

Estimación de captura de carbono en el sistema agroforestal de Theobroma cacao L

Estimate of capture of carbon in the system Agroforestal of Theobroma cocoa L

Rolando Arteaga-Duran; Yuris Rodríguez-Matos; Yisenia Del Toro- Ricardo

Universidad de Guantánamo, Facultad Agroforestal, Cuba

Correo(s) electrónico(s)

rolandoad@cug.co.cu

yurism@cug.co.cu, yurisrodriguez@gmail.com

yiseniadr@cug.co.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5241-4537>

<https://orcid.org/0000-0002-5032-6362>

<https://orcid.org/0000-0001-6146-3998>

Recibido: 20 de octubre de 2020

Aceptado: 26 de noviembre de 2020

Resumen

El trabajo se desarrolló en la UBPC José Maceo de Baracoa, con el objetivo de evaluar la estimación de captura de carbono en el Sistema Agroforestal cacaotero, a partir de 14 parcelas de 500 m², calculándose el CO₂ retenido en toneladas y la estimación de forma directa, con los precios de mercado disponibles por tonelada de carbono. Los índices de biodiversidad arrojaron alto porcentaje de sombreado. La concentración total de carbono en la biomasa vegetal fue de 65, 44 t C/ha y el valor económico del secuestro de CO₂ en el Sistema Agroforestal cacaotero fue 2 401,75 USD\$/ha.

Palabras clave: Sistema Agroforestal; Biomasa; Secuestro de carbono; Biodiversidad.

Abstract

The work was developed in the UBPC José Maceo, with the objective of evaluating the estimate of capture of carbon in the System Agroforestal cacaotero. 14 parcels of 500 m² rose. The CO₂ was calculated retained in tons and he/she was considered in a direct way, starting from the available market prices for ton of carbon. The biodiversity indexes threw high percentage of shady. The total concentration of carbon in the vegetable biomass was of 65, 44 t C/ha and the economic value of the kidnapping of CO₂ in the SAF cacaotero it was 2 401, 75 USD\$/ha.

Key words: System Agroforestal, biomass, kidnapping of carbon and biodiversity.

Introducción

A nivel mundial se considera que la pérdida de biodiversidad y el aumento de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera colabora al calentamiento global y son los problemas más importantes desde el punto de vista ambiental, por lo que, analizar el potencial de los sistemas forestales puede contribuir al mantenimiento de la biodiversidad y a disminuir la concentración de CO₂ atmosférico de acuerdo con León (2016), quien explica que los sistemas agroforestales en el mundo están orientados a mejorar la productividad de la tierra y al mismo tiempo, son ecológicamente sustentables, pues pueden contribuir eficientemente en la creación de sistemas integrales de producción que ayuden a mantener la productividad, proteger los recursos naturales, minimizar los impactos ambientales y satisfacer las necesidades económicas y sociales de los agricultores.

Debido a la compleja estructura de los sistemas agroforestales (SAFs), que acumulan biomasa en todos sus niveles, lo que se traduce en mayor captura de Carbono de acuerdo con la explicación de Castro (2017), donde el contenido de Carbono de la biomasa acumulada tiene un factor de conversión de 0,5 sobre la biomasa aérea.

Los sistemas agroforestales, al asociar especies leñosas con cultivos agrícolas se convierten en una opción económica y ecológica para mitigar el cambio climático, captura de Carbono, al estar en correspondencia, donde el cultivo de cacao en Guantánamo, unido a diferentes especies forestales, es considerado como uno de los productos agrícolas tradicionales de importancia social y económica por generar ingresos a las familias según afirman Castillo, *et al.* (2018).

Los sistemas agroforestales en Baracoa no escapan a estas realidades, al no reunir las características necesarias para alcanzar la sostenibilidad. En este contexto, el objetivo del presente trabajo es determinar la estimación de captura de Carbono en el Sistema Agroforestal de *Teobroma cacao* L., en Jamal, Baracoa.

Desarrollo

El presente trabajo se desarrolló en la finca Los Yacer, perteneciente a la UBPC “José Maceo” de la localidad El Jamal correspondiente al municipio Baracoa, provincia Guantánamo, desde junio del año 2019 hasta junio de 2020, en un suelo Pardo Sialítico Ócrico Sin Carbonatos, para evaluar la composición florística del ecosistema cacaotero.

