

Tasas de fijación de carbono biomasa total, valoración económica, sistemas de producción del cultivo de cacao

Total biomass carbon sequestration rates, economic valuation, cocoa farming production systems

Taxas totais de captura de carbono da biomassa, avaliação econômica, sistemas de produção de cacau

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v10i28.446>

Igmar Bernardo Del Águila Gasla¹
igmar.bernardo@unas.edu.pe

Zelmira Ilaria Encarnacion Baltazar³
zelmira.encarnacion@udh.edu.pe

Manuel Vega Ronquillo¹
manuel.vega@unas.edu.pe

Flor Yenny Tucto Ortega²
ftuctoo@undac.edu.pe

Wilfredo Alva Valdiviezo¹
wilfredo.alva@unas.edu.pe

¹Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú

²Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión de Cerro de Pasco, Perú

³Universidad de Huánuco. Huánuco, Perú

Artículo recibido: 7 de noviembre 2025 / Arbitrado: 12 de diciembre 2025 / Publicado: 7 de enero 2026

RESUMEN

El objetivo de investigación fue estudiar la tasa de fijación de dos sistemas de producción de cacao (monocultivo, sistemas agroforestales) basándonos en la estimación de biomasa arbórea, hojarasca, herbácea, donde se instalaron cuatro parcelas de 4 m x 25 m, se estudió la valoración económica de ambos sistemas, los resultados fueron: Para monocultivo, biomasa del cacao fue: 25.59 t/ha, la biomasa de hojarasca fue 2.03 t/ha, la biomasa arbórea con 0.31 t/ha, mientras el carbono en biomasa vegetal fue: 12.57 t/ha, con fijación de 1.57 t/ha. En el sistema de producción de cacao y *Guazuma crinita* C. Martius, la biomasa de árboles de cacao fue: 13.17 t/ha, mientras la especie forestal fue: 48.72 t/ha, El aporte de hojarasca con 1.13 t/ha, y la herbácea con 0.33 t/ha. Mientras el carbono almacenado en biomasa vegetal fue: 28.51 t/ha, La tasa de fijación de carbono de 3.56 t/ha. Con respecto a la valoración económica de ambos sistemas de producción, fueron el Valor Actual Neto (VAN) para el monocultivo de cacao alcanzó \$ 2,782.42 y el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina alcanzó a \$11,168.16 en la zona de Aguaytía, la tasa Interna Retorno (TIR) para sistema monocultivo de cacao con 32% y el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina un 55%, se concluye el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina ofrece mejor inversión, mientras el Beneficio Costo (B/C) en el sistema monocultivo de cacao fue: 2.18 y el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina fue: de 3.17.

Palabras clave: Tasas de fijación; Valoración económica; *Theobroma cacao* L; Sistema agroforestal; Cultivo asociado

ABSTRACT

The objective of the research was to study the rate of fixation of two cocoa production systems (monoculture, agroforestry systems) based on the estimation of tree, leaf litter, herbaceous biomass, where four plots of 4 m x 25 m were installed, the economic valuation of both systems was studied, the results were: For monoculture, cocoa biomass was: 25.59 t/ha, leaf litter biomass was 2.03 t/ha, tree biomass with 0.31 t/ha, while carbon in plant biomass was: 12.57 t/ha, with a fixation of 1.57 t/ha. In the cocoa and *Guazuma crinita* C. Martius production system, the biomass of cocoa trees was: 13.17 t/ha, while the forest species was: 48.72 t/ha, the contribution of leaf litter with 1.13 t/ha, and the herbaceous with 0.33 t/ha. While the carbon fixation in plant biomass was: 28.51 t/ha, the carbon fixation rate was 3.56 t/ha. With respect to the economic valuation of both production systems, the Net Present Value (NPV) for cocoa monoculture reached \$2,782.42 and the cocoa agroforestry system associated with bolaina reached \$11,168.16 in the Aguaytía area, the Internal Rate of Return (IRR) for the cocoa monoculture system with 32% and the cocoa agroforestry system associated with bolaina 55%. It is concluded that the cocoa agroforestry system associated with bolaina offers the best investment, while the Cost Benefit (B/C) in the cocoa monoculture system was: 2.18 and the cocoa agroforestry system associated with bolaina was: 3.17.

