

18

## **CUANTIFICACIÓN**

**DEL VALOR ECONÓMICO DEL CO<sub>2</sub> EN UNA PLANTACIÓN DE  
THEOBROMA CACAO L**

# CUANTIFICACIÓN

## DEL VALOR ECONÓMICO DEL CO<sub>2</sub> EN UNA PLANTACIÓN DE THEOBROMA CACAO L

### QUANTIFICATION OF THE ECONOMIC VALUE OF CO<sub>2</sub> IN A PLANTATION OF THEOBROMA CACAO L

Salomón Barrezueta-Unda<sup>1</sup>

E-mail: [sabarrezueta@utmachala.edu.ec](mailto:sabarrezueta@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4147-9284>

Pamela Ríos-Carrión<sup>1</sup>

E-mail: [pamerioscarrion@hotmail.com](mailto:pamerioscarrion@hotmail.com)

Cesar Quezada-Abad<sup>1</sup>

E-mail: [cquezada@utmachala.edu.ec](mailto:cquezada@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9877-3084>

Wilmer Moreira-Blacio<sup>1</sup>

E-mail: [wmoreira@utmachala.edu.ec](mailto:wmoreira@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6902-4033>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

#### Cita sugerida (APA, sexta edición)

Barrezueta-Unda, S., Ríos-Carrión, P., Quezada-Abad, W., & Moreira-Blacio, W. (2019). Cuantificación del valor económico del CO<sub>2</sub> en una plantación de Theobroma cacao L. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(1), 134-140. Recuperado de <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA>

#### RESUMEN

Los valores por servicio ecosistémico que generan los modelos de producción agrarios, pueden ser utilizado para mejorar los ingresos económicos del agricultor. Como es el caso del almacenamiento de carbono o los pagos por la no emisión de CO<sub>2</sub>. En este contexto se plantearon los objetivos: estimar en una parcela de cacao tipo CCN51 los niveles de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en hojarasca y árboles en pie y proyectar el aporte económico por secuestrar CO<sub>2</sub>. Para esto fueron seleccionadas tres parcelas donde se delimitó un transepto de 15 m, en cada 5 m se tomaron muestras de hojarasca y se midió el diámetro de los árboles de cacao, para estimar el volumen. El proceso de cuantificar la biomasa fue mediante ecuaciones alométricas. Los resultados indicaron mayor acumulación de CO<sub>2</sub> en la hojarasca (436,96 kg ha<sup>-1</sup>), mostrando significancia estadística (P<0,05) con respecto al valor obtenido en los arboles (69,00 kg ha<sup>-1</sup>).

**Palabras clave:** Biomasa, hojarasca, cacao CCN51, desarrollo económico.

#### ABSTRACT

The ecosystem service values generated by agricultural production models can be used to improve the economic income of the farmer. As is the case of carbon storage or payments for the non-emission of CO<sub>2</sub>. In this context the objectives were set: to estimate in a plot of cocoa type CCN51 the storage levels of CO<sub>2</sub> in litter and standing trees and to project the economic contribution for sequestering CO<sub>2</sub>. For this, three plots were selected where a 15 m transept was delimited, in each 5 m leaf litter samples were taken and the diameter of the cacao trees was measured, to estimate the volume. The process of quantifying the biomass was by means of allometric equations. The results indicated a greater accumulation of CO<sub>2</sub> in the litter (436.96 kg ha<sup>-1</sup>), showing statistical significance (P < 0.05) with respect to the value obtained in the trees (69.00 kg ha<sup>-1</sup>).

**Keywords:** Biomass, litter, cocoa CCN51, economic development.

## INTRODUCCION

Las investigaciones sobre el desarrollo económico de los países, está relacionado con el cambio climático (Spokas, et al., 2012), debido a las consecuencias de acciones antrópicas como la deforestación para dar paso a la agricultura, con modelos de producción intensivos como el monocultivo (Dawoe, Quashie-Sam & Oppong, 2014). Este cambio en el uso del suelo tiene consecuencia directa sobre el clima, debido a que la reducción de la biomasa que genera los bosques no es compensada con los residuos orgánicos que produce un modelo agrario. Esto ocasiona que el carbono se libere como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), principal gas efecto invernadero (GEI) (Concha, Alegre & Pocomucha 2007).

