

Revista Cubana de  
Ciencias Forestales

CFORES

Volumen 12, número 3; 2024

## *Cuantificación de biomasa en sistemas cacaoteros (Theobroma cacao L.) de la provincia Duarte, República Dominicana*

*Quantification of biomass in cocoa systems (Theobroma cacao L.) in the Duarte province,  
Dominican Republic*

*Quantificação de biomassa em sistemas de cacau (Theobroma cacao L.) da província  
Duarte, República Dominicana*

Pedro Antonio Núñez Ramos<sup>1\*</sup> , Lix Martínez Amarante<sup>2</sup> , Rafael Castillo Tavera<sup>2</sup> ,  
José Richard Ortiz<sup>3</sup> , Víctor Camilo Pulido-Blanco<sup>4</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Investigaciones (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), República Dominicana.

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Santo Domingo, Santo Domingo, República Dominicana.

<sup>3</sup>Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), República Dominicana.

<sup>4</sup>Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Colombia

\*Autor para correspondencia: pnunez25@uasd.edu.do



**Recibido:** 27/05/2024.

**Aprobado:** 07/08/2024.

---

## RESUMEN

*Theobroma cacao* (cacao) en República Dominicana es uno de los principales rubros de exportación, registrando un crecimiento sostenido en los últimos cinco años. Son más de 36.000 productores en el país, beneficiando indirectamente a más de 300 mil personas. El país tiene un gran potencial para la producción de cacao, pero debido a la falta de fertilización de las plantaciones combinado con la falta de información sobre el aporte de nutrientes provenientes de la mineralización de biomasa en los sistemas de producción, se presentan bajos rendimientos. El estudio se desarrolló en la provincia Duarte en el período de julio 2016 a junio 2017, con el objetivo de cuantificar la producción de biomasa en cuatro sistemas agroforestales: cacao en monocultivo (C), cacao más *Erythrina spp.* (C+ Am), cacao más *Persea americana* (C+Ag), y cacaos más cítricos (C+Ci). Se usó un diseño experimental en arreglo multifactorial 4x15x12: con cuatro sistemas agroforestales, en quince localidades y doce fechas de muestreo, donde se consideró a cada finca como una repetición. Se instalaron cuatro trampas de tubo y maya de saco por finca, con un área de 1 m<sup>2</sup>. La biomasa promedio por ubicación y fecha se analizó mediante análisis de varianza y prueba de Duncan (P=0,05 %). La mayor producción promedio de biomasa se obtuvo en C+Am con 49,3 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> (41,08 % del total). Le siguió el sistema C con 27,02 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, C+Ag con 22,2 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> y C+Ci con 17,2 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. La producción neta anual fue de 120 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, siendo 115,2 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> atribuible a la especie en estudio, y 4,2 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> a otras especies. Los valores demuestran una alta producción de biomasa en los sistemas agroforestales asociados al cacao.

**Palabras clave:** sistema agroforestal, carbono, sombra, materia orgánica, residuos, mantillo.

---



## ABSTRACT

*Theobroma cacao* (cocoa) in the Dominican Republic is one of the main export items, registering a sustained growth in the last five years. There are more than 36,000 producers in the country, indirectly benefiting more than 300 thousand people. The country has great potential for cocoa production, but due to the lack of fertilization of the plantations combined with the lack of information on the contribution of nutrients from the mineralization of biomass in the production systems, low yields are presented. The study was carried out in the Duarte province in the period from July 2016 to June 2017, with the objective of quantifying the biomass production in four agroforestry systems: cocoa in monoculture (C), cocoa plus *Erythrina* spp (C+ Am), cocoa plus *Persea americana* (C+Ag), and cocoa plus citrus (C+Ci). A multifactorial experimental design 4x15x12 was used: with four agroforestry systems, in fifteen locations and twelve sampling dates, where each farm was considered as a replicate. Four pipe and sack mesh traps were installed per farm, with an area of 1 m<sup>2</sup>. The average biomass by location and date was analyzed by analysis of variance and Duncan test (P = 0.05 %). The highest average biomass production was obtained in C + Am with 49.3 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (41.08 % of the total). It was followed by system C with 27.02 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, C + Ag with 22.2 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> and C + Ci with 17.2 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>. The annual net production was 120 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, of which 115.2 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> was attributable to the species under study, and 4.2 T ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> to other species. The values demonstrate a high biomass production in agroforestry systems associated with cocoa.

