS	Enrique Wabo ewabo@ambiente.gob.ar	IDEAM - DANE		EPA y FIA	
Capacity Building Forest Inventory	Universidades y Centros de Investigación Forestal Regionales		IDEAM y CONIF+ Universidades		FIA y Universidades	

Capacity Building Forest Statistics	Centros de Investigación		DANE + Universidades		Universidades	
-------------------------------------	--------------------------	--	----------------------	--	---------------	--

	Países			
	Perú		Panamá	
	Institución	Contacto	Institución	Contacto
Land area estimate	PNCBMCC - MINAM	Gustavo Suarez de Freitas gsuarezdefreitas@minam.gob.pe	Catastro - Anati	
NFI Data Collection	SERFOR: Inventario Nacional Forestal	Fabiola Muñoz	ANAM	Ingeniero Carlos Melgarejo
Data archiving	SINIA - MINAM	Sonia Gonzales	ANAM - AGICH	Joaris Aparicio
Data Analysis	SERFOR: Inventario Nacional Forestal	Fabiola Muñoz	ANAM	Ingeniero Carlos Melgarejo
AE development	None - Academia, Universidades		Universidades Nacionales y ANAM-REDD	
Herbarium	Jardín Botánico de Missouri, Universidades		Universidades	
Preparation of National Report	SERFOR: Inventario Nacional Forestal + DGCCDRH - MINAM	Fabiola Muñoz + Eduardo Durand	DEMAFOR	Dalia Vargas
Quality Control	SEFOR: Inventario Nacional Forestal	Fabiola Muñoz	DEMAFOR	Dalia Vargas
Capacity Building Forest Inventory	SEFOR: Inventario Nacional Forestal + PNCBMCC-MINAM + Universidades	Fabiola Muñoz + Gustavo Suarez de Freitas	CEDESAN	Ing. Bolivar Jaen
Capacity Building Forest Statistics	Universidades		CEDESAN	Ing. Bolivar Jaen

2. Tanto los recursos disponibles de los países como la disponibilidad de los datos han sido identificados como impulsores de las opciones. Identificar otros elementos en juego

- Capacidad técnica para el desarrollo y uso adecuado de los modelos
- Recursos tecnológicos.

Tomando en cuenta las anteriores mesas/instituciones y tareas:

1. ¿Están estas diferentes instituciones trabajando juntas y cómo?

Sí están trabajando juntas, aunque existen aún muchos desafíos entre sectores y niveles de gobierno. El trabajo lo llevan a cabo mediante firma de acuerdos y convenios. Para la fase de levantamiento de información de campo se desarrollan consultorías.

La coordinación/comunicación entre los sectores y los centros de investigación / academia es informal, no existen acuerdos o convenios vinculantes de trabajo conjunto.

En el caso de EEUU, si bien no existe un convenio formal, muchas de las oficinas de la FIA se encuentran en Universidades así que el vínculo es sólido

2. ¿Cuáles son las necesidades y los vacíos institucionales más comunes relacionados a la implementación plena del inventario forestal nacional?

Deficiencias

- Debilidad en la base legal que ayude a la internalización a nivel las instituciones, lo cual permitiría asignar recursos económicos que garanticen la continuidad de los trabajos.
- Debilidad institucional
- Faltan recursos humanos debidamente capacitados
- Escasa infraestructura tecnológica para el procesamiento y almacenamiento de datos
- Escasa coordinación interinstitucional entre las agencias del Estado vinculadas al tema de los recursos forestales
- Escasa socialización de los resultados/datos a diversos públicos

Necesidades

- Potenciar los estudios realizados llevándolos al lenguaje y entendimiento de los tomadores de decisiones.
- Dimensionar los beneficios y los bienes que proveen los bosques.
- Definir proceso de oficialización de datos y (para algunos países):
 - Existen desafíos institucionales o legales sobre responsabilidades
 - Financiamiento de recursos humanos, levantamiento en campo (ej: medición de todos los reservorios), investigación, etc.
 - Fortalecimiento de capacidades técnicas y personal disponible
 - Mayor esfuerzo para el análisis y control de calidad de los datos
 - Falta de gobernanza (cambios políticos que no reconocen procesos en camino)

3. ¿Cuál es el rol de la cooperación sur-sur en el reforzamiento de las capacidades nacionales? ¿Cómo podría usted diseñar un esquema para la colaboración sur-sur en NFI tomando en consideración los mandatos de las diferentes instituciones?

Han existido coordinaciones entre los países, intercambios de experiencias, redes de contacto, etc. pero no

[Type here]

se han materializado bajo un protocolo conjunto; por lo que la cooperación debería fortalecerse entre los países y fomentar el intercambio de información, experiencias lecciones aprendidas y capacitación. En cada país debería estar abierta la posibilidad de que las autoridades puedan solicitar información y colaboración; que pueda escalar desde el nivel técnico hasta el político. Que los trabajos sean coordinados a nivel de eco-región.

Para mejorar el esquema de cooperación:

- Debería darse la cooperación técnica: establecer espacios de coordinación en el marco de las iniciativas y organizaciones regionales existentes (SICA-CCAD, OTCA), para potencializar la cooperación SUR- SUR. Además de aprovechar foros regionales como la COFLAC, COFOCA.
- Se debería fomentar la creación de redes de expertos regionales en el tema de INF, identificando centros académicos de excelencia que puedan servir de catalizadores de información técnica, así como incentivar el intercambio de conocimiento con la participación de investigadores y tomadores de decisión.
- Se precisa el fortalecimiento de capacidades a través de pasantías o proyectos de investigación entre países y centros de investigación. Los centros de capacitación regionales deberían liderar los procesos de capacitación
- Son necesarias plataformas para intercambiar información, datos, metodologías, lideradas por organizaciones internacionales "neutrales"; y el desarrollo de temas relacionados INF, relaciones alométricas, entre otras, capaces de ser compartidos y replicados con ayuda de estas plataformas.

4. En el contexto de la colaboración sur-sur: ¿Qué podrían intercambiar las instituciones? ¿Cuáles son los productos esperados?