En este marco los modelos de producción agrícola necesitan secuestra carbono orgánico (CO), en el suelo, debido a que se reduce la presión de los bosques naturales y se contribuye con la reducción de los efecto del cambio climático (Mithöfer, et al., 2017). Este efecto positivo se denomina servicio ecosistémicos, el cual tiene un valor económico importante entre las comunidades rurales que habitan en los páramos, selvas tropicales y sabanas (Domínguez-Junco, Rojas-Hernández, Gómez-Hernández & Medina-Peña, 2017). Los pagos financiados para el clima y el mercado de carbono son necesarios para incitar el aplacamiento del CO<sub>2</sub> establecidos con la única intención de reducir las emisiones del suelo hacia la atmosfera (Ward, et al., 2016).

El mercado del servicio ecosistémico de captura de carbono son en equivalentes en toneladas de CO<sub>2</sub> y los pagos son: por derechos de emisión (EUAs), créditos de carbono (CERs), unidades de reducción (ERUs) y reducciones voluntarias (VER). El servicio se venda en el marco de un proyecto de mecanismos de desarrollo más limpio, que la autoridad competente autoriza en cada país, en el caso de Ecuador es el Ministerio del ambiente.

La mayoría de transacciones se realizan en CERs mediante contratos a futuro, es decir, antes de que los certificados se expidan. Por tal motivo, los precios de los CERs dependen en de la fluctuaciones del mercado internacional del CO<sub>2</sub>.

El *Theobroma cacao* L. (cacao), aunque no es un alimento básico para la seguridad alimentaria, es el tercer commodities después del café y el azúcar en comercialización a nivel mundial. Cabe recalcar que oscilan de 5 a 6 millones de cultivadores de cacao en los principales países productores como Costa de Marfil, Ghana, Nigeria, Ecuador, Camerún, Indonesia, Brasil, Perú, Senegal, etc (International Cocoa Organization, 2018). Por otra parte, el cultivo del cacao tiene un alto valor social y económico, debido a que más del 95% de la producción proviene de pequeñas explotaciones en países de África, Latinoamérica y del sureste asiático que no sobre pasan las 10 ha (Cerde,

et al., 2014). Por lo que juega un rol importante en la disminución de la pobreza de ciertas regiones deprimidas.

En este aspecto, en el Ecuador la mayoría de los productores de cacao, no reciben ningún beneficio o valor adicional por los servicios ecosistémicos que producen sus parcelas, reduciéndose su ingresos únicamente a la venta del grano, semilla y madera (Somarrriba, et al., 2013). Es por ello que encontrar un valor adicional para los cacaoteros es de gran interés para los agricultores y puedan su vez recibir anualmente un parte monetaria secuestra carbono en el suelo (Pocomucha & Alegre 2016).

Con lo expuesto los objetivos de la investigación fueron: estimar en una parcela de cacao tipo CCN51 los niveles de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en la hojarasca y en los árboles en pie; así como, proyectar el aporte económico por secuestrar CO<sub>2</sub>.

## DESARROLLO

El estudio de campo se realizó una parcela de 2 ha, ubicada en la parroquia El Progreso, al noroeste de la provincia de El Oro (Ecuador), entre las coordenadas geográficas de 3°19'52,3''S y 79°48'27,5''W. La zona presenta un clima seco tropical con temperatura media anual de 23 °C y precipitación acumulada de 1325 mm.

El método de investigación fue descriptivo, debido a que no se modificaron las variables en estudio como son el contenido de biomasa seca (hojarasca) generado por las plantas de cacao y el diámetro a la altura del pecho (DAP), para determinar el contenido de biomasa de los árboles.

El proceso de muestreo consistió en tomar hojarasca de cacao de 3 subparcelas de 20 x 20 m separadas entre a 13 m. en el centro de cada subparcela ubico un transepto de 15 m, donde cada 5 m se procedio a recolectar hojarasca, con la ayuda de un marco de madera (0,25 m x 0,25 m), a ambos lados del transepto.

Las muestras colectadas fueron etiquetadas para su análisis en el Laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Machala, para constatar su peso en húmedo, luego se colocó en una estufa a 110 °C por 48 horas, luego retiradas al concluir este tiempo para posteriormente ser pesadas nuevamente. Luego por diferencia de peso se determinó la biomasa utilizando la ecuación (1). (Ecuación 1)

$$biomasa = \left( \frac{Ph - Ps}{Ph} * 100 \right) * 0,4$$

Donde, Ph es peso húmedo de la hojarasca, Ps es peso seco de la hojarasca y multiplicado por 0,4 que es el factor de conversión.