**Keywords:** system agroforestry, carbon, shade, organic matter, waste, mulch.

---

## RESUMO

*Theobroma cacao* (cacau) na República Dominicana é um dos principais itens de exportação, registrando crescimento sustentado nos últimos cinco anos. São mais de 36 mil produtores no país, beneficiando indiretamente mais de 300 mil pessoas. O país tem grande potencial para a produção de cacau, mas devido à falta de fertilização das plantações aliada à falta de informações sobre a contribuição dos nutrientes provenientes da mineralização da biomassa nos sistemas de produção, ocorrem baixos rendimentos. O estudo foi desenvolvido na



provincia Duarte no período de julho de 2016 a junho de 2017, com o objetivo de quantificar a produção de biomassa em quatro sistemas agroflorestais: cacau em monocultura (C), cacau mais *Erythrina* spp. (C+ Am), cacau mais *Persea Americana* (C+Ag) e mais cacau cítrico (C+Ci). Foi utilizado um delineamento experimental em arranjo multifatorial 4x15x12: com quatro sistemas agroflorestais, em quinze localidades e doze datas de amostragem, onde cada fazenda foi considerada uma repetição. Foram instaladas quatro armadilhas tipo tubo e rede por fazenda, com área de 1 m<sup>2</sup>. A biomassa média por local e data foi analisada por meio de análise de variância e teste de Duncan (P = 0,05 %). A maior produção média de biomassa foi obtida em C+Am com 49,3 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> (41,08 % do total). Seguiu-se o sistema C com 27,02 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, C+Ag com 22,2 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> e C+Ci com 17,2 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>. A produção líquida anual foi de 120 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup>, sendo 115,2 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> atribuíveis às espécies em estudo e 4,2 T ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> às demais espécies. Os valores demonstram uma elevada produção de biomassa nos sistemas agroflorestais associados ao cacau.

**Palavras-chave:** sistema agroflorestal, carbono, sombra, matéria orgânica, resíduos, cobertura morta.

---

## INTRODUCCIÓN

En la República Dominicana hay plantadas unas 150.000 hectáreas de cacao, con unos 36.000 productores directos y 36.236 fincas registradas (IICA, 2023), con un nivel de rendimiento promedio entre 390 kg/ha y 436 kg/ha de cacao seco (IICA, 2017, 2023). CODESPA (2024) indica que los rendimientos anuales pueden llegar a fluctuar entre 500 a 600 kg/ha<sup>-1</sup> de cacao seco, incluso un 5 % de los productores por encima de eso, lo que sigue siendo bajo cuando se comparan con otros países con plantaciones clonales de Ecuador y Trinidad y Tobago con 1000 y 1.500 kg/ha<sup>-1</sup>, respectivamente (CODESPA, 2024).



Entre las principales regiones productoras de cacao del país están las regiones agropecuarias Nordeste, la cual posee un 61 % de la producción; Este (13 %), Central (10 %), Norte, (9 %) y Norcentral (7 %). Las plantaciones de cacao cubren un 13 % de la cubierta boscosa dominicana, generando servicios ambientales como generadores de agua, consumidores de dióxido de carbono y habitats para la fauna (Ministerio de Agricultura, 2014).

La producción del cacao es sensible a las condiciones ambientales: el árbol de cacao en la fase de producción demanda grandes cantidades de nutrientes, los cuales, si no son suplidos a tiempo, se expresará en rendimientos relativos reducidos (Rodríguez-Velázquez *et al.*, 2022). Sin embargo, en los suelos no se encuentran las cantidades requeridas de estos nutrientes, por lo que se hace obligatorio su aplicación (Rodas *et al.*, 2022). En el país el P, K y Mg son los nutrientes que limitan la productividad del grano (González-González, 2020). Los cacaotales dominicanos son sistemas de producción con bajo uso de insumos (plaguicidas y fertilizantes), donde alrededor del 95 % de los productores no fertilizan sus plantaciones y el 5 % restante que lo hace, no es forma continua o sistemática, ni basado en recomendaciones técnicas, previo análisis de suelos (Batista, 2009).