Las instituciones deberían intercambiar experiencias (y que éstas puedan influir en la toma de decisiones), datos, metodologías, capacidades, sinergias. El intercambio de técnicos especialistas ayudará a fortalecer el conocimiento, así como el intercambio de protocolos desarrollados y otras informaciones. En algunos casos es posible la cooperación financiera.

5. El uso de nuevas tecnologías está acrecentando la cantidad de datos, ¿cómo lidiar con la propiedad nacional de los procesos de análisis de datos?

Aunque depende mucho de la política de cada país, los datos que son generados por medio del Estado constituyen información pública a nivel nacional, sólo se solicita que se reconozca la autoría de la fuente. El derecho de autoría podría protegerse documentando el desarrollo de capacidades, técnicas y tecnologías y llevando a cabo iniciativas de publicación y oficialización de datos obtenidos.

6. ¿Cuáles serían sus recomendaciones para promover la investigación con el fin de mejorar las estimaciones forestales nacionales? ¿Cómo se facilitaría la interacción y el diálogo entre los expertos y los tomadores de decisión?

Para promover la investigación forestal:

- Creación de una base de datos regional con las investigaciones desarrolladas por los diferentes países en materia forestal.
- Fortalecimiento de las capacidades técnicas en cada uno de los países.
- Hacer acuerdos entre con las instituciones académicas para que asuman un rol más preponderante en procesamiento de datos.
- Creación de grupos técnicos científicos adjuntos o asesores de las autoridades o tomadores de decisiones.

- Definición de líneas estratégicas de investigación forestal aplicada a las necesidades nacionales, desde las perspectivas del gubernamental y privado-productivo. Establecer /fortalecer los vínculos entre los sectores de manera que la investigación responda las inquietudes de los políticos y los inversionistas.

Para facilitar la interacción entre técnicos y tomadores de decisión:

- Dar valor agregado a los resultados del INF para que los tomadores de decisiones comprendan los beneficios del INF
- Desarrollar análisis costo-beneficios sobre el INF

7. ¿Podrían proveer ejemplos de historias exitosas o financiamientos de esquemas de inventarios nacionales?

Financiamiento mixto, donde una parte de los fondos proviene del Estado, y la otra por parte de cooperación internacional para iniciar los compromisos de seguir realizando inventarios forestales, donde la ayuda de las cooperaciones disminuye continuamente.

Otro ejemplo es la cooperación técnica de las agencias internacionales, colaboración como capital semilla

Casos específicos:

- México y Chile
- Programa Regional REDD –CCAD/ GIZ
- Primer INF en Argentina ayudó a que se haga el Proyecto de Ley para la Posterior Ley de Bosques Nativos que tiene las bases de la segunda ronda del INF
- En el caso de Panamá se financia a través de fondos externos (FAO, USAID)

c) Discusiones, día 3

Acerca del taller

¿Cómo las reflexiones y discusiones del taller aportan para armonizar principios de uso de AE para cálculo de biomasa en NFI/monitoreo? ¿Aportes técnicos del PRCC/USAID?

El taller ha permitido:

- Dar cuenta de las debilidades, con lo que éstas se convierten en oportunidades.
- Comparación de resultados.
- Conocimiento de plataforma de GLOBALLOMETREE, tecnologías y herramientas.
- Desarrollar una síntesis del estado del arte de los países en el avance de EA
- Incentivar a cada país a comenzar a desarrollar y/o compartir información con otros. Intercambio de datos crudos, modelos y de metodologías.
- Intercambio de información (bibliografía publicada y/o gris)
- Identificar las instancias (programas, proyectos, otros) internacionales que están apoyando las iniciativas de generación y/o difusión de EA, el uso de éstas en los NFI/MRV.

Las reflexiones y discusiones del taller sientan las bases para:

- Trabajar un árbol de decisión común / Manual para poder ayudar en la decisión de EA. Una oportunidad de mejoramiento de sistematizar los inventarios mediante el uso de los árboles de decisión que se están desarrollando y darían un mejor presentación ante los cooperantes del país
- Trabajar en la construcción de protocolos “armonizados”/ “estandarizados”
- Fomentar y/o armonizar el desarrollo de EA a nivel de bioma
- Mejorar capacidades en el manejo de herramientas/plataformas/toma de datos/desarrollo de EA desde campo hasta análisis (Biofix – Universidad de Parana, tiene área disponible, laboratorio y disponibilidad de corte de árboles)
- Manejar un lenguaje común entre los países (definición, ecuaciones, base de datos) para poder ser comparables y mejorar la calidad de inventarios
- Oficializar procesos y sugerencias técnicas vía puntos focales en los países y compartir las experiencias científicas con los tomadores de decisiones, ayuda a institucionalizar el uso de las EA.
- Estratificación/distribución de esfuerzos de desarrollo de EAs y experiencias bajo principios comunes.

Algunas recomendaciones para armonizar los principios son:

- Asignar instituciones académicas que puedan liderar la coordinación en la región, acompañada por la FAO.
- Capacitación más formal a nivel de maestrías y doctorados en las diferentes universidades
- Tener puntos de contactos. Una mesa de trabajo interinstitucional. Que algunos países trabajen en ciertas regiones, y otros en otros tipos de bosques, para no duplicar esfuerzos.
- El intercambio de información, que permite crear productos afines, por lo que es válido impulsar estas iniciativas.
- Realizar un mapeo de actores para involucrar (financiadores, políticos y técnicos), y que se pueda socializar la información y los procesos.
- Identificar/fortalecer presencia regional de centros de excelencia para fortalecimiento de capacidades; distribución de temas.
- Que pueda existir una documentación básica con un formato armonizado, árboles de decisión comunes para la región, plataforma subregional (LAC) ligada a plataforma global,
- explorar tecnologías de automatización de procesos,

- promover permanencia de capacidades institucionales, que se pueda “traducir” manuales FAO para que esté en un lenguaje más operativo.