El siguiente paso fue medir el DAP de arboles con circunferencia > 0,95 m a 0,30 m de altura, debajo del molinete del cacao. Para estimar la biomasa en pie de los árboles se utilizó la ecuación (2) alométrica propuesta por (Díaz, Ruiz, Tello & Arévalo, 2016).

(Ecuación 2)

$$BA = 0,4849 * DAP^{1,4}$$

Donde, DAP tomada a 0,30 m desde el piso, 0.4849 factor de corrección. Los valores son expresados en m<sup>3</sup> kg<sup>-1</sup>.

### Estimación de CO<sub>2</sub>

Como el muestreo fue en 1 hectárea se multiplico por 10 000 m<sup>2</sup> y luego para 3,67 que representa el peso molecular del CO<sub>2</sub> (Pocomucha, Alegre, y Abregú 2016). De esta forma se obtuvo un aproximado de la capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub> en toneladas.

### Estudio Financiero

Se tomó los datos del portal <https://www.sendeco2.com>, entre el periodo 2008 al 2018, promediando los valores de CERs. Información con la cual se graficó una serie temporal que permitió apreciar la evolución del valor del CO<sub>2</sub> en los mercados internacionales (Figura 1), donde el promedio obtenido es de \$ 5,28.

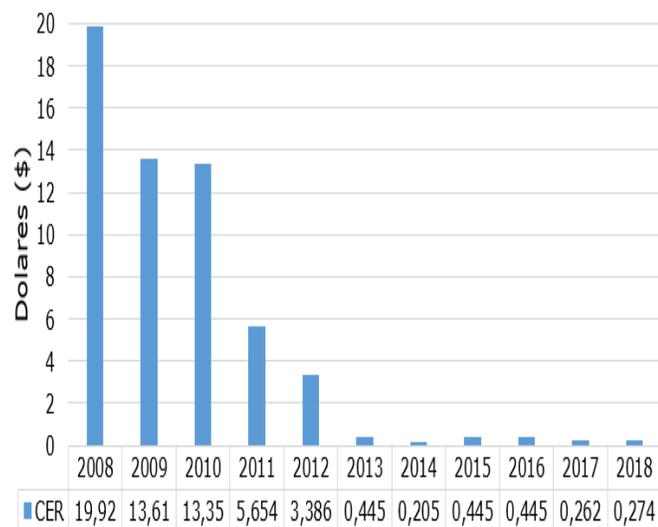


Figura 1. Evolución de los precios de CO<sub>2</sub> en función de CERs, en el periodo 2008-2018.

En la presente investigación, se utilizó los costos administrativos y de producción, un préstamo bancario con la tasa de interés anual del Banco Central del Ecuador periodo 2018. Los ingresos por venta, son el resultado de la cantidad de latas que se obtienen por cosecha, la misma que se realizan cada quince días en un promedio de 30 latas. Estos valores que se detallan en un flujo de caja proyectado a 5 años para una plantación establecida con 15 años en producción. Se empleó como indicadores fi-

nancieros el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y al beneficio costo (B/C).

El proceso estadístico se realizó en Excel para elaboraron las tablas y gráficos, que luego fueron llevada al software SPSS versión 23. Se estimó los estadísticos de tendencia central y desviación estándar. También se realizó un ANOVA de una vía y prueba de Tukey al 95% de significancia.

En la Figuras 2A y 2B de cajas, se muestra los diagramas de cajas y bigotes para hojarasca (mantillo) y de árboles en pie, respectivamente. Los valores indican que el almacenamiento de CO<sub>2</sub> fue menor en la biomasa viva con 199,79 kg ha<sup>-1</sup>, mientras en la hojarasca el incremento fue 436,96 kg ha<sup>-1</sup>. Producto de una mayor acumulación de carbono en el suelo y a la lenta mineralización de este elemento, mientras en la planta el carbono es tomado del CO<sub>2</sub> atmosférico y trasformado por la fotosíntesis y luego en energía para las plantas (Farquhar, Ehleringer & Hubick, 1989).