Así, una alternativa de fertilización es la incorporación de materia orgánica (MO) como aporte al suelo y la correspondiente mineralización e inmovilización, procesos claves en el ciclo de nitrógeno (N) y otros nutrientes en el sistema suelo-planta (Villar-Santamaria, 2023). Estos procesos son altamente complejos, pues la materia orgánica es una mezcla muy heterogénea, constituida principalmente por restos vegetales, y asociada a la actividad de los microorganismos y a variaciones ambientales como la temperatura, humedad, pH y el estado de energía del suelo (Villar-Santamaria, 2023). En los monocultivos de cacao se genera gran cantidad de residuos vegetales; sin embargo, su lenta descomposición no permite una entrega oportuna de nutrientes a las plantas y mucho menos en plantaciones de cacao no fertilizadas (Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano, 2020).



Un aporte de MO es la hojarasca de otras especies asociadas que compensa los requerimientos nutricionales de los diferentes sistemas de producción en cacao (cacao y frutales, por ejemplo), que se estima en un 40% (Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano, 2020). En países como Colombia, Costa Rica, Trinidad y Tobago, Venezuela y Ecuador, se ha estudiado los cacaotales desde esta perspectiva, con la finalidad de disponer de una base de datos que permita cuantificar el flujo de residuos orgánicos en las plantaciones y sus aportes en el reciclaje de nutrientes. En Colombia, Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano (2020) reportaron hasta aproximadamente 20 T/ha/año de producción de hojarasca en sistemas cacaoteros asociados con acacia (*Acacia mangium*) y yopo (*Anadenanthera peregrina* L.). Así, en localidades productoras de cacao del mundo, se dispone de informaciones relacionadas con los aportes de biomasa, materia orgánica y nutrientes.

En la República Dominicana, es necesario obtener estas informaciones para que los productores puedan poner en práctica e implementar un programa de fertilización de sus plantaciones basadas en el conocimiento de los aportes de la MO y nutrientes que entran al sistema, condiciones de suelo-clima y requerimientos nutricionales del cultivo. Por lo anterior, este estudio cuantificó el aporte de la biomasa, principalmente hojarasca, de los sistemas de producción del cacao (cultivo + plantas asociadas) en el país para generar informaciones técnicas para su manejo adecuado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Zona de estudio*

El estudio se realizó en la provincia Duarte, entre los 19°182 N y 70°152 O, iniciando en julio 2016 y finalizando en junio 2017, con la distribución de las parcelas en los municipios y distritos municipales como se señala en la Tabla 1.