Se realizó un levantamiento de las parcelas en las plantaciones, para lo cual se utilizó la Norma Ramal 595 de Tratamientos Silvícolas según MINAG (1983), aplicando un muestreo aleatorio simple sin

reemplazo. Se levantaron 14 parcelas de 500 m², donde se evaluaron las diferentes especies a una distancia de 100 m entre ellas.

A todos los árboles de cada parcela se les midió el diámetro a 1,30 m del suelo con una cinta diamétrica, la altura total se midió con una regla graduada en centímetros cuando no superó los tres metros y cuando fue mayor, con un hipsómetro de Blume Leiss (Suunto). La retención de carbono en el sistema agroforestal cacaotero se evaluó por la metodología Mercadet y Álvarez (2009). Los datos obtenidos fueron procesados con un fichero confeccionado en Microsoft Office Excel 2010.

El índice de valor de importancia se determinó por la metodología de Keels, *et al.* (1997), a partir de la suma de abundancia relativa, frecuencia relativa y dominancia relativa de cada especie:

$$IVIE = AR + FR + DR$$

Donde: AR (Abundancia relativa), FR (Frecuencia relativa), DR (Dominancia relativa).

de individuos de una especie

$$AR = \frac{\text{# de individuos de una especie}}{\text{# total de individuos de todas las especies}} \times 100$$

total de individuos de todas las especies

de parcelas en la que ocurre una especie

$$FR = \frac{\text{# de parcelas en la que ocurre una especie}}{\text{Total, de ocurrencia en todas las parcelas}} \times 100$$

Total, de ocurrencia en todas las parcelas

Área basal de una especie

$$DR = \frac{\text{Área basal de una especie}}{\text{Área basal de todas las especies}} \times 100$$

Área basal de todas las especies

El volumen de los fustes de árboles se convirtió en toneladas de biomasa de acuerdo a la metodología de Segura (2001):

$$BMF (t) = \text{volumen (m}^3\text{)} \times \text{densidad básica de la especie (kg/m}^3\text{)} / 1000.$$

La biomasa correspondiente a las ramas y follaje (biomasa aérea), se calculó utilizando el Factor de Expansión de la Biomasa cuyo valor es 1,74, quedando: BMA (t) = BMF (t) x FEB (s/u), además, la biomasa de las raíces (BMR) se estimó multiplicando la biomasa del fuste por el valor por defecto 0,3: BMR (t) = 0,3 x BMF (t).

La biomasa total (BMT) fue calculada como la suma de sus componentes.

$$BMT(t) = BMF(t) + BMA(t) + BMR(t).$$

El carbono retenido (CR) por las especies se calculó utilizando la fracción de carbono en la madera (FCM) determinada para las condiciones de Cuba por Mercadet, *et al.* (2011), y el carbono retenido de la biomasa total (CRBT), además la fracción de contenido de carbono en la madera (FCCM) determinada para las condiciones de Cuba:

$$CRBT(t) = BMT(t) \times FCCM$$

Conversión del carbono calculado a carbono equivalente (CO₂e):

Para calcular cuánto representó el carbono retenido en toneladas de CO₂ removido de la atmósfera, se multiplicó por 44/12 (3,67 t CO₂), que es la relación existente entre el peso total de la molécula de CO₂ (44) y del átomo de carbono (12).

El valor del secuestro de carbono se estimó de forma directa, a partir de los precios de mercado disponibles por tonelada de carbono (C), para lo que se tomó como referencia el trabajo de Oliveira (1996).

Actualmente, los derechos de secuestro de carbono se comercializan en el mercado internacional a un precio de US\$0,01 kg C-1y US\$10 T C-1. Este precio representa la voluntad por un beneficio ambiental, y por tanto, puede ser aplicado a la cantidad de carbono secuestrado en los sistemas agroforestales.

Para evaluar los resultados experimentales se empleó el diseño completamente al azar (DCA), donde los sistemas agroforestales con cacao constituyeron los tratamientos, después de determinar si existió significación estadística se aplicó la prueba de medias de Fisher ($p \leq 5\%$).

El procesamiento de los datos se realizó a través de diferentes paquetes estadísticos: Bio Diversity Pro, además se utilizó Microsoft Excel para Windows 2000 para la confección de tablas, gráficos y análisis estadístico, el Microsoft Office Word para la elaboración del documento. Los datos se analizaron mediante regresión.