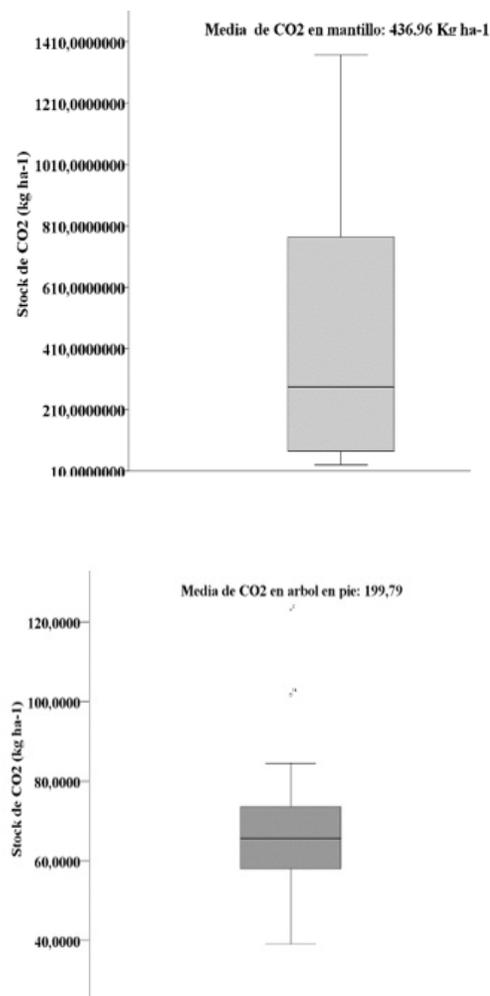


Figura 2. Diagramas de caja y bigote: A) CO<sub>2</sub> en la hojarasca, B) CO<sub>2</sub> en los árboles en pie.

En la Tabla 1, se muestra la estadística descriptiva e inferencial por transectos de la biomasa obtenida de la hojarasca y de los árboles en pie. Los resultados indican diferencias estadísticas ( $P < 0,05$ ). Al comparar las medias de  $CO_2$ , en hojarasca fue muy heterogénea obteniendo el mayor promedio el transecto 1 (T1) con  $970,05 \text{ kg ha}^{-1}$ , seguido del transecto 3 (T3) con  $278,63 \text{ kg ha}^{-1}$  y el transecto 2 (T2) con  $61,71 \text{ kg ha}^{-1}$ . En árboles en pie la biomasa fue descendiendo entre T1 ( $74,94 \text{ kg ha}^{-1}$ ), T2 con ( $65,45 \text{ kg ha}^{-1}$ ) y T3 ( $59,40 \text{ kg ha}^{-1}$ ). La mayor amplitud entre los rangos también se expresó T1 con  $1367,34-528,09 \text{ kg ha}^{-1}$  para hojarasca y  $8,88-53,11 \text{ kg ha}^{-1}$  en T3 para los árboles. Esto indica una densidad poblacional de las plantas de cacao no homogénea, así como una distancia de siembra irregular entre los tres transectos.

La Figura 3, presenta la comparación del promedio de almacenamiento de  $CO_2$  entre la hojarasca y los árboles en pie. El mayor resultado corresponde a  $436,96 \text{ kg ha}^{-1}$  en la hojarasca, mientras que los árboles obtuvieron  $69,00 \text{ kg ha}^{-1}$ . Valores que indican que la hojarasca acumulada

es un importante colchón de  $CO_2$  y por lo tanto es donde radica el mayor valor ecosistémico del cacao.

El valor acumulado entre la hojarasca y los árboles fue de  $505,96 \text{ kg ha}^{-1}$ , que se transformaron a toneladas métricas, obteniendo  $0,506 \text{ t ha}^{-1}$ . Cantidad son bajas al comparar con trabajos previos realizados en cacao por Barrezueta-Unda, Luna-Romero & Barrera-León (2018), con valor mayor a  $70 \text{ t ha}^{-1}$  pero en suelo.

El flujo de caja sin valor ecosistémico (Tabla 2), mostró un VAN de  $\$ 3092,66$  con un TIR de 24%. Al agregar el valor de los créditos CERs de  $CO_2$  los indicadores financieros variación muy poco (VAN=  $\$ 3254,69$  y TIR=25%) En el flujo de caja con servicio ecosistémico (Tabla 3), cuyo valor adicional fue de  $\$ 53,43$  por las 20 ha que compone la finca. Esto se debe a que la cantidad de  $CO_2$  estimada se excluyó al suelo principal sumidero de carbono.

Tabla 1. Estadística descriptiva y ANOVA del  $CO_2$  almacenado en la hojarasca y árboles de cacao.