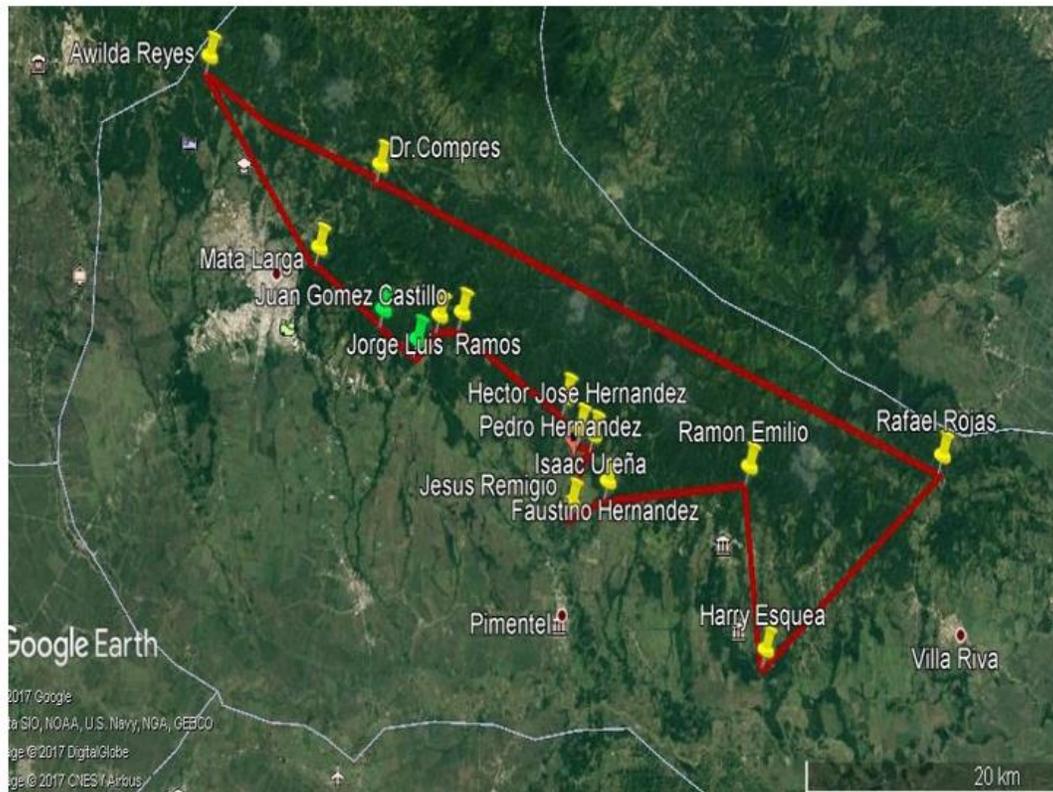


**Tabla 1.** - Relación de fincas, localidades, productores y áreas de estudio

Nº	Municipio	Comunidad	Productor	Hectáreas
1	Hostos (DM)	La Gina	Harry Asqueas	101
2	Pimentel	Campeche Arriba	Jesús Remigio	70
3	San Francisco	Mata Larga	EE. Mata Larga (IDIAF)	63
4	La Peña (DM)	La Mesa	Víctor García	38
5	La Peña (DM)	Pontón	Oriol Negrín	31
6	La Peña (DM)	La Peña	Jorge Luis Ramos	16
7	San Francisco	El Cercado	Dr. Pedro Compre	16
8	Castillo	Magua	Faustino Hernández	13
9	Castillo	Las Caoba	Isaac Ureña Hernández	8
10	San Francisco	La Joya	Awilda Reyes	5
11	Pimentel	San Felipe Arriba	Pedro Hernández	3
12	Pimentel	San Felipe Abajo	Héctor Hernández	2
13	Castillo	Los Cafés	Ramón Emilio Rubio	1
14	La Peña (DM)	Cogité	Juan Gómez Castillo	1
15	Villa Riva	El Indio	Rafael Rojas	1
<b>Total</b>	15	15	15	369

La temperatura promedio anual en el recorrido trazado (Figura 1) alcanzó los 26.2° C, una humedad relativa promedio anual de 80 %, con una precipitación media anual de 1687 mm, y velocidades de viento entre 8-11 km/hora para la época de estudio (AccuWeather, 2017).





**Figura 1.** - Ubicación de las quince fincas donde se realizó la investigación, identificadas por el nombre del propietario. Elaborado por los autores

