

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

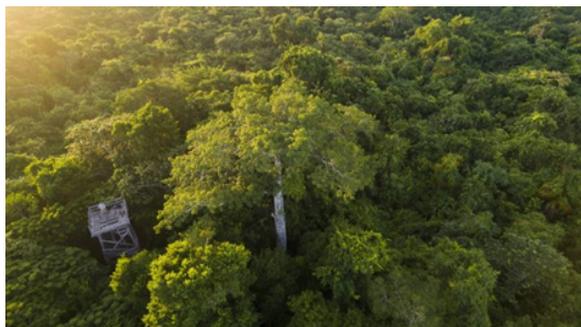
Proyección del potencial del carbono aéreo almacenado en el bosque tropical húmedo latifoliado de dos comunidades de la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua

Potential projection of stored air carbon in the tropical broadleaf rainforest of two communities of the Región Autónoma de la Costa Caribe Norte, Nicaragua

Edwin A. Alonzo Serrano¹, Mario Noel Galo Zepeda²

¹ Universidad Nacional Agraria / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9686-4772> / edwin.alonzo@ci.una.edu.ni.

² Instituto Nacional Forestal / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2099-2196> / mario.galoz@gmail.com



RESUMEN

Las emisiones de gases en las últimas décadas han aumentado a causa de las acciones antrópicas, lo que genera el interés en la medición de la cantidad de carbono presente en los bosques tropicales. Esta investigación consiste en evaluar el año cero y proyectar el carbono almacenado para el año quince en bosques tropicales húmedos del Municipio de Prinzapolka, de los inventarios forestales de 4 Planes Generales de Manejo Forestal de especies latifoliadas. Se calculó la biomasa y carbono en 2 momentos, año cero, año quince proyectando el crecimiento mediante el incremento medio anual y calcular el aprovechamiento forestal extrayendo el 40 % de las especies comerciales. El plan general de manejo forestal El Sapito en el año cero obtuvo un carbono 58.4 t ha⁻¹, año quince 77.3 t ha⁻¹ con un incremento de 32 %; cuando se extrae la madera comercial decrece a 39 %. El plan general de manejo forestal la Pía en el año cero obtuvo 104.9 t ha⁻¹, año quince 165.9 t ha⁻¹ lo con un 58 % de incremento; al extraer madera comercial crece 19 %. El plan general de manejo forestal La Esperanza en el año cero 476.4 t ha⁻¹, año quince 680.9 t ha⁻¹ lo que representa el 43 % de incremento; cuando se hace la extracción maderable decrece 4 %. El plan general de manejo forestal del Zapote con el menor dato de carbono de 33.3 t ha⁻¹ en el año cero y año quince 57.8 t ha⁻¹; cuando se hace el aprovechamiento forestal a diferencia de los primeros planes generales de manejo forestal se observa un crecimiento de 37 %. Se nota claramente una tendencia de crecimiento tanto en carbono almacenado entre el año cero y el año quince. Al aplica el aprovechamiento forestal en un 40 % del volumen disponible de cada plan general de manejo forestal hay un decrecimiento del carbono.

Palabras clave: reducción de las emisiones, degradación de los bosques, biomasa, carbono aéreo por hectárea, planes de manejo, inventario forestal.

ABSTRACT

Gas emissions in recent decades have increased due to human actions, generating interest in measuring the amount of carbon present in tropical forests. This research consists of evaluating year zero and projecting the carbon stored for year fifteen in humid tropical forests of the Municipality of Prinzapolka, from the forest inventories of 4 General Forest Management Plans of broadleaf species. Biomass and carbon were calculated in 2 moments, year zero, year fifteen, projecting growth through the average annual increase and calculating forest use by extracting 40 % of commercial species. The general forest management plan El Sapito in year zero obtained a carbon of 58.4 t ha⁻¹, year fifteen 77.3 t ha⁻¹ with an increase of 32 %; when commercial timber is extracted it decreases to 39 %. The general forest management plan for La Pía in year zero obtained 104.9 t ha⁻¹, year fifteen 165.9 t ha⁻¹ with a 58 % increase, when extracting commercial timber grows 19 %. The general forest management plan La Esperanza in year zero 476.4 t ha⁻¹, year fifteen 680.9 t ha⁻¹ which represents a 43 % increase; when timber extraction is made, it decreases 4 %. The general plan of forest management of Zapote with the lowest carbon data of 33.3 t ha⁻¹ in year zero and year fifteen 57.8 t ha⁻¹; When Forest harvesting is carried out, unlike the first general forest management plans, a growth of 37 % is observed. A growth trend is clearly noticeable in both carbons stored between year zero and year fifteen. By applying forest harvesting in 40 % of the available volume of each general forest management plan, there is a decrease in carbon.