Key words: Fixation rates; Economic valuation; *Theobroma cacao* L; Agroforestry system; Associated cultivation

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi estudar a taxa de fixação de dois sistemas de produção de cacau (monocultura, sistemas agroflorestais) com base na estimativa de biomassa de árvores, folheiras e biomassa herbácea, onde foram instalados quatro lotes de 4 m x 25 m, a avaliação econômica de ambos os sistemas foi estudada, os resultados foram: Para monocultura, a biomassa de cacau foi: 25,59 t/ha, a biomassa da folheira foi de 2,03 t/ha, a biomassa arbórea foi de 0,31 t/ha, enquanto o carbono na biomassa vegetal foi: 12,57 t/ha, com fixação de 1,57 t/ha. No sistema de produção de cacau e *Guazuma crinita* C. Martius, a biomassa das árvores de cacau foi: 13,17 t/ha, enquanto a espécie florestal foi: 48,72 t/ha, a contribuição da serapilheira com 1,13 t/ha, e a herbácea com 0,33 t/ha. Enquanto o carbono armazenado na biomassa vegetal era: 28,51 t/ha, a taxa de fixação de carbono era de 3,56 t/ha. Com relação à avaliação econômica de ambos os sistemas produtivos, o Valor Atual Líquido (NPV) para a monocultura de cacau atingiu \$2.782,42 e o sistema agroflorestal de cacau associado à bolaina chegou a \$11.168,16 na região da Aguaytía, a Taxa Interna de Retorno (IRR) para o sistema de monocultura de cacau com 32% e o sistema agroflorestal associado à bolaina 55%. conclui-se que o sistema agroflorestal do cacau associado à bolaina oferece o melhor investimento, enquanto o Custo-Benefício (B/C) no sistema de monocultura de cacau foi: 2,18 e o sistema agroflorestal do cacau associado à bolaina foi: 3,17.

Palavras-chave: Taxas de fixação; Avaliação econômica; *Theobroma cacao* L; Sistema agroflorestal; Cultivo associado

INTRODUCCIÓN

En el Perú se cuenta con diversos sistemas de producción de cacao, ya sea monocultivos, sistemas agroforestales, mientras en el sector de Aguaytía, presentan actividades agrícolas, cultivos de un solo tipo que se dedican únicamente en muchos casos a cultivos de cacao, café, plátano, entre otros, de la misma forma también productos de primera necesidad, que a lo largo del tiempo vario radicalmente a través de áreas de gran extensión con cultivo de coca, perjudicando gravemente el suelo del área.

Actualmente en la región se trabaja en los suelos con cultivos agronómicos sin ningún criterio profesional, dejando de lado en gran parte los sistemas agroforestales (1) los cuales consisten en usar y manejar los recursos naturales especies forestales, se usan eventualmente en asociaciones de cultivos agrícolas en un mismo territorio, de forma sincrónica o en una sucesión provisional; asimismo, saber que el almacenamiento de carbono de áreas plantadas con especies forestales se tiene como una propuesta beneficiosa para el balance dentro de la escala atmosférica de CO₂. (2). Conociendo que, y partiendo del Protocolo de Kioto, que establece un convenio que se compromete a disminuir los fluidos gaseoso del efecto invernadero que son resultado de sus países industrializados, para esto se emplea sistemas para incentivar políticas que incrementen plantar en áreas con cultivos

agrícolas y forestales con la finalidad de almacenar C, como el Mecanismo de Desarrollo Limpio.