De acuerdo con los resultados que se muestran en la figura 1, del sistema agroforestal, las especies de mayor importancia ecológica son: *Roystonea regia* con 59,98%, *Samanea saman* con 17,56%, *Gliricidia sepium* con 15,56%, *Trema micranthum* con 13,51% y *Cedrela odorata* con 13,38%.

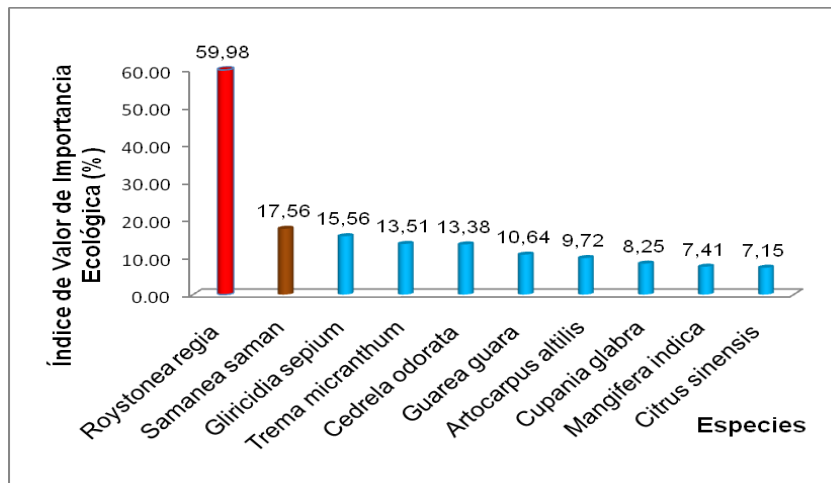


Figura 1. Índice de valor de importancia ecológica (IVIE) del SAF.

Fuente: Elaboración propia.

Con estos valores coinciden Castillo, *et al.* (2018), al dejar claro que las especies de valor de importancia ecológica son las que mejor se corresponden a las condiciones edafoclimáticas al tener un mejor funcionamiento fisiológico y permite una mayor probabilidad de sobrevivencia a corto, medio y largo plazo, además de eso, son las que mejor se desarrollan en el bosque o sistemas agroforestales: cacaotero, cafetalero, a través de su estructura horizontal y vertical.

También coinciden con estos valores Gavilan y Rubio (2015), al dejar claro que las especies de menor valores están dada a través de las alteraciones climáticas y la población, donde muchas de las amenazas a la biodiversidad que ocurren en la región están dada de forma directa o indirecta al exponer a los cambios de la estructura del ecosistema.

Dentro de las especies más abundantes en el sistema agroforestal, existen algunas que no tienen las características como árboles sombreadores: *Roystonea regia*, *Guarea guara*, *Citrus sinensis*, *Cupania glabra*, *Trema micranthum* y en las menores tampoco la reúnen, el cual se debe a que las especies deben ser leguminosa, de raíces profundas, hojas finas para que dejen pasar parte de la radiación directa y difusa al sistema para aumentar el rendimiento del cacao.

Resultados similares alcanzaron Aguirre, *et al.* (2016), al plantear que la evaluación de los factores ambientales y sus impactos en el ecosistema provoca la degradación en el área, debido a la pérdida de biodiversidad que proporciona degradación del ecosistema, además explica, que en los sistemas

agroforestales que tienen adecuada característica con respecto al área de estudio, donde encontraron que la especie *Cedrela odorata* (L.) forma parte de este tipo de ecosistema, siendo esta de valor comercial local y nacional, también permite lograr la función de árboles sombreador para elevar el rendimiento de *Theobroma cacao*.

Con los resultados que se alcanzaron, coinciden Áryal, *et al.* (2014), en estudios realizados en dos fincas de sistemas agroforestales cacaotero, a través de las especies leñosas perennes encontradas: *Gliricidia sepium* (J.), al reconocerse su valor no solo como sombra, sino también en el subsecuente incremento de la disponibilidad de nutrientes para mejorar la estructura física y química del suelo.

Según las fuentes de medida, el mayor volumen de carbono orgánico almacenado está concentrado en la biomasa de los árboles vivos frente a la vegetación arbustiva y herbácea, a nivel de la vegetación, debido a que representan el mayor volumen de biomasa en las fuentes de medida estudiadas.