Keywords: Emission reduction, forest degradation, biomass, airborne carbon per hectare, management plans, forest inventory.

Recibido: 12 de enero del 2021
Aceptado: 4 de octubre del 2021



Los artículos de la revista La Calera de la Universidad Nacional Agraria, Nicaragua, se comparten bajo términos de la licencia Creative Commons: Reconocimiento, No Comercial, Compartir Igual. Las autorizaciones adicionales a las aquí delimitadas se pueden obtener en el correo edgardo.jimenez@ci.una.edu.ni

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

El área de bosque ha seguido reduciéndose en América Central y América del Sur, y la principal causa de deforestación fue la conversión de tierras forestales a la agricultura y la urbanización, afirma la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011). Dentro de la región la mayor reducción del área de bosque siguió registrándose en América del Sur, aunque las pérdidas se han ralentizado y en términos porcentuales han permanecido estables desde 1990. La mayor pérdida porcentual de área de bosque siguió registrándose en América Central, aunque la tasa ha disminuido en esta subregión desde el año 2000.

Según la (FAO, 2010), Nicaragua, como el resto de Centro América y el Caribe es afectado en gran medida por los efectos climático producto del calentamiento global, con eventos relacionados a fenómenos como el niño, con repercusiones en sectores muy importantes como son: el industrial, el energético y el agrícola, aumentando así la vulnerabilidad de la sociedad, agravando los problemas como el suministro de agua, disponibilidad de alimentos, entre otros.

El Instituto Nacional Forestal (INAFOR, 2009), hace referencia que las estimaciones realizadas en relación con la cobertura de bosque por departamentos y/o Regiones Autónomas, indican que el 62.7 % de los bosques se encuentran concentrados en la Costa Caribe, de este porcentaje, la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (RACCN) posee el 43.4 %, lo que implica que casi el 80.9 % de los bosques del país estén en territorios con muy baja densidad poblacional y altos índices de pobreza.

La contribución de este estudio es cuantificar y proyectar el carbono almacenado en los bosques tropicales en dos comunidades del Municipio de Prinzapolka. De acuerdo con los resultados de este estudio en los cuatro planes generales de manejo forestal (PGMF) el carbono extraído por el aprovechamiento forestal es secuestrado nuevamente hasta quedar con valores similares por hectárea cuando se compararon el año cero con el año quince. Esto se logró con el análisis de un aprovechamiento forestal por el orden del 40 % del volumen de madera comercial que es lo máximo que se puede autorizar, si el análisis se realizara con 20 % o 25 %, los resultados de carbono almacenado aumentarían drásticamente.

Todo esto podría servir como punto de partida para que los dueños de bosque de estos territorios puedan conocer la cantidad de carbono almacenado que tienen en sus bosques, lo anterior permitirá generar información que podría ser útil en futuras negociaciones de compensación por servicio ambiental y disminuir así los niveles de degradación y sobre todo la deforestación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el bosque productivo del municipio de Prinzapolka, comunidades de Alamikamgban y Tungla. Estos son territorios comunitarios de la comunidad Miskitos que no cuentan recursos financieros y a pesar de que ellos eligen a un representante legal de la comunidad, los verdaderos dueños de los planes generales de manejo forestal son inversionistas que se dedican a la extracción maderable. Se seleccionaron cuatro PGMF de bosque tropical húmedo latifoliado, seleccionados por su ubicación geográfica y por su solidez técnica.