Colaboración científica

1. *¿Cómo podrían apoyar adecuadamente los esquemas actuales de colaboración para mejorar la estimación de biomasa y volumen en su país?*

- Desarrollando o mejorando la colaboración (intra e inter) entre las instituciones que se encuentran involucradas con las estimaciones de biomasa/carbono (Estado – cooperación – academia) y estableciendo convenio entre las mismas a través de una estrategia que permita la articulación de los temas de inventarios forestales (estudios de biomasa, cálculo de carbono, etc.).
- Identificando actores claves e instituciones para que la cooperación incluya a las entidades competentes que se encuentran encargadas del desarrollo de EA y de proveer información relacionada a Carbono.
- Mejorando competencias a nivel nacional y regional. Es necesaria la creación de un componente de revisión y mejoramiento del sistema de ecuaciones alométricas disponibles (Argentina).
- Facilitando el acceso a financiamiento dirigido a la producción/investigación científica
- Colaborando para que existan acuerdos vinculantes de reportes de GEI en el marco de la Convención para que los países también prioricen financiamiento
- Identificando las instituciones responsables que deben.
- Generando agendas de investigación que sean de interés para el gobierno, con énfasis en los sistemas nacionales de monitoreo forestal.
- Institucionalizando los análisis de generación de información de EA, NFI, MRV.

Mejorar el financiamiento para:

- Priorizar la tenencia de un plan para aprovechamiento eficiente de los recursos mediante la aplicación de criterios como especies predominantes, para el desarrollo de metodologías, estimaciones y bases de datos en los países (aplicabilidad y acceso).
- Estimaciones a nivel de individuo
 - Desarrollar capacidades para la elaboración de proyectos
 - Desarrollar estudios de costo/beneficio relacionados a las ganancias o pérdidas por mejores estimaciones
 - Fomentar la investigación mediante programas de becas nacionales e internacionales
 - Mantener la cooperación técnico/financiera externa y la inversión en entidades de investigación nacionales.
 - Emplear las plataformas existentes para mejorar el financiamiento.
 - Ejecutar un diagnóstico del estado actual del país en el conocimiento de especies. Sobre los problemas o vacíos encontrados se construye el proyecto de financiación-acción (opción: método matriz causa-efecto).
- Metodologías que mejoran el escalamiento a reportes nacionales
 - Estandarización entre niveles (nacional – subnacional – regional) a través de protocolos comunes
 - Identificar las iniciativas locales para involucrarlas en el proceso nacional
 - Aprender de las experiencias de otros países para optimizar los recursos y cooperar con los puntos antes expuestos, cómo distribuir el trabajo por eco-región.
 - Demostrar el impacto de la inconsistencia de datos en mediciones a nivel local con respecto a un nivel nacional.

- Considerar la integración de un mercado voluntario en el mercado de la convención (si las estimaciones son diferentes pueden ser un problema).
 - Desarrollar metodologías y capacitación a nivel nacional y local, involucrando los expertos nacionales.
- Desarrollo y compartimiento de nuevas bases de datos
 - Acuerdos de cooperación entre países e instituciones participantes del taller, aprovechando algunos de los previamente existentes
 - Implementación de procesos con Software libre
 - Cooperación en capacitación sobre estas herramientas.
 - Informar a los actores nacionales (empresas privadas y academia) sobre la necesidad de los datos.
 - Trabajar en conjunto con la base de datos universales ya montada.

Sesiones plenarias

1. Se abordaron los siguientes temas:

- ¿Existen obstáculos institucionales que estén confrontando un más rápido y más efectivo progreso de colaboración entre los países/regiones?
- ¿Es necesario incrementar los recursos para las estimaciones individuales y de especies o implementar metodologías para lidiar mejor con el incremento en las evaluaciones nacionales?
- ¿Qué pasos institucionales son necesarios para alcanzar estos objetivos?
- ¿Cómo aumentar de manera eficiente los recursos para desarrollar y compartir bases de datos?
- ¿Agregarían nuevas bases de datos (además de las actuales en Aes, por ejemplo, bases de datos sobre los métodos de estimación)?

2. Indicar o elaborar las acciones potenciales de mejora: por ejemplo, Manuales, Bases de datos, tutorial, Globalometree u otros

Se necesita un análisis costo-eficiencia que guie el desempeño de las actividades propuesta por la institución.

10. Literature cited

- Achard, F., Defries, R., Eva, H., Hansen, M., Mayaux, P. & Stibig, J.H. 2007. Pan-Tropical monitoring of deforestation. *Environmental Research Letters*, 2: 1-11.
- Aguirre, C., Birigazzi, L., Gamarra, J., Encalada, D., Toledo, M., Abad, M., Riofrío, J., Solano, D., Vega, C. & Cueva, K. Contrasting scaling exponents between tow ecuatorian ecosystems in biomass allometric equations (en prep.).
- Aguirre, Z. 2010. Especies forestales claves y cultivos objetivos para sistemas agroforestales en zonas áridas y semiáridas de Latinoamérica. Deliberable 23. Proyecto WAFLA. Loja, Ecuador. Disponible en: <http://www.wafla.com/183.o.html?AL=1>
- Álvarez, E., Duque, A., Saldarriaga, J.G., Cabrera, K., De las Salas, G., Del Valle, J.I., Moreno, F., Orrego, S.A. & Rodríguez, L. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management*, 267: 297-308.
- Alvarez, G. 2008. Modelos alométricos de la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del Trópico de Cochabamba, Bolivia (Tesis de Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - Escuela de Posgrado. Turrialba, Costa Rica.
- Baker, T.R., Phillips, O.L., Malhi, Y., Almeida, S., Arroyo, L., Di Fiore, A., Erwin, T., Killeen, T.J., Laurance, S.G., Laurance, W.F., Lewis, S.L., Lloyd, J., Monteagudo, A., Neill, D.A., Patino, N.S., Pitman, N.C.A., Silva, J.N.M. & Vasquez Martinez, R. 2004. Variation in wood density determines spatial patterns in Amazonian forest biomass. *Global Change Biology*, 10: 545-562
- Brown, S. 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: a Primer. FAO, Rome. 134.
- Chakravarty, S., Ghosh, S.K., Suresh, C.P., Dey, A.N. & Shukla, G. 2012. Deforestation: causes, effects and control strategies. In Okia, C.A. (ed) *Global Perspectives on Sustainable Forest Management*. InTech.
- Chave, J. 2005. Measuring wood density for tropical forest trees: a field manual for the CTFs sites. Wood density measurement protocol. pp. 7
- Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M.A., Chambers, J.Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.P., Nelson, B.W., Ogawa, H., Puig, H., Riéra, B. & Yamakura, T. 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145(1): 87-99. <http://dx.doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>
- Chave J., Condit R., Aguilar S., Hernandez A., Lao S. & Perez R. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 359: 409–420.
- Chave, J., Coomes, D.A., Jansen, S., Lewis, S.L., Swenson, N.G. & Zanne, A.E. 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Ecology Letters* 12(4): 351-366. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01285.x>
- Chave, J., Réjou-Méchain, M., Búrquez, A., Chidumayo, E., Colgan, M.S., Delitti, W.B.C., Duque, A., Eid, T., Fearnside, P.M., Goodman, R.C., Henry, M., Martínez-Yrizar, A., Mugasha, W.A., Muller-Landau, H.C., Mencuccini, M., Nelson, B.W., Ngomanda, A., Nogueira, E.M., Ortiz-Malavassi, E., Pélissier, R., Ploton, P., Ryan, C.M., Saldarriaga, J.G. & Vieilledent, G. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. *Global Change Biology*, 20(10): 3177-3190. <http://dx.doi.org/10.1111/gcb.12629>
- Chojnacky, D.C., Heath, L.S. & Jenkins, J.C. 2014. Updated generalized biomass equations for North American tree species. *Forestry*, 87: 129-151.