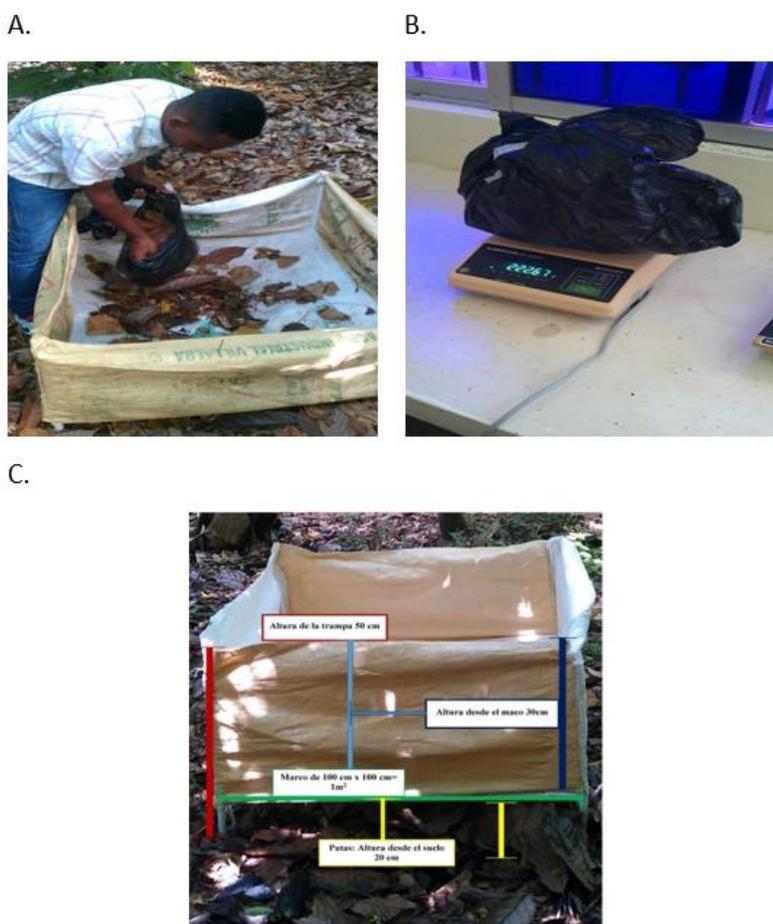
#### *Diseño experimental*

Se realizó un levantamiento de la biomasa proveniente del cultivo *Theobroma cacao*, *Persea americana*, cítricos (naranja dulce - *Citrus sinensis*-, agria - *C. aurantium* -, limón - *C. limon* L-, toronja - *C. paradisi* -) y *Erythrina spp.*, de las quince fincas ya mencionadas en las fechas ya citadas (Figura 2A), utilizando un arreglo multifactorial 4x15x12 (sistema x localidades x fechas), donde cada finca se convirtió en una repetición. Los sistemas fueron: 1. cacao en monocultivo (C), 2. cacao más *Erythrina ssp.* (C+ Am), 3. cacao más *Persea americana* (C+Ag), y 4. cacao más cítricos (C+Ci). Cada sistema tuvo 15 repeticiones para un total de 60 por trampa. Siguiendo la metodología de Jaimez y Franco (2000), en cada parcela se colocaron cuatros trampas, constituidas por un marco de tubo de PVC de 1 m<sup>2</sup> con patas en los vértices, con un diámetro de 20 cm, y una altura desde el marco de 30 cm, para una altura total de 50 cm, cubiertas por una malla de saco que facilitara el drenaje de las aguas de lluvia y evitar



la descomposición anaeróbica de la biomasa (Figura 2C). Cada mes fue colectado el material vegetal en cada trampa, separado, pesado en húmedo y en seco y empacado (Figura 2B). El peso fue expresado en toneladas métricas por hectárea.

Las trampas se ubicaron de 1 a 3 m de distancia del tronco de los árboles. En la Estación Experimental de Mata Larga, IDIAF, se identificaron las especies fuente de la biomasa vegetal colectada.



**Figura 2.** - A. Levantamiento de la biomasa proveniente del cultivo *Theobroma cacao*, *Persea americana*, cítricos (naranja dulce – *C. sinensis*-, agria – *C. aurantium* -, limón – *C. limon* L-, toronja – *C. paradisi* -) y *Erythrina* spp. B. Pesaje de la biomasa tanto húmeda como seca. C. Trampa cuadrangular de 1 m<sup>2</sup> para colecta de biomasa vegetal de los árboles de estudio. Elaborado por los autores.



### *Variables*

La variable respuesta fue la biomasa aérea seca recogida por cada trampa en cada localidad por fecha. Estuvo representada casi que exclusivamente por hojarasca de los sistemas agroforestales evaluados. Los datos se expresan en unidades de masa por m<sup>2</sup>.

### *Manejo del experimento*

Las plantaciones de *T. cacao* L. recibieron una poda, el control de maleza se realizó de manera manual dos veces al año. No se aplicó fertilizantes o insecticidas. La recolección de los frutos se realizó de diez a quince días en los períodos de cosecha. Aquellas plantas donde se colocaron las trampas no recibieron poda para evitar la alteración de la biomasa caída. A los árboles frutales como el aguacate *Persea americana* no se le aplicó un manejo agronómico. No se efectuó ninguna labor para la especie amapola.

### *Análisis de los datos*

Se realizó prueba de Levene para homogeneidad. Los datos fueron transformados a rangos de raíz cuadrada, ya que las variables no cumplieron con la normalidad y homogeneidad de varianzas (0.01 %). A los datos transformados se realizó análisis de varianza con una comparación de Rangos Múltiples de Duncan al 0.05 %. Se usó el programa estadístico *Infostat* (Di Rienzo *et al.*, 2016).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### *Aporte de biomasa por sistema de sombra*

*Erythrina spp.* como árbol sombra tuvo un aporte de 4,134.6 Kg ha<sup>-1</sup> de biomasa, superando en un 82 % al segundo sistema de producción de biomasa estudiado: cacao solo. La sombra de cítricos produjo la menor cantidad de biomasa con 1,426.4 Kg ha<sup>-1</sup>, inferior en un 62 % al sistema de cacao solo (Tabla 2).