Con base en la problemática, antes descrita, este estudio propone como pregunta de investigación ¿Cuál será la mejor tasa de fijación de carbono en biomasa total y valoración económica en sistemas de producción del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) (3) Un monocultivo y policultivo?, Sabemos que los cultivos de cacao, adicionalmente brinda un sinfín de beneficios para el suelo, ya que estos se encargan de constituir el principio fundamental para producir sistemas, además se trabaja en combinación con especies vegetales (policultivo), entre ellas las principales son frutales, plátano, café y madera, el cual se encarga de brindar sombra y de la misma forma, genera un ingreso económico.

Por otro lado, dichos sistemas brindan como beneficio conservar la biodiversidad, un ejemplo de esto son los reductores de carbono, depósitos naturales de carbono. Dentro de la selva peruana de nuestra amazonia en el caso del sector de Aguaytía muestra una genética muy diversa y uno de estos cultivos es representado por el cacao que por su gran diversidad genética puede generar y desarrollar técnicas para los productores y a la vez poder fusionar sistemas de plantas forestales y agrícolas, no solo practicar el sistema de producción mediante plantaciones de manera de monocultivo.

Los SAF brindan una opción firme en el uso del suelo, dichos sistemas benefician en la eficacia de la tasa de almacenamiento de carbono del total de la biomasa, generando tranquilidad y estabilidad a los productores y agricultores. (4) El fortalecimiento en el rendimiento agrícola y en la viabilidad ecológica genera gran importancia en organismos de nivel financiero y de instituciones que donan como auspicio de proyectos con finalidad fundamental de preservación de la biodiversidad, y promover un sistema adicional de productividad agrícola (sistemas agroforestales), adicional a esto darles uso a los recursos naturales. En relación con lo anterior, la estima de la captura de carbono en general de la biomasa de monocultivos y policultivos posibilita la determinación de cantidades de carbono que existen en los sistemas, y de esta forma determina la dosis posible de carbono que se captura en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos sistemas de producción del cultivo de cacao, un total de 10 hectáreas de las cuales 04 hectáreas son de monocultivo y 06 hectáreas son policultivo) que fueron instalados el año 2015, para el caso del

sistema policultivo está asociado con la especie forestal *Guazuma crinita* C.Martius, ubicado en el centro poblado San Juan Bautista, caserío Bajo Shiringal, Distrito Irázola, situado en la zona sureste de la Provincia de Padre Abad, Departamento de Ucayali. El diseño fue no experimental, de corte transversal, ya que no manipulo variables y la evaluación fue en un momento determinado; asimismo, se hizo uso de medidas de resumen (estadísticos descriptivos) con promedios, mínimo, máximo, coeficiente de variación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas en las tasas de fijación de carbono y en la biomasa total acumulada según el sistema de producción del cultivo de cacao. El análisis permitió cuantificar el carbono almacenado en la biomasa vegetal y estimar su valoración económica potencial, destacando el papel del monocultivo como unidad de referencia para la comparación con otros arreglos productivos. Estos hallazgos contribuyen a comprender la relación entre estructura productiva, capacidad de captura de carbono y generación de servicios ecosistémicos con valor económico.

Tabla 1. Carbono de la biomasa vegetal en sistema de producción de monocultivo carbono de la biomasa vegetal.

transectos	B	BH	BAH	BVT	CBVT
A	22.69	1.91	0.30	24.90	11.21
B	28.98	1.86	0.29	31.13	14.01
C	28.78	2.64	0.27	31.69	14.26
D	21.92	1.72	0.37	24.01	10.80
Promedio	25.59	2.03	0.31	27.93	12.57
Máximo	28.98	2.64	0.37	31.69	14.26
Mínimo	21.92	1.72	0.27	24.01	10.8
CV (%)	14.89	20.32	14.14	14.46	14.46

B: Biomasa arbórea del cacao, BH: Biomasa de hojarasca, BAH: Biomasa arbórea, BVT: Biomasa vegetal total, CBVT: Carbono en la biomasa vegetal total., Tasa de fijación de carbono: 157 t/ha.