- Cifuentes-Jara, M. & Henry, M.** 2013. Regional Technical Workshop on tree volume and biomass allometric equations in South and Central America, May 21-24. UN-REDD Programme, GIZ, Silvacarbon. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Cifuentes Jara, M., Henry, M., Réjou-Méchain, M., López, O.R., Wayson, C., Michel Fuentes, J., Castellanos López, E., Zapata-Cuartas, M., Piotto, D., Dauber, E., Sanquetta, J.H., Duque, A., López, M., Bao, D., Ramirez, C., Casanoves, F., Castellanos, E., Perez, N., Suárez, D., Castillo, A., De Jong, B., Zermeño, C., Návar, J., Notman, E., Scott, C., Saint-André, L., Gunnar, L., Marklund, Fernandez, J. & Westfall, J.** 2015. Overcoming obstacles to sharing data on tree allometric equations. *Annals of Forest Science*, DOI 10.1007/s13595-015-0467-8
- Cifuentes Jara, M., Henry, M., Réjou-Méchain, M., Wayson, C., Zapata-Cuartas, M., Piotto, D., Alice Guier, F., Castañeda Lombis, H., Castellanos López, E., Cuenca Lara, R., Cueva Rojas, K, Del Águila Pasquel, J., Duque Montoya, Á., Fernández Vega, J., Jiménez Galo, A., López, O., Marklund, L., Michel Fuentes, J., Milla, F., Návar Chaidez, J., Ortiz Malavassi, E., Pérez, J., Ramírez Zea, C., Rangel García, L., Rubilar Pons, R., Saint-André, L., Sanquetta, C., Scott, C. & Westfall, J.** 2014. Guidelines for documenting and reporting tree allometric equations. *Annals of Forest Science*, DOI: 10.1007/s13595-014-0415-z
- Clark, D.A.** 2007. Detecting tropical forests responses to global climatic and atmospheric change: current challenges and a way forward. *Biotropica* 39(1): 4-19.
- Clément, J.** 1982. Estimation des volumes et de la productivité des formations mixtes forestières et graminéennes tropicales. *Revue Bois et Forêts des Tropiques*, 198: 35–58
- Cochran, W.G.** 1977. Sampling techniques. 3^a ed. Nueva York, USA. John Wiley & Sons, Inc.
- Czaplewski, R. & Thompson, M.** 1999. Opportunities to improve monitoring of temporal trends with FIA Panel Data. In McWilliams, W., Moisen, G. & Czaplewski, R. *Forest Inventory and Analysis (FIA) Symposium 2008*, pp. 33-55. Park City, UT, Fort Collins, CO, US Department of Agriculture, Forest Service.
- FAO.** 2010. Global forest resources assessment 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>
- FAO.** 2012. NFPs in practice: ways to improve the implementation of national forest programmes. 8p. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/i2623e/i2623e00.pdf>
- FAO.** 2012. Report on the Committee on Forestry, *Twenty-First Session: COFO 2012/REP* paragraph 50, p7. Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/026/me988e.pdf>
- FAO.** 2013. Voluntary guidelines on national forest monitoring: draft version for discussion of sections I and II. 24p. Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/38631-08f58961a3495e61a2fa774eca65a792f.pdf>
- FAO.** 2014. COFO/2014/6.3 Voluntary guidelines on national forest monitoring. *Twenty second session Committee on Forestry*. Rome, Italy. pp. 23-27. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-mk174e.pdf>.
- Fayolle, A., Doucet, J.L., Gillet, J.F., Bourland, N. & Lejeune, P.** 2013. Tree allometry in Central Africa: testing the validity of pantropical multi-species allometric equations for estimating biomass and carbon stocks. *Forest Ecology and Management*, 305: 29-37.
- Feldkircher, M. & Zeugner, S.** 2009. Benchmark Priors Revisited: On Adaptive Shrinkage and the Supermodel Effect in Bayesian Model Averaging. IMF Working Paper, 09-202
- Feldpausch, T.R., Banin, L., Phillips, O.L., Baker, T.R., Lewis, S.L., Quesada, C.A., Affum-Baffoe, K., Arets, E.J.M.M., Berry, N.J., Bird, M., Brondizio, E.S., de Camargo, P., Chave, J., Djangbletey, G., Domingues, T.F., Drescher, M., Fearnside, P.M., França, M.B., Fyllas, N.M., Lopez-Gonzalez, G., Hladik, A., Higuchi, N., Hunter, M.O., Lida, Y.,**

Salim, K.A., Kassim, A.R., Keller, M., Kemp, J., King, D.A., Lovett, J.C., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Marshall, A.R., Metcalfe, D.J., Mitchard, E.T.A., Moran, E.F., Nelson, B.W., Nilus, R., Nogueira, E.M., Palace, M., Patiño, S., Peh, K.S.H., Raventos, M.T., Reitsma, J.M., Saiz, G., Schrodte, F., Sonké, B., Taedoumg, H.E., Tan, S., White, L., Wöll, H. & Lloyd, J. 2011. Height-diameter allometry of tropical forest trees. *Biogeosciences*, 8(5): 1081-1106.