Las especies del estudio retienen un total de 65,44 t de carbono, sobresaliendo en su aporte: *Roystonea regia*, *Samanea samán*, *Theobroma cacao* y *Spondias mombin* con una retención de 29,02; 14,36, 21,711 y 6,386 t de carbono respectivamente, tabla 1.

Todas las especies evaluadas constituyen en su conjunto un almacén de carbono, a su vez permite que se les considere como una estrategia de conservación y de reducción de CO₂. De hecho, y según Naire, *et al.* (2009), en términos de reducción del CO₂ atmosférico, los árboles ofrecen el doble beneficio, el almacenamiento directo de carbono y la disminución de la producción de CO₂ por parte de las plantas de energía que utilizan combustibles fósiles. También funcionan como sumidero de CO₂ atmosférico; por ende, su incremento en términos de cantidad permite reducir la concentración de gases de efecto invernadero.

Estos resultados permiten validar el criterio universal de que los bosques son sumideros naturales de carbono, como lo defendió Brown (1997), quedando demostrada la importancia de las especies forestales por su aporte a la retención de carbono, y deja claro que una de las razones para poseer y reclamar más árboles, es que estos atrapan el dióxido de carbono (CO₂), el gas de efecto invernadero con mayor impacto en el cambio climático. Algunos árboles tienen mayor capacidad de absorción que otros, un dato importante a la hora de plantar nuevos ejemplares con el objetivo de luchar contra el calentamiento global,

	Almacenamiento	Carbono	Valor de	Valor de mercado del CO ₂
SAF	de Carbono	equivalente	CO ₂ /t (USD)	secuestrado
Cacaotero		(CO ₂ e)		

65,4428	240,18	10	2401,75
---------	--------	----	---------

Tabla 1. Secuestro y Valoración económica del carbono almacenado en el sistema.

Fuente: Elaboración propia.

El análisis mostró un estimado de carbono almacenado por hectárea en los sistemas valorado aproximadamente en 2 401 dólares (USD) por año. De este monto, el 42,38 % fue aportado por *Theobroma cacao*. Estos valores económicos, desde la perspectiva ambiental, junto con los ingresos correspondientes a la comercialización del producto final, representan una valorización del SAF.

A partir de estos resultados, se permite medir y comparar los diferentes beneficios que generan los ecosistemas; puede servir de instrumento para demostrar la importancia del manejo y la gestión de los recursos naturales, además pone de manifiesto la eficiencia económica de su uso sostenible al integrar en su análisis beneficios superiores a los que son percibidos en términos monetarios. Por otro lado, existe un potencial para manejar y recuperar áreas degradadas por el mal manejo empleado.

Además de la rentabilidad que logró por la mayor producción agrícola, los sistemas agroforestales proveen importantes servicios ambientales, como conservación de humedad, mayor protección al suelo, conservación y enriquecimiento de la biodiversidad, y secuestro de carbono.

Es importante tomar en consideración el valor económico como elemento fundamental para lograr una utilización sostenible del ecosistema y aunque la valoración económica no constituye el instrumento que se debe tener presente para todas las decisiones, representa uno de los aspectos que intervienen en el proceso decisorio, junto con otras importantes consideraciones políticas, sociales y culturales, además la propuesta de introducir árboles en los sistemas de producción agropecuaria tiene como objetivo el incremento de las áreas con especies forestales y la reducción de la presión a los bosques naturales por recursos forestales maderables y no maderables; de ahí, que se recomienda el establecimiento de los sistemas agroforestales en las áreas agropecuarias sin la eliminación de la vegetación original.

En los sistemas agroforestales desarrollados en plantaciones de cacao, los indicadores económicos son más ventajosos, ya que se tiene una minimización de costos de producción, porque se hace un aprovechamiento más eficiente, tanto de las labores culturales e insumos que se aplican, como del espacio y recursos disponibles.

En este sentido, los sistemas agroforestales representan una estrategia para la generación de servicios ambientales como el secuestro de carbono. Los sistemas agroforestales contribuyen a la generación de

servicios ambientales, sobre todo, aquellos que incluyen obras y tecnologías para la conservación de suelos y captación de agua, de acuerdo con Morán, *et al.* (2014).

Es imprescindible valorar todos los bienes y servicios que nos proporcionan los SAF y es fundamental la gestión para que se apoyen proyectos en los que se ejecute un manejo eficiente del suelo con la producción de alimentos en forma sostenible y conservando los recursos naturales tal como afirma Oliveira (1996).