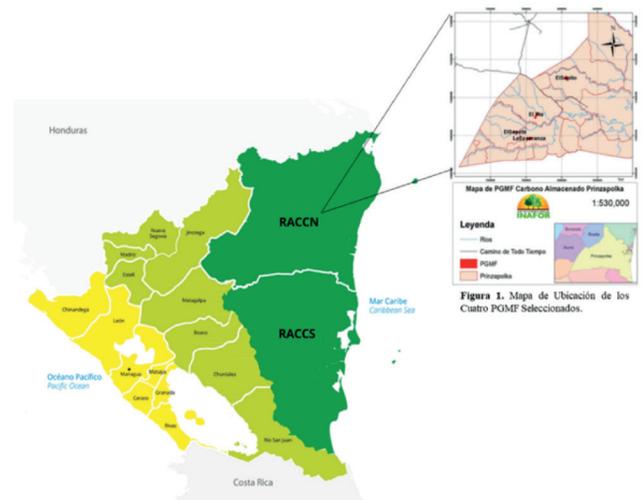


Figura 1. Mapa de ubicación de los cuatro PGMF.

Con la base de datos de los inventarios forestales se realizó la cuantificación, análisis y evaluación de la biomasa aérea y carbono almacenado. Con los datos se realizó una inferencia para cuantificar el carbono almacenado mediante una proyección de 15 años para conocer la cantidad de carbono almacenado después del tratamiento silvicultural de aprovechamiento forestal. Los cuatro PGMF están ubicados en las Comunidades de Alamikamgban y Tungla en el municipio de Prinzapolka, Región Autónoma de la Costa Caribe Norte (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación y área (ha) por plan general de manejo forestal

Nombre de PGMF	Área total (ha)	Ubicación
El Pía	469.74	Alamikamban
El Sapito	441.59	Alamikamban
La Esperanza	459.14	Tungla
El Zapote	256.83	Tungla

PGMF: Plan general de manejo forestal.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

Diseño metodológico. La metodología fue desarrollada en tres fases

Eta **pa I. Planificación del trabajo.** Se inició con la delimitación del área de investigación y registro de información sobre los planes generales de manejo forestal en el Instituto Nacional Forestal (INAFOR).

Eta **pa II. Procesamiento de la información.** Se utilizó el programa Microsoft Excel para hacer los análisis numéricos mediante el uso de tablas dinámicas. Partiendo de los inventarios forestales de los PGMF, se realizó el cálculo del volumen. Para el cálculo de la biomasa del fuste se usó el peso específico conocido de las especies. En el caso de las especies con peso específico desconocido, se usó la media aritmética y valores más comunes de densidad de madera en t m³ de las especies arbóreas tropicales por regiones (Brown, 1997), para este estudio se consideró el valor para Centro América de 0.6 t m³.

La biomasa total se calculó con el factor de expansión de biomasa de 1.74 (Brown 1997) que es un valor promedio para bosques tropicales húmedos recomendado por FAO (1998) para bosques con más de 190 ton carbono ha⁻¹, luego se multiplica por la biomasa de fuste. El resultado de la biomasa total de cada árbol se multiplica por 0.5 que es el factor para determinar el carbono aceptado por Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2003).

Área basal (m²). Se determinó mediante la ecuación propuesta por (González, 2004).

$$AB = \pi/4 * (Dap)^2$$

Donde:

$\pi/4$ = Constante para determinar el área basal (0.7854)

(Dap)² = Diámetro a la altura del pecho elevada a cuadrado

Volumen total del fuste (m³). Se calculó según la ecuación propuesta por (González, 2004).

$$Vf = AB * Hf * Ff$$

Donde:

AB = Área basal calculada (m²)

Hf = Altura total del árbol (m)

Ff = Factor de forma para latifoliadas en general (0.7)

Cálculo de carbono. Para el cálculo de la biomasa y carbono total se usó la ecuación general de Brown (1997), que considera el volumen fustal, la densidad de la madera, factor de expansión de biomasa; agregándole a esta ecuación la fracción de carbono de 0.5 (IPCC, 2005).

$$CA = Vf * DM * FE * FC$$

Donde:

CA = Carbono aéreo del árbol (tm)

Vf = Volumen del fuste (m³)