<http://www.biogeosciences.net/8/1081/2011/>

<http://dspace.stir.ac.uk/bitstream/1893/21127/1/Biogeosciences%202011.pdf>

Feldpausch, T.R., Lloyd, J., Lewis, S.L., Brienens, R.J.W., Gloor, M., Monteagudo Mendoza, A., Lopez-Gonzalez, G., Banin, L., Abu Salim, K., Affum-Baffoe, K., Alexiades, M., Almeida, S., Amaral, I., Andrade, A., Aragão, L.E.O.C., Araujo Murakami, A., Arets, E.J.M.M., Arroyo, L., Aymard, C., G.A., Baker, T.R., Bánki, O.S., Berry, N.J., Cardozo, N., Chave, J., Comiskey, J.A., Alvarez, E., de Oliveira, A., Di Fiore, A., Djagbletey, G., Domingues, T.F., Erwin, T.L., Fearnside, P.M., França, M.B., Freitas, M.A., Higuchi, N., C, E.H., Iida, Y., Jiménez, E., Kassim, A.R., Killeen, T.J., Laurance, W.F., Lovett, J.C., Malhi, Y., Marimon, B.S., Marimon-Junior, B.H., Lenza, E., Marshall, A.R., Mendoza, C., Metcalfe, D.J., Mitchard, E.T.A., Neill, D.A., Nelson, B.W., Nilus, R., Nogueira, E.M., Parada, A., Peh, K.S.H., Pena Cruz, A., Peñuela, M.C., Pitman, N.C.A., Prieto, A., Quesada, C.A., Ramírez, F., Ramírez-Angulo, H., Reitsma, J.M., Rudas, A., Saiz, G., Salomão, R.P., Schwarz, M., Silva, N., Silva-Espejo, J.E., Silveira, M., Sonké, B., Stropp, J., Taedoumg, H.E., Tan, S., ter Steege, H., Terborgh, J., Torello-Raventos, M., van der Heijden, G.M.F., Vásquez, R., Vilanova, E., Vos, V.A., White, L., Willcock, S., Woell, H. & Phillips, O.L. 2012. Tree height integrated into pantropical forest biomass estimates. *Biogeosciences*, 9(8): 3381-3403.

<http://www.biogeosciences.net/9/3381/2012/>

Fonseca, G., Alice, F. & Rey, J.M. 2009. Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque*, 30(1): 36-47.

Gourlet-Fleury, S., Rossi, V., Rejou-Mechain, M., Freycon, V., Fayolle, A., Saint-André, L., Cornu, G., Gérard, J., Sarraïlh, J.M., Flores, O., Baya, F., Billand, A., Fauvet, N., Gally, M., Henry, M., Hubert, D., Pasquier, A. & Picard, N. 2011. Environmental filtering of dense-wooded species controls above-ground biomass stored in African moist forests. *Journal of Ecology*, DOI: 10.1111/j.1365-2745.2011.01829.x

Henry, M., Besnard, A., Asante, W.A., Eshun, J., Adu-Bredu, S., Valentini, R., Bernoux, M. & Saint-André, L. 2010. Wood density, phytomass variations within and among trees, and allometric equations in a tropical rainforest of Africa. *Forest Ecology and Management*, 260(8): 1375–1388.

Henry, M., Bombelli, A., Trotta, C., Alessandrini, A., Birigazzi, L., Sola, G., Vieilledent, G., Santenoise, P., Longuetaud, F., Valentini, R., Picard, N. & Saint-André, L. 2013. GlobAllomeTree: international platform for tree allometric equations to support volume, biomass and carbon assessment. *iFores - Biogeosciences and Forestry* 6: 326-330.

Henry, M., Cifuentes-Jara M., Réjou-Méchain M., Piotto D., Michel-Fuentes J.M., Wayson C., Alice-Guier F., Castañeda-Lombis, H., Castellanos-Lopez, E., Cuenca-Lara, R., Cueva-Rojas, K., Del Aguila-Pasquel, J., Duque-Montoya, D., Fernandez-Vega, J., Jimenez-Galo, A., Lopez, O.R., Marklund, L.G., Milla, F., Navar-Cahidez, J.J., Ortiz-Malavassi, E., Perez, J., Ramirez-Zea, C., Rangel-Garcia, L., Rubilar-Pons, R., Sanquetta, C., Scott, C., Westfall, J., Zapatas-Cuartas, M. & Saint-André L. 2015. Recommendations on using tree allometric models to assess national forest biomass and assess its uncertainty. *Annals of Forest Science*, DOI 10.1007/s13595-015-0465-x

Henry, M., Réjou-Méchain, M., Jara, M., Wayson, C., Piotto, D., Westfall, J., Fuentes, J., Guier, F., Lombis, H., López, E., Lara, R., Rojas, K., Del Águila Pasquel, J., Montoya, Á., Vega, J., Galo, A., López, O., Marklund, L., Milla, F., Navar Cahidez, J., Malavassi, E., Pérez, J., Zea, C., García, L., Pons, R., Sanquetta, C., Scott, C., Zapata-Cuartas, M. & Saint-André, L. 2015. An overview of existing and promising technologies for national forest monitoring. *Annals of Forest Science*, DOI: 10.1007/s13595-015-0463-z