**Tabla 2.** -Aporte promedio mensual de la biomasa según las especies asociada al cacao (Kg/ha)

Especies	Biomasa producida	Promedio PRM
Cítricos (naranja dulce – <i>C. sinensis</i> -, agria – <i>C. aurantium</i> -, limón – <i>C. limon</i> L-, toronja – <i>C. paradisi</i> -)	1,426.4	a
<i>Persea americana</i>	1,804.2	b
<i>Theobroma cacao</i>	2,271.1	c
<i>Erythrina spp.</i>	4,134.6	d

PRM= Prueba de rango múltiple Duncan al 0.05 %.

#### Producción de biomasa de los sistemas agroforestales de cacao

El cultivo de cacao aportó 27 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de biomasa, el cultivo de amapola 49.3 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>, el cultivo de *Persea americana* 22.2 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup> de biomasa, y el cultivo de cítricos 17 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. La biomasa proveniente de distintas platas no identificadas fue de 4.2 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>. El total de biomasa en los sistemas de producción de cacao durante el año fue 120 T ha<sup>-1</sup>. Así, la amapola aportó un 41.15 % de la biomasa producida, el cacao un 22.5 %, *Persea americana* un 18.51 %, y los cítricos un 14.18 %. El 3.57 % restante corresponde a plantas no identificadas. Estos son valores muy altos de producción de biomasa colectada en trampas de caída, principalmente hojarasca, cuando se comparan con estudios en sistemas agroforestales de cacao en el trópico latinoamericano (Tabla 3). De hecho, el valor de C+Am reportado es el más alto registrado para un sistema agroforestal de este tipo, reafirmando que esta asociación es la más altamente productora de hojarasca en los sistemas de cacao, y una de las más populares por sus múltiples beneficios ecosistémicos junto al laurel.



**Tabla 3.** - Producción de biomasa colectada en trampas de caída, principalmente hojarasca, en sistemas agroforestales de cacao en el trópico latinoamericano

Sistema	Biomasa (T/ha/año)	País	Fuente
Cacao + amapola ( <i>Erythrina</i> spp.)	35	Costa Rica	Fassbender <i>et al.</i> (1990)
Cacao + <i>C. alliodora</i>	28	Costa Rica	Fassbender <i>et al.</i> (1990)
Cacao	20.3	Colombia	Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano (2020)
Cacao + <i>Anadenanthera peregrina</i>	16.2	Colombia	Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano (2020)
Cacao + <i>Acacia mangium</i>	15	Colombia	Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano (2020)
Cacao + <i>Inga</i> sp.	12.3	Ecuador	Barragán (2008)
Cacao + <i>Schizolobium parahybum</i>	11.6	Ecuador	Barragán (2008)
Cacao + <i>Pouteria sapota</i>	10.9	Venezuela	Jaimez y Franco (2000)
Cacao + leguminosas	9.4	México	Guadalupe <i>et al.</i> (2009)
Cacao + <i>Persea americana</i>	8.9	Venezuela	Jaimez y Franco (2000)
Cacao agroforestal sin especificar	8.4	Costa Rica	Alpizar <i>et al.</i> (1985)
Cacao + frutales	8.1	México	Guadalupe <i>et al.</i> (2009)
Cacao + <i>Persea americana</i> + <i>Annona muricata</i>	7.3	Venezuela	Jaimez y Franco (2000)
Cacao agroforestal sin especificar	6.7	Bolivia	Rivero y Mérida (2009)
Cacao + <i>Erythrina</i> spp.	6.5	Costa Rica	Alpizar <i>et al.</i> (1985)
Cacao + <i>Cordia</i> spp.	5.8	Costa Rica	Alpizar <i>et al.</i> (1985)
Cacao + <i>Myrica</i> spp.	5	Ecuador	Barragán (2008)
Cacao + <i>Dalbergia glomerata</i>	4.8	Honduras	Infocacao (2015)



Cacao solo	4.4	Bolivia	Rivero y Mérida (2009)
Cacao + <i>Dipterix panamensis</i>	4.4	Honduras	Infocacao (2015)
Cacao + <i>Guarea grandifolia</i>	4.3	Honduras	Infocacao (2015)
Cacao + <i>Terminalia superba</i>	4	Honduras	Infocacao (2015)
Cacao + <i>Cojoba arborea</i>	2.8	Honduras	Infocacao (2015)
Cacao solo	1.5	Colombia	Leiva-Rojas (2012)
<b>Promedio</b>	16		