DM = Densidad de la madera (tm⁻³)

FE = Factor de expansión de biomasa (1.74)

FC = Fracción de carbono que para fines prácticos se usa 0.5 (FAO, 2010)

Eta **pa III. Cálculo de biomasa, carbono y aprovechamiento forestal.** Se realizaron los cálculos de crecimiento en 15 años por cada PGMF y por especie comercial aprovechada, y se calculó la proyección total de incremento en el año 15. Finalmente se restó la proyección del 40 % del volumen extraído y se ponderó por su incremento al total del carbono al final del período. El aprovechamiento forestal se realizó únicamente a los árboles que tienen 40 cm de DAP, valor que corresponde al diámetro mínimo de corta (DMC) de acuerdo con las normas técnicas obligatorias nicaragüense NTON 18 001-12 (Asamblea Nacional, 2013). Para la proyección del aumento de carbono en 15 años, se sumó 7.5 centímetros de DAP en Incremento Medio Anual (IMA) para bosque tropical húmedo) a cada árbol, por lo que aumentaron las variables volumen, biomasa y carbono por hectárea.

En la base de datos de cada inventario forestal del PGMF se aumentó 7.5 cm al DAP de cada árbol y nuevamente se calculó la biomasa y el carbono. Con los resultados de la proyección de carbono se obtuvieron dos datos de carbono, carbono año cero y carbono de año 15. Se calculó el porcentaje de incremento por cada PGMF y por cada especie, obteniendo un valor promedio que se aplicó a los cuatro planes generales de manejo forestal según la NTON 18 001-12 (Asamblea Nacional, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comparación de los resultados de los cuatro PGMF. En el Cuadro 2 se observa que el plan general de manejo forestal La Esperanza, resultó con los valores más altos de biomasa (t ha⁻¹) y carbono almacenado (t ha⁻¹), seguidos en orden descendente por los PGMF El Pía, El Sapito y El Zapote.

Cuadro 2. Biomasa y carbono en el año cero según plan general de manejo forestal y área total

Nombre de PGMF	Área total (ha)	NA ha ⁻¹	Biomasa (t ha ⁻¹)	Carbono (t ha ⁻¹)
El Sapito	441.59	74	116.90	58.40
El Pía	469.74	104	209.80	104.90
La Esperanza	459.14	590	952.70	476.40
El Zapote	256.83	122	66.80	33.40

PGMF: Plan general de manejo forestal, NA ha⁻¹: Número de árboles por hectárea.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

En el Cuadro 3 se observan los resultados de biomasa y carbono para el año 15, así como el incremento respecto al año cero (Cuadro 2). En el PGMF La Esperanza se registran los valores más altos en biomasa y de carbono, sin embargo, El Zapote es el plan de manejo que presenta el mayor incremento respecto al año cero.

Una forma de evaluar cambios en la biomasa y carbono de los bosques bajo manejo es mediante el análisis y el procesamiento de datos de un inventario forestal realizado dos veces consecutivas durante un periodo de tiempo (uno o más ciclos de corta). Dicho análisis puede proporcionar información clave sobre la sustentabilidad del manejo forestal que se practica en los bosques con fines de producción de bienes y de servicios ambientales (Corral-Rivas *et al.*, 2009).

Cuadro 3. Biomasa, carbono al año 15 e incremento respecto al año cero según plan general de manejo forestal y área total

Nombre de PGMF	Área total (ha)	NA ha ⁻¹	Biomasa (t ha ⁻¹)	Carbono (t ha ⁻¹)	Incremento (%)
El Sapito	441.59	74	154.64	77.320	32
El Pía	469.74	104	331.83	165.90	58
La Esperanza	459.14	590	1 361.79	680.80	43
El Zapote	256.83	122	115.62	57.80	73

PGMF: Plan general de manejo forestal, NA ha⁻¹: Número de árboles por hectárea.

Se nota una tendencia al decrecimiento tanto en carbono almacenado como el valor financiero del bosque en el tiempo entre el año cero y el año quince, debido al aprovechamiento forestal del 40 % del volumen disponible, lo que es marcado por la reacción del crecimiento del bosque remanente, notándose una clara tendencia de recuperación de carbono y valor económico; al comparar el valor total del año cero y del año quince no se encuentran grandes diferencias.