- Hijmans, R., Cameron, S., Parra, J., Jones, P. & Jarvis, A.** 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25: 1965–1197
- Hildebrandt, R. & Lost, A.** 2012. From points to numbers: a database-driven approach to convert terrestrial LiDAR point clouds to tree volumes. *European Journal of Forest Research*, 131: 1857-1867.
- Hill T.C., Williams M., Bloom A.A., Mitchard E.T.A. & Ryan, C.M.** 2013. Are inventory based and remotely sensed above-ground biomass estimates consistent? *PLoS ONE*, (8): e74170.
- Houghton, R.A., Lawrence, K.L., Hackler, J.L. & Brown S.** 2001. The spatial distribution of forest biomass in the Brazilian Amazon: a comparison of estimates. *Global Change Biology* 7: 731-746.
- INFONA.** 2014. *Tendencias Preliminares del Contenido de Biomasa y Carbono del IFN* (Mimeógrafo) Programa UN REDD. San Lorenzo, Paraguay.
- IPCC.** 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. Kanagawa, Japón. *IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*.
- IPCC.** 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Varios tomos. Disponibles en: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>
- Kearsley, E., de Haulleville, T., Hufkens, K., Kidimbu, A., Toirambe, B., Baert, G., Huygens, D., Kebede, Y., Defourny, P. & Bogaert, J.** 2013. Conventional tree height–diameter relationships significantly overestimate aboveground carbon stocks in the Central Congo Basin. *Nature communications*, 4.
- Ketterings, Q.M., Coe, R., Van Noordwijk, m., Ambagau, Y. & Palm, C.A.** 2001. Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests. *Forest Ecology and Management*, 146: 199-209
- Kleinn, C., Ramírez, C., Holmgren, P., Lobo, S. & Chavez, G.** 2005. A national forest resources assessment for Costa Rica based on low intensity sampling. *Forest Ecology and Management*, 210(1-3): 9-23.
- Kleinn, C., Corrales, L. & Morales, D.** 2002. Forest area in Costa Rica: a comparative study on tropical forest cover estimations over time. *Environmental Monitoring and Assessment* 73(1): 17-40.
- Langner, A., Achard, F. & Grassi, G.** 2014. Can recent pan-tropical biomass maps be used to derive alternative Tier 1 values for reporting REDD+ activities under UNFCCC? *Environmental Research Letters*, 9: 1-13.
- Lund, G. & Boley, M.** 1995. National resource inventorying and monitoring needs: The said and unsaid from UNCEP, *Schweizerische Zeitschrift fuer Forstwesen*, 146 (12): 953-964.
- MAE; Ecociencia – UICN; UMPIN;** 2001. La biodiversidad del Ecuador. Informe 2000. Ministerio del Ambiente, Ecociencia y UICN. Quito, Ecuador.
- Málaga Durán, N., Giudice Granados, R., Vargas Gonzales, C. & Rojas Báez, E.** 2014. Estimación de las existencias de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú. Ministerio del Ambiente. Lima, Perú. 68p.
- Maniatis, D., Saint André, L., Temmerman, M., Malhi, Y. & Beeckman, H.** 2011. The potential of using xylarium wood samples for wood density calculations: a comparison of approaches for volume measurement. *iForest – Biogeosciences and Forestry* 4: 150-159.
- Morales, D.** 2006. Tree cover assessment: with special focus on the relative position issue: Case-studies in open areas in Costa Rica. *Dissertation Georg-August Universitaet Goettingen*. Cuvillier Verlag. 99p.

- Moreno, K. & Igartúa, D.** 2013. La madera de *Eucalyptus globulus* Labill. en la región forestal del sudeste de la provincia de Buenos Aires: densidad básica (Póster). *Congreso Forestal*. Disponible en: http://www.congresoforestal.org.ar/ponencias/presentaciones_poster/308.pdf
- Näslund, M.** 1947. Funktioner och tabeller för kubering av stående träd – tall, gran och björk i södra Sverige samt i hela landet. Functions and tables for computing the cubic volume of standing trees – pine, spruce and birch in southern Sweden, and in the whole of Sweden. *Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut*, 36: 1–81.
- Olander, L.P., Gibbs, H.K., Steininger, M., Swenson, J.J. & Murray, B.C.** 2008. Reference scenarios for deforestation and forest degradation in support of REDD: a review of data and methods. *Environmental Research Letters*, 3: 1-11.
- Parresol, B.R.** 1999. Assessing tree and stand biomass: a review with examples and critical comparisons. *Forest Science*, 45(4): 573–593.
- Parresol, B.R.** 2001. Additivity of nonlinear biomass equations. *Canadian Journal of Forest Research*, 31(5): 865–878.
- Paul, K.I., Roxburgh, S.H., England, J.R., Ritson, P., Hobbs, T., Brooksbank, K., John Raison, R., Larmour, J.S., Murphy, S., Norris, J., Neumann, C., Lewis, T., Jonson, J., Carter, J.L., McArthur, G., Barton, C. & Rose, B.** 2013. Development and testing of allometric equations for estimating above-ground biomass of mixed-species environmental plantings. *Forest Ecology and Management*, 310(0): 483-494
- Picard N., Boyemba-Bosela, F. & Rossi, V.** 2014. Reducing the error in biomass estimates strongly depends on model selection. *Annals of Forest Science*, DOI: 10.1007/s13595-014-0434-9. <http://dx.doi.org/10.1007/s13595-014-0434-9>.
- Picard, N., Saint-André, L. & Henry, M.** 2012. Manual for building tree allometric equations: from the field to the prediction. FAO, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique.
- Picard, N., Henry, M., Mortier, F., Trotta, C. & Saint-André, L.** 2012. Using Bayesian model averaging to predict tree aboveground biomass in tropical moist forests. *Forest Science* 58: 15-23
- Rutishauser, E., Noor'an, F., Laumonier, Y., Halperin, J., Rufi'ie, Hergoualc'h, K. & Verchot, L.** 2013. Generic allometric models including height best estimate forest biomass and carbon stocks in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 307: 219-225. <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0378112713004453> http://www.researchgate.net/profile/Yves_Laumonier/publication/255738186_Generic_allometric_models_including_height_best_estimate_forest_biomass_and_carbon_stocks_in_Indonesia/links/02e7e5209e01da2124000000
- Sanquetta, C.R., Wojciechowski, J., Dalla Corte, A.P., Rodrigues, A.L. & Maas, G.C.B.** 2013. On the use of data mining for estimating carbon storage in the trees. *Carbon Balance and Management*, 8:1-9.
- Sato, T., Saito, M., Ramírez, D., Pérez de Molas, L.F., Toriyama, J., Monda, Y., Kiyono, Y., Herebia, E., Dubie, N., Duré Vera, E., Ramirez-Ortega, J.D. & Vera de Ortiz, M.** 2015. Development of allometric equations for living biomass in forest ecosystems in Paraguay. (Mimeógrafo) FFPRI/UNA/INFONA.
- Seppälä, R., Buck, A., & Katila P.** 2009. Adaptation of forests and people to climate change. A global assessment report. Helsinki, Finlandia.
- Sierra, R., Cerón, C., Palacios, W. & Valencia, R.** 1999. Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental. Editorial Rimana. Quito, Ecuador.
- Stegen, J.C., Swenson, N.G., Valencia, R., Enquist, B.J. & Thompson, J.** 2009. Above-ground forest biomass is not