*Cacao (T. cacao) en todos los casos. Fuente: Elaborada por los autores.*

Estos hallazgos concuerdan con los estudios de Leiva-Rojas (2012) y Mora-Ramos & Cabrera-Rubiano (2020), donde los sistemas agroforestales doblan la producción de hojarasca del monocultivo de cacao. Si se tiene en cuenta los altos requerimientos nutricionales del cacao y autoabastecimiento de hasta un 40 %, como contribución de la MO del propio sistema. Además del servicio ecosistémico de provisión de las especies forestales, esto cobra aún más relevancia en el balance productivo del sistema. No obstante, la sola provisión de MO es insuficiente para cubrir las demandas de nutrientes de la planta, sobre todo en elementos menores pobres o inexistentes en los tejidos vegetales de la hojarasca, por lo que no se debe confiar la nutrición de un cultivo agroforestal únicamente a esta fuente.

Con respecto a la República Dominicana, se corrobora que la baja producción del país que promedia la mitad a un tercio del rendimiento de países como Ecuador (CODESPA, 2024), contrasta con sus ventajas comparativas como el alto aporte de MO que se encontró en este estudio. Lo anterior implica plantear que el deficiente manejo de las plantaciones de cacao, principalmente en el suministro oportuno de nutrientes esenciales como P, K y Mg, estos limitan los rendimientos en cacao seco, siendo el cuello de botella que impide la expresión del potencial genético de los cultivares.



Por lo anterior, la escasa cultura de fertilización de los sistemas productivos de cacao en la isla (que incluye a Haití), que ronda sólo el 5 % de las fincas registradas (Batista, 2009), debe comenzar por la ampliación de la práctica de fertilización asociada a un mayor flujo de residuos en las plantaciones de cacao y el país, con especial énfasis en el aporte de elementos nutricionales esenciales para el cacao.

## CONCLUSIONES

Los sistemas productivos de cacao en asocio con especies forestales perennes, en este caso, los sistemas agroforestales de cacao producen aproximadamente el doble de MO, principalmente como hojarasca, que los sistemas en monocultivo.

En la asociación de cacao más amapola ó poró (*Erythrina* spp. se corrobora que el sistema agroforestal más productivo de residuos y MO es la combinación de *Theobroma cacao* y *Erythrina* spp. con una producción de aproximadamente 50 T ha<sup>-1</sup>año<sup>-1</sup>.

El deficiente manejo de nutrientes en las plantaciones de cacao con elementos clave como P, K y Mg limitan los rendimientos de cacao seco. Esto impide la expresión del potencial de los cultivares de cacao en la República Dominicana, y no los niveles de MO disponible.

## AGRADECIMIENTOS

A los 15 productores seleccionados de cacao en la provincia Duarte por facilitar sus fincas para el establecimiento de la investigación. Al Instituto Nacional de Investigaciones (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), e Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), por facilitar recursos para financiar la investigación.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALPIZAR, L., FASSBERDER, H.W., HEUVELDOP, J., FOLSTER, H. y ENRÍQUEZ, G.A., 1985. Sistemas agroforestales de café (*Coffea arabica*) con laurel (*Cordia alliodora*) y con poró (*Erythrina poeppigiana*) en Turrialba, Costa Rica. I Biomasa y reservas nutritivas. En: Accepted: 2014-10-18T03:19:38Z, *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)* [en línea], vol. 35, no. 3, [consulta: 11 junio 2024]. ISSN 0041-4360. Disponible en: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3992>.
- BATISTA, L., 2009. *Guía Técnica: El Cultivo de Cacao* [en línea]. Dominicana: Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. Santo Domingo, República Dominicana. [consulta: 13 mayo 2024]. Disponible en: <https://intranet.cedaf.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>.
- BEER, J., BONNEMANN, A., CHAVEZ, W., FASSBENDER, H.W., IMBACH, A.C. y MARTEL, I., 1990. Modelling agroforestry systems of cacao (*Theobroma cacao*) with laurel (*Cordia alliodora*) or poro (*Erythrina poeppigiana*) in Costa Rica. *Agroforestry Systems* [en línea], vol. 12, no. 3, [consulta: 11 junio 2024]. ISSN 1572-9680. DOI 10.1007/BF00137286. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF00137286>.
- DI RIENZO, J.A., CASANOVES, F., BALZARINI, M.G., GONZÁLEZ, L., TABLADA, M. y ROBLEDO, CW., 2016. *InfoStat, versión 2008*. 2016. S.l.: Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- GUADALUPE, S.M., ESPINOSA, M., LERMA, Z., MORENO, M. y LÓPEZ, J., 2009. Cuantificación, descomposición y contenido nutrimental de hojarasca en dos sistemas agroforestales con cacao (*Theobroma cacao* L.). *Quehacer Científico en Chiapas México* [en línea], vol. 1, no. 7, Disponible en: [https://dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2009-ener-jun/cuantificacion\\_descomposicion\\_contenido.pdf](https://dgip.unach.mx/images/pdf-REVISTA-QUEHACERCIENTIFICO/QUEHACER-CIENTIFICO-2009-ener-jun/cuantificacion_descomposicion_contenido.pdf).