Descriptivos estadísticos	Mantillo			Árbol en Pie			Sig 0.05
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
Media	970,53	61,71	278,63	74,94	65,45	59,40	P < 0.00
DS	296,84	37,02	118,32	123,00	101,75	65,68	
Máximo	1367,34	134,64	493,68	58,04	39,13	53,11	
Mínimo	528,09	29,92	104,72	21,30	19,43	8,88	
Suma	7764,24	493,68	2229,04	599,51	523,62	118,79	

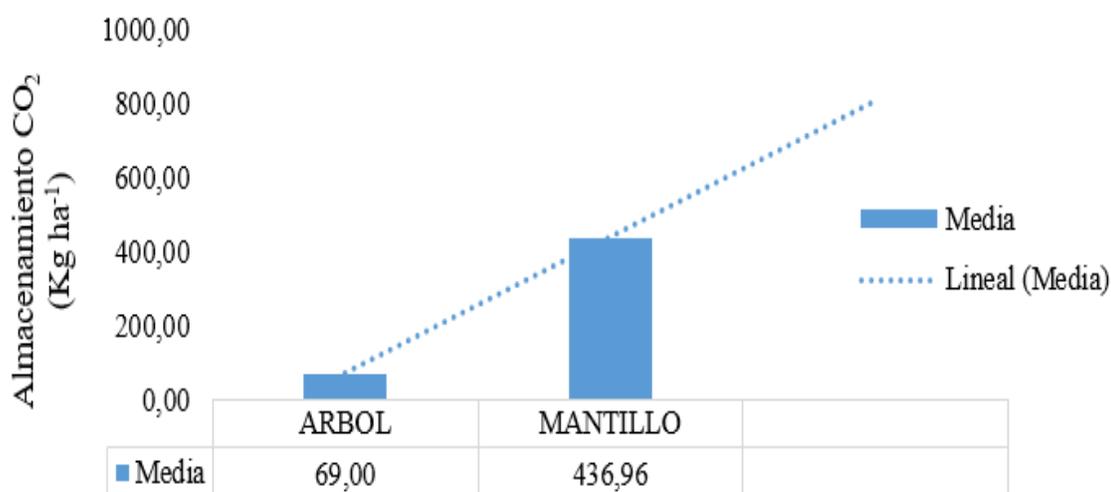


Figura 3. Comparación entre el almacenamiento de  $CO_2$  del árbol en pie y la hojarasca del cacao (mantillo).

Tabla 2. Flujo de caja proyectado sin valor ecosistémico.

Detalle	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	8000					
Ventas		4500,00	4950,00	5445,00	5989,50	6588,45
Sin valor ecosistémico (CO <sub>2</sub> kg ha <sup>-1</sup> )		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos de producción		650,00	682,50	717,73	752,52	790,08
Total ingresos		5150,00	5632,50	6162,73	6742,02	7378,53
Gastos en Ventas		20,00	21,00	22,05	23,15	24,31
Gastos Administrativo		800,00	840,00	882,00	926,10	972,41
Gastos Financieros (10%)		1792,00	1792,00	1792,00	1792,00	1792,00
Total egresos		2612,00	2653,00	2696,05	2741,25	2788,72
Utilidad antes de impuestos		2538,00	2979,50	3466,68	4000,77	4589,81
Impuestos (12%)		304,56	357,54	416,00	480,09	550,78
Utilidad bruta después de impuestos	-8000	2233,44	2621,96	3050,68	3520,68	4039,03
VAN	\$3.092,66					
TIR (%)	24%					

Tabla 3. Flujo de caja proyectado con valor ecosistémico.

Detalle	0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión Inicial	8000					
Ventas		4500,00	4950,00	5445,00	5989,50	6588,45
Sin valor ecosistémico (CO <sub>2</sub> kg ha <sup>-1</sup> )		53,43	53,43	53,43	53,43	53,43
Costos de producción		650,00	682,50	717,73	752,52	790,08
Total ingresos		5203,43	5685,93	6216,16	6795,45	7431,96
Gastos en Ventas		20,00	21,00	22,05	23,15	24,31
Gastos Administrativo		800,00	840,00	882,00	926,10	972,41
Gastos Financieros (10%)		1792,00	1792,00	1792,00	1792,00	1792,00
Total egresos		2612,00	2653,00	2696,05	2741,25	2788,72
Utilidad antes de impuestos		2591,43	3032,93	3520,11	4054,20	4643,24
Impuestos (12%)		310,97	363,95	422,41	486,50	557,19
Utilidad bruta después de impuestos	-8000	2280,46	2668,98	3097,70	3567,70	4086,05
VAN	\$3.254,69					
TIR (%)	25%					