consistently to wood density in tropical forests. *Global Ecology and Biogeography*, 18: 617-625.

- Sturtz, S., Ligges, U., & Gelman, A.** 2005. R2WinBUGS: A Package for Running WinBUGS from R. *Journal of Statistical Software*, 12(3): 1-16.
- Thomas, C. & Rennie J.** 1987. Combining inventory data for improved estimates of forest resources. *Southern Journal of Applied Forestry*, 11: 168-171.
- United Nations (UN).** 1992. Report of the United Nations conference on environment and development: Anexo III: Non-legally binding authoritative statement of principles for a global consensus on the management, conservation and sustainable development of all types of forests. 3. Rio de Janeiro, Brazil. Disponible en: <http://www.un.org/documents/ga/conf151/aconf15126-3annex3.htm>
- UN.** 2008. Resolution A/RES/62/98: Non-legally binding instrument on all types of forests. *Sixty second session of the UN General Assembly*. Disponible en: www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/62/98
- UNFCCC.** 2007. Decision 1/CP.13: Reducing emissions from deforestation in developing countries: approaches to stimulate action. United Nations Framework on the Convention on Climate Change. Nusa Dua, Bali, Indonesia
- UNFCCC.** 2010. Decision 1/CP.16: Outcome of the work of the Ad Hoc Working Group on long-term Cooperative Action under the Convention. *Sixteenth session*. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cop16/eng/07a01.pdf>
- Vestjordet, E.** 1967. Functions and tables for volumes of Norway spruce. *Communications of the Norwegian Forest Research Institute*, 22: 543–574.
- Vieilledent, G., Courbaud, B., Kunstler, G., Dhote, J.F. & Clark, J.S.** 2010. Individual variability in tree allometry determines light resource allocation in forest ecosystems: a hierarchical Bayesian approach. *Oecologia* 163: 759–773.
- Wayson, C.A., Johnson, K.D., Cole, J.A., Olguín, M.I., Carrillo, O.I. & Birdsey, R.A.** 2014. Estimating uncertainty of allometric biomass equations with incomplete fit error information using a pseudo-data approach: methods. *Annals of Forest Science*, DOI 10.1007/s13595-014-0436-7
- Yepes, A., Herrera, J., Phillips, J., Cabrera, E., Galindo, G., Granados, E., Duque, A., Barbosa, A., Olarte, C. & Cardona, M.** 2015. Contribución de los bosques tropicales de montaña en el almacenamiento de carbono en Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 63(1): 69-82.
- Yepes, A., Sierra, A., Niño, L.M., López, M., Garay, C., Vargas, D., Cabrera, E. & Barbosa, A.** 2015. Estructura, biomasa y carbono total en robledales del sur de los Andes Colombianos. Sometido a Revista de Biología Tropical en febrero de 2015.
- 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. & Chave, J.** 2009. Towards a worldwide wood economics spectrum. *Dryad Digital Repository*. <http://dx.doi.org/10.5061/dryad.234>
- Zanne, A., & Lopez-Gonzalez, G.** 2009. Global wood density database. *Dryad Digital Repository*. <http://datadryad.org/>
- Zapata-Cuartas M., Sierra, C.A. & Alleman, L.** 2012. Probability distribution of allometric coefficients and Bayesian estimation of aboveground tree biomass. *Forest Ecology and Management*, 277: 173–179. DOI: 10.1016/j.foreco.2012.04.030
- Zianis, D. & Mencuccini, M.** 2004. On simplifying allometric analyses of forest biomass. *Forest Ecology and*

Management, 187(2-3): 311-332.

11. Annex 1. Meeting agenda

Regional Technical Workshop Minding the gap: Scaling Biomass Allometric Equations for National Forest Inventories in South and Central America

Detailed agenda

Day & Time	Session / Title of Presentation	Resource people /Facilitator
Day 1	Session 1: Different scenarios for national forest biomass assessment	
09:00	Welcome	All
09:15	Overview/ Objectives and update of the outputs from the previous Regional Workshop “Tree Volume and Biomass Allometric Equations in South and Central America”	Miguel Cifuentes & Matieu Henry
9:50	Voluntary guidelines and national forest monitoring systems	David Morales
10:15	An update of methods and status of forest biomass and carbon stock assessment in south and central America	Lars Marklund
10:35	<i>Coffee break</i>	
	Session 2: Country experiences with allometric equations	
11:00	Using tree allometric equation for national forest assessment: Belize	Percival Cho
11:25	Using tree allometric equation for national forest assessment: France	Laurent Saint-André
11:50	Using tree allometric equation for national forest assessment: US	Craig Wayson
12:15	<i>Lunch</i>	
13:30	Generación de ecuaciones alométricas en el Ecuador y perspectivas futuras en el marco del nuevo periodo del Inventario Nacional Forestal	Miguel Chinchero
13:55	Estimacion de la biomasa forestal en Peru	Berioska Quispe
14:15	<i>Coffee break</i>	
14:30	Group Work and restitution	Angela Diaz B
17:00	Introduction to the second day	Miguel Cifuentes & Matieu Henry
Day 2	Session 3: Linking tree allometric equations and national forest inventory	
09:00	Summary of the first day	Miguel Cifuentes
09:10	National Forest Inventory of Paraguay: what is expected form tree allometric equations	Kelvin Cueva
09:30	Differences between Project and national level estimates in Colombia	Adriana Yepes
	Session 4: Proposals to improve NFI estimates	
09:50	Proposed different approaches to assess national forest biomass assessment (presentation of the background document)	Javier García Perez