Se muestra en la Tabla 1. la biomasa arbórea del cacao con mayor valor se encuentra el transecto B con 28.98 t ha⁻¹ y con un valor mínimo se encuentra el transecto D con 21.92 t ha⁻¹, en el caso de la biomasa de hojarasca se tiene con mayor valor el transecto C con 2.64 t ha⁻¹, y en

menor valor el transecto D con 1.72 t ha⁻¹, para la biomasa arbórea el mayor valor fue del transecto D con 0.37 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto C con 0.27 t ha⁻¹, para la biomasa vegetal total el transecto con mayor valor fue el C con 31.69 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto D con 24.01 t ha⁻¹

Tabla 2. Carbono de la biomasa vegetal en sistema de producción del cacao con bolaina.

	B	BA	BH	BAH	BVT	CBVT
A	15.22	32.36	1.01	0.38	48.97	22.04
B	9.11	56.17	1.07	0.28	66.64	29.99
C	15.06	49.26	1.17	0.24	65.74	29.58
D	13.28	57.09	1.26	0.41	72.04	32.42
Promedio	13.17	48.72	1.13	0.33	63.35	28.51
Máximo	15.22	57.09	1.26	0.41	72.04	32.42
Mínimo	9.11	32.36	1.01	0.24	48.97	22.04
CV (%)	21.6	23.51	9.78	24.6	15.76	15.75

B: Biomasa arbórea del cacao, BA: Biomasa arbórea de la bolaina, BH: Biomasa de hojarasca, BAH: Biomasa arbórea, BVT: Biomasa vegetal total, CBVT: Carbono en la biomasa vegetal total, Tasa de fijación de carbono: 3.56 t/ha.

En la Tabla 2, indica, para la biomasa arbórea del cacao con mayor valor se encuentra el transecto A con 15.22 t ha⁻¹ y con un valor mínimo se encuentra el transecto B con 9.11 t ha⁻¹, para el caso de la biomasa arbórea de la bolaina con mayor valor se encuentra el transecto D con 57.09 t ha⁻¹ y con menor valor el transecto A con 32.36 t ha⁻¹, para la biomasa de hojarasca se tiene con mayor valor el transecto D con 1.26 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto A con 1.01 t ha⁻¹, para la biomasa arbórea el mayor valor fue del transecto D con 0.41 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto C con 0.24 t ha⁻¹, para la biomasa vegetal total el

transecto con mayor valor fue el D con 72.04 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto A con 48.97 t ha⁻¹, finalmente en el carbono en la biomasa vegetal total con el mayor valor fue el transecto D con 32.42 t ha⁻¹ y con menor valor el transecto A con 22.04 t ha⁻¹, (5) investigo en un sistema SAF laurel-cacao de 25 años donde capturaron de 43 y 62 t C ha⁻¹; el laurel capturo de 80-85% del carbono total en la biomasa, los resultados se diferencian influenciados por la edad del cultivo de cacao con bolaina de 8 años que mostro un carbono de biomasa total vegetal máximo de 32.42 t C ha⁻¹.

Tabla 3. Indicador económico beneficio costo para los sistemas de producción de cacao.

Indicador	Monocultivo	SAF
B/C	2.18	3.177

En la Tabla 3, la valoración económica de los sistemas monocultivo se tiene un VAN de \$2,782.42, la TIR de 32% y un Beneficio Costo de 2.18; por otro lado, para el sistema agroforestal se tiene VAN de \$11,168.16, la TIR de 55% y un Beneficio Costo de 3.17, de acuerdo a estos resultados se concluye que un sistema agroforestal resulta ser un proyecto con mayor rentabilidad ya que por ser un cultivo múltiple permite el ingreso económicos en diferentes años del cultivo, (6) en su investigación sobre carbono en distintas edades

en el cacao dentro de SAF tuvo resultado para la valoración económica según VAN, TIR y RB/C fue mejor para el SAF menor de 8 años con S/ 2627.66, 23.85 % y 1.40 respectivamente, el siguiente fue el SAF mayor a 16 años con S/ 1331.38, 21.64% y 1.21 respectivamente y el SAF de 8 a 16 años con S/ 1273.90, 19.55%, 1.18 respectivamente, en estos resultados se muestra que para el SAF con menor edad se obtienen los mayores rangos de rentabilidad, lo que concuerda con los valores que resultaron de nuestro estudio