También explican estos autores que es necesario se investiguen las características y los usos de las especies nativas, estas podrían desempeñar un papel importante en la productividad y rentabilidad de los sistemas, para los cuales existe una gran variedad de cultivos potenciales que pueden incorporarse con un arreglo topológico adecuado.

Conclusiones

Los índices de biodiversidad arrojaron un alto porcentaje de sombreado con especies idóneas en el sistema agroforestal cacaotero. La concentración total de carbono en la biomasa vegetal del área de estudio evidencia un alto potencial de reservas de carbono.

El sistema agroforestal cacaotero tiene un ingreso económico en función del secuestro de CO₂, favorable para el ecosistema.

Referencias bibliográficas

- Aguirre, O., Corral, J., Vargas, B. y Jiménez, J. (2016). *Evaluación de modelos de diversidad-abundancia del estrato arbóreo en un bosque de niebla*. Revista Fitotecnia Mexicana, 31 (3), 281-289.
- Áryal, D. R., Jong, B. H., Ochoa-Gaona, S., Esparza-Olgún, L. and Mendoza-Vega, J. (2014). *Carbon stocks and changes in tropical secondary forests of southern, Mexico*. Agricultura, Ecosistemas and Environment 195:220-230.
- Brown, S. (1997). *Los Bosques y El Cambio Climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono*. En: XI Congreso Forestal Mundial. Ankara.
- Castillo, M. J., Morejón, M., Rodríguez, Y. y Suárez, M. (2018). *Evaluación Del Comportamiento Florístico De Un Sistema Agroforestal Cacaotero En La Unidad Básica Agroindustrial de Café y Cacao (UBACC), El Jamal, Baracoa, Cuba*.

- Castro, R. J. (2017). *Almacenamiento de carbono y análisis de rentabilidad en sistemas agroforestales con Coffea arabica (L) en la zona de los santos*, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Gavilán, R. G. y Rubio, A. (2015). *¿Pueden los índices de diversidad biológica ser aplicados como parámetros técnicos de la gestión forestal?* Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales.
- Keels, S., Gentry, A. y Spinzi, L. (1997) *Using vegetation an analysis to facilitate the selección of conservación sites in Eastern Paraguay. Biodiversity measuring and monitoring certification training*, volume 2. Washington: SI/MAB.
- León, A. Y. (2016). *Reserva de carbono en bofedales y su relación con la florística y condición del pastizal*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mercadet, P. A. y Álvarez, B. A. (2009). *Metodología para establecer la línea base de retención de carbono en las Empresas Forestales Integrales de Cuba*. EN: *Efecto de los cambios globales sobre el ciclo del carbono*. Publicado por: RED CYTED 406RT0285 “Efecto cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica”, pp. 107-118. ISBN: 978-987-96413-7-8.
- Mercadet, P. A., Álvarez, B. A., Escarré, A. y Ortiz, Y. (2011). *Coeficientes de carbono y nitrógeno en la madera y corteza de especies forestales arbóreas cubanas*. [en línea]. Disponible en: http://bva.fao.cu/pub_doc/Reposit/cuf0337s.pdf
- Ministerio de la Agricultura (MINAG). (1983). *Norma Ramal 595. Tratamientos Silvícolas*. 25p.
- Morán, M.B., Herrera, A. y López, B. K. (2014). *Evaluación socioeconómica y ambiental en tres sistemas agroforestales en el trópico seco nicaragüense*. Rev. Científica de FAREM- Estelí. Medio Ambiente. Tecnología y Desarrollo Humano 11 (3): 13-26.
- Nair, P., Nair, V.D., Kumar, B.M., Haile, S.G. (2009). *Soil carbon sequestration in tropical agro forestry systems: a feasibility appraisal*. Environ. Sci. Policia.
- Oliveira, K.R. (1996). *Valoración económica de bienes y servicios ambientales en sistemas agrícolas en San Miguel, Petén, Guatemala*. (Tesis de Maestría). CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- Segura, M. (2001). *Estimación de Carbono en Ecosistemas Tropicales: Los aportes de modelos de biomasa*. En: *Curso Internacional “Proyecto de Cambio Climático en los Sectores Forestal y Energético: Oportunidades de Desarrollo para Países Latinoamericanos”*. CATIE-PNUD, C. Rica, 24-28 septiembre.