Desde el punto de vista de manejo de bosque y silvicultura, se podría orientar en los PGMF que además de aspectos productivos de madera comercial, se podrían manejar paralelamente con producción de carbono. Por lo que se recomendaría bajar las intensidades de corta al 40 %, como se establece en las normas técnicas obligatorias nicaragüense, y bajar a cantidades que permitan dejar mayor cantidad de biomasa entre cada ciclo de corta (15 años el menor) al menos del 20 al 25 % del área basal y volumen disponible de acuerdo con el diámetro mínimo de corta de cada especie.

Segura (1999), registró rangos de contenido de biomasa en bosques tropicales húmedos entre 13 t ha⁻¹ y 207 t ha⁻¹; en este estudio los rangos de biomasa se sitúan entre 66.80 t ha⁻¹ y 209. 81 t ha⁻¹. A esto la FAO (2003) concluye que los bosques trópicos, el carbono que está en sumideros superficiales varía entre 60 y 230 t ha⁻¹ en bosques primarios,

por lo que dichos datos están en el rango de los resultados obtenidos en esta investigación.

Aprovechamiento forestal. Para el año quince y descontando el 40 % del volumen disponible de las especies comerciales aprovechables en cada PGMF, el plan de manejo La Esperanza resultó con los datos más altos de carbono almacenado aun cuando el aprovechamiento forestal tuvo un decrecimiento de 4 % (Cuadro 4); el resto de PGMF registran menor almacenamiento de carbono de manera decreciente en el siguiente orden: El Pía, El Zapote y El Sapito, pero observándose un incremento mayor en los planes de manejo de El Zapote y El Pía. Todos estos resultados de incremento y descenso porcentual de carbono son en base al año quince sin aprovechamiento forestal.

De acuerdo con Malhi y Grace (2000), los bosques tropicales que son parte de la cuenca amazónica son uno de los biomas más importantes de Tierra pues almacenan el 40 % del carbono que reside en la vegetación terrestre. Por lo tanto, cambios en la estructura y función de estos bosques, aun si se dan en pequeña escala, podrían tener consecuencias globales para la biodiversidad, el ciclo del carbono y las tasas de cambio climático.

Es importante destacar que al pasar de los años y con el tipo de práctica realizada en los bosques, nos veremos a cuestionar realmente cuánto es lo real que estarán los bosques de Nicaragua brindando un aporte en la calidad de sumidero de carbono y efectivamente cómo ha de cambiar dicha situación cuando el bosque sea aprovechado con fines de extracción maderable y a diferentes intensidades de aprovechamiento.

La biomasa y el carbono después del aprovechamiento comercial en el año quince es similares a la inicial en el año cero. Esto nos da un resultado alentador para estos PGMF con todo el aprovechamiento forestal tienen la capacidad de reponerse y continuar produciendo madera y almacenar carbono en el transcurso del tiempo.

La relación del crecimiento del bosque remanente marca una clara tendencia de recuperación de carbono del año cero y del año quince ya que no se encontraron grandes diferencias, y al proyectar a mayor plazo la recuperación de (20 o 25 años) se recuperaría y en muchos casos pasarían al año cero.

Cuadro 4. Biomasa, carbono y variación porcentual según plan de manejo después del 40 % del volumen aprovechado a los 15 años

Nombre de PGMF	Área total (ha)	NA ha ⁻¹	Biomasa (t ha ⁻¹)	Carbono (t ha ⁻¹)	Variación (%)
El Sapito	441.59	54.722	84.151	42.00	-39
El Pía	469.74	89.397	259.124	129.60	19
La Esperanza	459.14	472.12	919.301	459.70	-4
El Zapote	256.83	118.208	106.001	53.00	37

PGMF: Plan general de manejo forestal, NA ha⁻¹: Número de árboles por hectárea.

RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**CONCLUSIONES**

El mayor incremento porcentual al año 15 respecto al año cero se registra en los planes generales de manejo forestal El Zapote (73 %) y El Pía (58 %); con un aprovechamiento forestal de 40 % en las especies de maderas comerciales aprovechables; la capacidad de crecimiento en producción de carbono crece un 37 % para el primero y 19 % en el caso del segundo plan de manejo.