Discusión

La biomasa arbórea del cacao con mayor valor se encuentra el transecto B con 28.98 t ha^{-1} y con un valor mínimo se encuentra el transecto D con 21.92 t ha^{-1} , en el caso de la biomasa de hojarasca se tiene con mayor valor el transecto C con 2.64 t ha^{-1} , y en menor valor el transecto D con 1.72 t ha^{-1} , para la biomasa arbórea el mayor valor fue del transecto D con 0.37 t ha^{-1} y en menor valor el transecto C con 0.27 t ha^{-1} , para la biomasa vegetal total el transecto con mayor valor fue el C con 31.69 t ha^{-1} y en menor valor el transecto D con 24.01 t ha^{-1} , (7) en su investigación sobre almacenamiento del carbono en cacao, en plantaciones con 18 y 35 años.

Para los resultados de biomasa arriba del suelo y necromasa almacenada del cacao fue de 28.8 t C/ha^{-1} para la plantación de 18 años y de 33.6 t C/ha^{-1} para la plantación de 35 años. los resultados de dicho autor son inferiores a los obtenidos en la investigación ya que en comparación de edades los cultivos de cacao de esta investigación es de 8 años que alcanzaron una biomasa vegetal total máxima de $31.69 \text{ t C/ha}^{-1}$ siendo este valor superior al de los cultivos de cacao que presenta el autor con edades de 18 y 35 años, con 28.8 t C/ha^{-1} y 33.6 t C/ha^{-1} respectivamente; esta diferencias de biomasa vegetal se pueden debido a las condiciones del suelo que existe en los cultivos de

cacao, y el clima que presenta la zona; además del manejo silvicultural empleados en dichas áreas; (8) el carbono total almacenado en cacao, en una plantación de 6 años donde los resultados de la biomasa de cacao fue de 22.68 t/ha , resultados similares y que concuerdan con los rangos obtenidos tomando en cuenta la diferencia de edad que resulta 2 años en los cultivos, factor que no influyen en la biomasa obtenida.

Por otro lado, para el carbono en la biomasa vegetal total con el mayor valor fue el transecto C con 14.26 t ha^{-1} y con menor valor el transecto D con 10.80 t ha^{-1} , donde se concluye la tasa de fijación promedio para el monocultivo de cacao de 8 años es de 1.57 t C/ha^{-1} , (9) obtuvo una tasa de fijación de carbono promedio de 1.0 t C/ha^{-1} para los 18 años y 1.1 t C/ha^{-1} para los 35 años, la cual no concuerda de acuerdo a nuestros resultados siendo inferior a pesar de presentar mayor edad de cultivos, el almacenamiento de carbono puede verse influencia debido al tipo de variedad de cultivo, en este caso el tipo de variedad de cacao, entre sus características de sitio, suelo, componentes, factores climático.

En tal sentido, para la biomasa arbórea del cacao con mayor valor se encuentra el transecto A con 15.22 t ha^{-1} y con un valor mínimo se encuentra el transecto B con 9.11 t ha^{-1} , para el caso de la biomasa arbórea de la bolaina con mayor valor se encuentra el transecto D con

57.09 t ha⁻¹ y con menor valor el transecto A con 32.36 t ha⁻¹, para la biomasa de hojarasca se tiene con mayor valor el transecto D con 1.26 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto A con 1.01 t ha⁻¹, para la biomasa arbórea el mayor valor fue del transecto D con 0.41 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto C con 0.24 t ha⁻¹, para la biomasa vegetal total el transecto con mayor valor fue el D con 72.04 t ha⁻¹ y en menor valor el transecto A con 48.97 t ha⁻¹.