10:10	Propagating uncertainties in the context of National Forest Inventories	Oswaldo Carrillo
10:30	<i>Coffee break</i>	
11:00	Option 1: Generalized tree allometric equations	Matieu Henry
11:15	Option 2: Reconstructing tree allometric equations for national forest assessment	Craig Wayson
11:45	Option 3: Bayesian approaches	Mauricio Zapata
12:15	Integration of option 1, 2, and 3	Javier García Perez
12:30	<i>Lunch</i>	
14:20	Group discussion/ comments on the background documents, paper outlines, etc.	Angela Diaz B
15:45	<i>Coffee break</i>	
16:00	Restitution	
17:00	Introduction to the third day	Angela Diaz B
Day 3	Session 5: Methods and technologies to improve estimates	
09:00	Summary of the second day	Miguel Cifuentes
09:10	Establishing national databases to improve estimates	Oswaldo Carrillo
09:30	Height-diameter relationships	Luis Rangel
09:50	An inventory approach to pantropical H-D relationships	Javier García Perez
11:20	<i>Coffee break</i>	
11:25	Inteligencia artificial y nuevos cálculos para la estimación de carbono	Carlos Sanquetta
11:45	Reducing biases through wood density data	Laurent Saint-André
12:15	Supplement to wood density data presentation	Jesús Navar
12:30	<i>Lunch</i>	
	Session 6: Identification of future steps to support national forest biomass assessment (capacity building, data accessibility, etc.)	
13:30	Updated status of the activities under the UN-REDD Programme	Matieu Henry & Lars Marklund
13:50	Updated status of activities under USFS/Silvacarbon	Craig Wayson
14:10	Updated status of the activities in CATIE/RCCP	Miguel Cifuentes
14:30	<i>Coffee break</i>	
15:00	Group Work 1: Strengthening collaboration Group Work 2: Workshop outputs	Angela Diaz B
16:00	Restitutions by group (10 minutes each)	All
17:00	Closing remarks	Cifuentes & Henry
19:00	<i>Closing dinner – Hotel Villa Florencia</i>	CATIE

12. Annex 2. List of participants

#	Country	Name	Gender	Institution	Email
1	Argentina	Egon Ivan Rost	M	Universidad Nacional de La Plata	irost@ambiente.gob.ar
2	Belize	Percival Cho	M	Environmental Research Institute - University of Belize	cho.percival@gmail.com
3	Belize	Ivannia Waight-Cho	M	MFFSD/FD/Belice	bmp.fd@ffsd.gov.bz
4	Brazil	Carlos Sanquetta	M	Federal University of Paraná	sanquetta@ufpr.br
5	Colombia	Adriana Yepes	F	ONF Andina	adrianayepes@carbonoybosques.org
6	Colombia	Juan Fernando Phillips	M	Universidad Nacional de Colombia	j.f.phillips.bernal@gmail.com
7	Colombia	Mauricio Zapata	M	Smurfit Kappa Cartón de Colombia	mauricio.zapata98@gmail.com
8	Costa Rica	Edgar Ortiz	M	Instituto Tecnológico de Costa Rica	eortiz@itcr.ac.cr
9	Costa Rica	Miguel Cifuentes	M	CATIE	mcifuentes@catie.ac.cr
10	D.Rep.	Francisca Rosario Familia	F	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	rdfrancisca@yahoo.es
11	D.Rep.	Jorge Casado	M	Ministry of the Environment	Jorge.Casado@ambiente.gob.do
12	Ecuador	Daniel Segura	M	Ministry of the Environment	daniel.segura@ambiente.gob.ec
13	Ecuador	Nikolay Aguirre	M	Universidad Nacional de Loja	nikolay.aguirre@gmail.com
14	Ecuador	Miguel Chinchero	M	Ministerio del Ambiente	miguel.chinchero@ambiente.gob.ec
15	El Salvador	Amilcar López	M	MARN	amilcar.lopez@mag.gob.sv
16	FAO	David Morales	M	FAO HQ	david.morales@fao.org
17	FAO	Javier Garcia Perez	M	FAO HQ	javier.garciaperez@fao.org
18	FAO	Kelvin Cueva	M	FAO- Paraguay	kcuevarojas@gmail.com ; kelvin.cueva@fao.org
19	FAO/Pan.	Lars Marklund	M	FAO - Panama	LarsGunnar.Marklund@fao.org
20	FAO	Matieu Henry	M	FAO HQ	matieu.henry@fao.org
21	France	Laurent Saint-André	M	CIRAD	standre@cirad.fr
22	Guatemala	Edwin Castellanos	M	Universidad del Valle de Guatemala	ecastell@uvg.edu.gt
23	Guatemala	Enrique Castroconde	M	MARN	eaccpa@gmail.com
24	Honduras	Efraín Duarte	M	ICF	efrainduarte@gmail.com

#	Country	Name	Gender	Institution	Email
25	México	José de Jesús Návar	M	CIDIR-Durango	jnavar@ipn.mx
26	México	Oswaldo Carrillo	M	FAO/CONAFOR	oswaldo.carrillo@conafor.gob.mx
27	Nicaragua	Wing Lau	M	INAFOR	wlau@inafor.gob.ni
28	Panama	Pablo Guerra	M	ANAM	pguerra@anam.gob.pa
29	Peru	Berioska Quispe	F	DGRHCC-MINAM	bquispe@minam.gob.pe
30	Peru	Natalia Malaga	F	Proyecto REDD+ MINAM	nmalaga@minam.gob.pe
31	USA	Craig Wayson	M	SilvaCarbon	cwayson.silvacarbon@gmail.com