## CONCLUSIONES

Los niveles de CO<sub>2</sub> fueron superiores en la hojarasca con respecto al árbol en pie. No se pudo encontrar una homogeneidad en las emisiones de hojas y el fuste de los árboles fue muy variado, razón la alta variación de CO<sub>2</sub> entre los transeptos.

La proyección económica con y sin el servicio ecosistémico del almacenamiento de CO<sub>2</sub> fue positiva en ambos casos. Los bajos niveles de CO<sub>2</sub> encontrado no permitió determinar una mayor diferencia entre los dos flujos de caja.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barrezueta-Unda, S., Luna-Romero, A., & Barrera-León, J. (2018). Almacenamiento de carbono en varios suelos cultivados con cacao en la provincia El Oro-Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 154–161. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/177/212>
- Cerda, R., et al. (2014). Contribution of cocoa agroforestry systems to family income and domestic consumption: looking toward intensification. *Agroforestry Systems*, 88(6), 957–981. Recuperado de [http://publications.cirad.fr/une\\_notice.php?dk=574493](http://publications.cirad.fr/une_notice.php?dk=574493)
- Concha, J. Y., Alegre, J. C., & Pocomucha, V. (2007). Determinación de las reservas de carbono en la biomasa aérea de sistemas agroforestales de *Theobroma cacao* L. en el departamento de San Martín, Perú. *Ecología Aplicada*, 6, 75–82. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v6n1-2/a09v6n1-2.pdf>
- Dawoe, E. K., Quashie-Sam, J. S., & Oppong, S. K. (2014). Effect of land-use conversion from forest to cocoa agroforest on soil characteristics and quality of a Ferric Lixisol in lowland humid Ghana. *Agroforestry Systems*, 88(1), 87–99. Recuperado de <https://www.mendeley.com/catalogue/effect-landuse-conversion-forest-cocoa-agroforest-soil-characteristics-quality-ferric-lixisol-lowlan/>
- Díaz, P., Ruiz, G., Tello, C., & Arévalo, L. (2016). Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra, en la región San Martín Perú. *Revista Intenacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 1(2), 57–67. Recuperado de <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/download/22/06>
- Domínguez-Junco, O., Rojas-Hernández, D., Gómez-Hernández, J., & Medina-Peña, R. (2017). Metodología para gestión contable de los servicios ecosistémicos forestales con enfoque de cadena de valor. *Revista Científica Agroecosistemas*, 51(1), 71–78. Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/100/136>
- Farquhar, G. D., Ehleringer, J. R., & Hubick, K. T. (1989). Carbon Isotope Discrimination and Photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 40(1), 503–537. Recuperado de <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.pp.40.060189.002443>
- International Cocoa Organization. (2018). *ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics* (Vol. XLIV). Geneva: ICCO.
- Mithöfer, D., et al. (2017). Unpacking 'sustainable' cocoa: do sustainability standards, development projects and policies address producer concerns in Indonesia, Cameroon and Peru? *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(1), 444–469. Recuperado de <https://www.cifor.org/library/6928/>
- Pocomucha, V., Alegre, J., & Abregú, L. (2016). Análisis socio económico y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Huánuco. Ecología Aplicada*, 15(2), 108–114. Recuperado de <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/article/view/750>
- Somarriba, E., et al. (2013). Carbon stocks and cocoa yields in agroforestry systems of Central America. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 173, 46–57. Recuperado de [http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files\\_mf/somarriba2013environmentsustainabilityagroforestrycarbon.pdf](http://www.worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/somarriba2013environmentsustainabilityagroforestrycarbon.pdf)
- Spokas, K. A., et al. (2012). Biochar: A Synthesis of Its Agronomic Impact beyond Carbon Sequestration. *Journal of Environment Quality*, 41(4), 973. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22751040>
- Ward, A., et al. (2016). Using carbon finance to support climate policy objectives in high mountain ecosystems Using carbon finance to support climate policy objectives in high mountain ecosystems. *Climate Policy*, 16(6), 732–751. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14693062.2015.1046413>