Finalmente, el carbono en la biomasa vegetal total presentó su mayor valor en el transecto D con 32.42 t C ha⁻¹ y el menor en el transecto A con 22.04 t C ha⁻¹. En contraste, (10) investigó un sistema agroforestal (SAF) laurel-cacao de 25 años, donde se registró una captura entre 43 y 62 t C ha⁻¹, atribuyendo al laurel entre el 80 y 85% del carbono total en la biomasa. Las diferencias observadas se asocian principalmente a la edad del cultivo, considerando que el sistema evaluado con cacao y bolaina de 8 años alcanzó un máximo de 32.42 t C ha⁻¹ en biomasa total vegetal.

Asimismo, (11) evaluó la captura de carbono en SAF de caucho (más de 60 años) y cacao (8–16 años) en Tingo María, con el objetivo de estimar el almacenamiento de carbono y su utilidad ambiental. La biomasa aérea total del sistema agroforestal fue de 281.43 t ha⁻¹, distribuida en 198.10 t ha⁻¹ en árboles vivos, 61.39 t ha⁻¹ en cacao, 13.49 t ha⁻¹ en hojarasca y 8.45 t ha⁻¹ en biomasa arbustiva. En cuanto al almacenamiento de

carbono, se reportaron 0.405 t C ha⁻¹ en arbustivos, 1.98 t C ha⁻¹ en hojarasca, 10.42 t C ha⁻¹ en cacao, 35.17 t C ha⁻¹ en el componente arbóreo y 158.24 t C ha⁻¹ en el suelo, sumando un total de 206.21 t C ha⁻¹. Estos valores superiores evidencian que la edad del sistema influye significativamente en la acumulación de carbono, además de factores climáticos y edáficos que inciden directamente en su reserva.

Por su parte, (12) determinó en SAF de cacao en Tingo María un carbono en biomasa vegetal total de 94.383 t C ha⁻¹ y en el suelo de 123.181 t C ha⁻¹, resultados mayores a los obtenidos en el sistema agroforestal de 8 años evaluado en la presente investigación. Se concluye que el factor tiempo, el área del ecosistema y la densidad arbórea por unidad de superficie influyen en la reserva de carbono. En términos generales, el potencial de almacenamiento en sistemas agroforestales oscila entre 12 y 228 t C ha⁻¹, rango dentro del cual se ubican los valores obtenidos.

Respecto a la valoración económica, el sistema monocultivo presentó un VAN de \$2,782.42, una TIR de 32% y una relación Beneficio/Costo de 2.18; mientras que el sistema agroforestal mostró un VAN de \$11,168.16, una TIR de 55% y un B/C de 3.17, evidenciando mayor rentabilidad debido a la diversificación productiva y generación de ingresos en distintos periodos. De manera similar, (13) reportó que el SAF menor de 8 años obtuvo

mejores indicadores económicos (VAN S/ 2,627.66; TIR 23.85%; B/C 1.40), seguido del SAF mayor a 16 años y del SAF de 8 a 16 años. Asimismo, (14), en SAF de café de 4 y 7 años, registró un VAN de S/ 3,283.84, TIR de 25.22% y B/C de 1.78, resultados comparables a los del cacao, donde un B/C superior a 1 confirma la viabilidad económica del proyecto.

CONCLUSIONES

Para el monocultivo, la biomasa del cacao fue de 25.59 t/ha, la biomasa de hojarasca de 2.03 t/ha, la biomasa arbórea con 0.31 t/ha, mientras que el carbono en la biomasa vegetal fue de 12,57 t/ha, con una tasa de fijación de 1,57 t/ha.

Para el sistema de producción de cacao y *Guazuma crinita* C.Martius, la biomasa de árboles de cacao fue de 13.17 t/ha, mientras para la especie forestal fue 48.72 t/ha, mientras el aporte de hojarasca con 1.13 t/ha, y para la herbáceas con 0.33 t/ha. Mientras que el carbono capturado en la biomasa vegetal fue de 28.51 t/ha, siendo la tasa de fijación de carbono de 3.56 t/ha.