El incremento porcentual del plan general de manejo forestal El Sapito fue de 32 %, y de 43 % para La Esperanza, estos planes de manejo tuvieron un aprovechamiento forestal de 40 % de las especies de maderas comerciales aprovechables, y su capacidad de crecimiento en producción de carbono decrece en un 39 % para El Sapito y 4 % en el caso de La Esperanza.

RECOMENDACIONES

Al presentarse un decrecimiento de la biomasa en las fincas producto del aprovechamiento, es necesario realizar estudios de los efectos que podrían ocasionar la reducción de número de árboles y biomasa aérea en relación con el ciclo de nutrientes e hidrológico, los cuales están directamente relacionados al cambio climático.

Disminuir el porcentaje de intensidad de corta a un máximo de 40 % y bajarlo al menos a 25 % para alcanzar mayor almacenamiento de carbono en las especies comerciales.

Realizar monitoreo del crecimiento de árboles en un periodo mayor de años, lo que traería el poder relacionar los cambios en el incremento con la variabilidad climática y por ende ayudaría a separar el posible efecto de otros factores que no sean específicamente la intensidad del aprovechamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Asamblea Nacional de Nicaragua. (2013, 16 de agosto). NTON 18 001-12. *Norma técnica para el manejo sostenible de los bosques tropicales latifoliados y de coníferas*. La Gaceta No. 155. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/e5f72bc32154fb1d06257bdb005a8ee7>
- Brown, S. (1997). *Estimating biomass and biomass change of tropical Forests: a primer*. <https://www.fao.org/3/w4095e/w4095e00.htm>
- Corral Rivas, J. J., Vargas Larreta, B., Aguirre Calderón, O. A., Álvarez González, J. G., y Rojo Alboreca, A. (2009). *Guía para el Establecimiento de Sitios de Investigación Forestal y de Suelos en Bosques del Estado de Durango* https://www.researchgate.net/publication/305640430_Guia_para_el_establecimiento_de_sitios_de_investigacion_forestal_y_de_suelos_en_bosques_del_Estado_de_Durango
- González, Y., y Cuadra Cruz, M. (2004). *Estandarización de unidades de medidas y cálculo de volúmenes de madera*. <https://docplayer.es/18505371-Estandarizacion-de-unidades-de-medidas-y-calculo-de-volumenes-de-madera.html>
- Instituto Nacional Forestal. (2009). *Resultados del inventario nacional forestal: Nicaragua 2007-2008*. <https://cambioclimatico.ineter.gob.ni/bibliografia/Mitigacion%20del%20cambio%20climatico/Informe%20Final%20inventario%20forestal.pdf>
- Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC. (2003). *Good practice guidance for LULUCF*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_files/GPG_LULUCF_FULL.pdf
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2005). Glosario de términos utilizados en el tercer informe de evaluación del IPCC.
- Malhi, Y., y J. Grace. (2000). Tropical forest and atmospheric carbon dioxide. *Trends in Ecology and Evolution*, 15(8), 332-337. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)01906-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)01906-6)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (1998). *Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales*. <https://www.fao.org/3/ae218s/AE218S00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2003). *Secuestro de carbono en bosques, su papel en el ciclo global*. <https://www.fao.org/3/y4435s/y4435s09.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2010). *Mercados de carbono: Qué tipos existen y cómo funcionan*. En C. Seeberg-Elverfeldt (Ed.), *Las posibilidades de financiación del carbono para la agricultura, la actividad forestal y otros proyectos de uso de la tierra en el contexto del pequeño agricultor* (pp. 5-11). <https://www.fao.org/3/i1632s/i1632s02.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2011). *Situación de los bosques del mundo*. <https://www.fao.org/3/i2000s/i2000s.pdf>
- Segura, M. (1999). *Valoración del Servicio de fijación y almacenamiento de carbono de bosques privados en el área de conservación de la Cordillera Central de Costa Rica* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio de Conocimiento Institucional CATIE. <https://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/4298>