GUZMÁN RIVERO, G. y LEVY MÉRIDA, A., 2009. Producción de biomasa y nutrientes que genera la poda en sistemas agroforestales sucesionales y tradicionales con cacao, Alto Beni, Bolivia. *Acta Nova* [en línea], vol. 4, no. 2-3, [consulta: 11 junio 2024]. ISSN 1683-0789. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1683-07892009000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1683-07892009000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=es).

IICA [INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA], 2017. *Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [en línea]. S.l.: Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. San José, C.R. [consulta: 3 mayo 2024]. ISBN 978-92-9248-719-5. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/6422>.

IICA [INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN PARA LA AGRICULTURA], 2023. *El cacao, un cultivo clave que mantiene la República Dominicana como uno de los países líderes en la exportación de productos orgánicos en el mundo*. [en línea]. 2023. S.l.: IICA [Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura]. Disponible en: <https://iica.int/es/prensa/noticias/el-cacao-un-cultivo-clave-que-mantiene-la-republica-dominicana-como-uno-de-los>.

INFOCACAO, 2015. *Aumento de la producción, productividad y calidad de cacao bajo sistemas agroforestales (SAF). Evaluando la producción de cacao bajo sombra de cinco especies forestales. La Másica, Atlántida, Honduras*. . [en línea]. 2015. S.l.: Infocacao. [consulta: 2 septiembre 2017]. Disponible en: [http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao\\_pdfs/infocacao/](http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/infocacao/).

JAIMEZ, R. y FRANCO, W., 2000. Aportes de macronutrientes y descomposición de la materia orgánica en agroecosistemas de cacao (*Theobroma cacao*) con frutales en la región de Tucán. *1er congreso venezolano del cacao y su industria. Área: suelos fertilización y contaminación*. Venezuela: s.n., pp. 1-8.



LEIVA ROJAS, E.I., 2012. Aspectos para la nutrición del Cacao *Theobroma cacao* L. En: Accepted: 2019-07-02T11:15:13Z, *Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín Facultad de Ciencias Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agropecuarias* [en línea], [consulta: 11 junio 2024]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55148>.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2014. *República Dominicana exporta en cacao 214 millones de dólares* [en línea]. 2014. S.l.: Ministerio de Agricultura. [consulta: 13 mayo 2024]. Disponible en: <https://agricultura.gob.do/noticia/republica-dominicana-exporta-en-cacao-214-millones-de-dolares/>.

ROBLES-RODAS, S., ELLENSOL, R.-R., GUACANEME-BARRERA, C., MEDINA-SIERRA, M. y CERÓN-MUÑOZ, M., 2022. *Establecimiento y manejo del cultivo de cacao en economía familiares* [en línea]. S.l.: Fondo Editorial Biogénesis. ISBN 9786287519633. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/373545472\\_Establecimiento\\_y\\_manejo\\_del\\_cultivo\\_de\\_cacao\\_en\\_economia\\_familiares](https://www.researchgate.net/publication/373545472_Establecimiento_y_manejo_del_cultivo_de_cacao_en_economia_familiares).

RODRÍGUEZ-VELÁZQUEZ, N.D., CHÁVEZ-RAMÍREZ, B., GÓMEZ DE LA CRUZ, I., VÁSQUEZ-MURRIETA, M.-S. y ESTRADA DE LOS SANTOS, P., 2022. El cultivo del cacao, sus características y su asociación con microorganismos durante la fermentación. *Alianzas y Tendencias BUAP* [en línea], vol. 7, no. 25, [consulta: 11 junio 2024]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12371/15599>.

#### ***Conflictos de intereses:***

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

#### ***Contribución de los autores:***

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.





Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