La valoración económica de ambos sistemas de producción, donde el Valor Actual Neto (VAN) para el monocultivo de cacao alcanzó \$ 2,782.42 y en el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina alcanzó a \$11,168.16 en la zona de Aguaytía, la tasa Interna Retorno (TIR) para sistema monocultivo de cacao con 32% y para el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina un

55%, se concluye que el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina ofrece una mejor inversión, mientras el Beneficio Costo (B/C) en el sistema monocultivo de cacao es de 2.18 y para el sistema agroforestal de cacao asociado con bolaina es de 3.17.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no existe conflicto de intereses para la publicación del presente artículo científico.

REFERENCIAS

1. Alegre J, Pocomucha V, Abregú L. Análisis socioeconómico y carbono almacenado en sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Huánuco. *Rev Ecol Apl.* 2016;15(2):107-114. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/ecol_apl
2. Arce N, Ortiz E, Villalobos M, Cordero S. Existencias de carbono en charrales y sistemas agroforestales de cacao y banano de fincas indígenas bribri y cabécar de Talamanca, Costa Rica. *Agrofor Am.* 2008;46:33. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/6298>
3. Chambi P. Valoración económica de secuestro de carbono mediante simulación aplicados a la zona del río Inambari y Madre de Dios. Lima: Instituto de Investigación y Capacitación para el Fomento de Oportunidades Económicas con base en la Conservación de Recursos Naturales; 2001. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17588>
4. Díaz P, Fachin G, Tello C, Arévalo L. Carbono almacenado en cinco sistemas de uso de tierra en la región San Martín, Perú. *Rev Int Des Reg Sustentable.* 2016;1(2):57-67. <https://revistas.unsm.edu.pe/>
5. Fonseca G, Alice F, Montero J, Toruño H, Leblanc H. Acumulación de biomasa y carbono en bosques secundarios y plantaciones forestales en el Caribe de Costa Rica. *Agrofor Am.* 2008;46:57-64.

- 6.** Herrera J. Estimación de la biomasa y carbono almacenado en dos sistemas agroforestales de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes edades en la provincia de Leoncio Prado [tesis]. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2010.
- 7.** Consejo Internacional de Investigaciones Agroforestales. VIII Congreso Brasileño de Sistemas Agroforestales (CBSAF): Sistemas agroforestales del paisaje forestal: desafíos de la ciencia, tecnología y políticas para la integración de los beneficios locales y globales. Belém, Brasil; 2011.
- 8.** Lapeyre T, Alegre J, Arévalo L. Determinación de las reservas de carbono de la biomasa aérea en diferentes sistemas de uso de la tierra en San Martín, Perú. *Rev Ecol Apl.* 2009;8(1-2):22-34. https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/ecol_apl
- 9.** Ortiz A, Riascos L. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao (*Theobroma cacao*) y laurel (*Cordia alliodora*) en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica [tesis]. San Juan de Pasto: Universidad de Nariño; 2006.
- 10.** Ríos F. Evaluación de la sostenibilidad ambiental en sistemas agroforestales de pequeños productores del distrito de José Crespo y Castillo [tesis]. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2010.
- 11.** Sifuentes Zamora A. Valoración económica de los sistemas agroforestales caracterizados al margen derecho de la cuenca media del río Huallaga [tesis]. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2009. Available from: <http://repositorio.unas.edu.pe/>
- 12.** Trelles. Determinación de reservas de carbono en la biomasa bajo el suelo en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la provincia de Leoncio Prado [tesis de pregrado]. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2012. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/439>
- 13.** Zavala J, Mansilla L, Zavala S, Merino E. Mitigación del cambio climático a través del secuestro y almacenamiento de carbono y evaluación de los servicios ambientales del SAF caucho (*Hevea brasiliensis*) y cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tingo María. *An Cient.* 2019;80(2):462-475. doi:10.21704/ac.v80i2.1440
- 14.** Zavala J, Vega L. Captura y almacenamiento de carbono en distintas edades del cultivo de cacao bajo sistemas agroforestales de Tingo María. 2021;23(44):56-66. <https://www.unheval.edu.pe/portal/wp-content/uploads/2021/10/Zavala-Vega-2021.pdf>