



Subproductos de cacao (*Theobroma cacao*) en la alimentación animal: ¿Una alternativa viable y sostenible?

Cocoa by-products (*Theobroma cacao*) in animal feed: A viable and sustainable alternative?

Ramiro Juan Vega-González^{1,*}; Daniel Castro-Salinas¹; Fredy Marcial Pajuelo-Risco²; César Eduardo Honorio-Javes¹; Juan Ernesto Hernandez-Valdez¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n – Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

² Instituto de Educación Superior Tecnológico Público Daniel Villar, Jr. Sucre N° 124 Caraz, Huaylas, Perú.

* Autor correspondiente: p800106721@unitru.edu.pe (R. J. Vega-gonzalez).

ORCID de los autores:

R. J. Vega-González: <https://orcid.org/0000-0002-4261-2836>

D. Castro-Salinas: <https://orcid.org/0000-0002-5949-9104>

F. M. Pajuelo-Risco: <https://orcid.org/0000-0003-4135-6049>

C. E. Honorio-Javes: <https://orcid.org/0000-0002-8917-7085>

J. E. Hernandez-Valdez: <https://orcid.org/0009-0000-0885-5458>

RESUMEN

Se estima que a nivel mundial se procesa setecientos mil millones de toneladas al año de grano de cacao, en contraste a su proceso productivo, solo se aprovecha las semillas, que representa un 20%-23% del fruto, la otra proporción del fruto como la mazorca o cáscara, placenta, cascarilla y jugo de mucílago son los principales subproductos y se pierde como desecho. Debido a la disponibilidad y su alto valor nutricional, se le está dando diferentes usos en nuevas áreas de aplicación. Por ello, esta revisión se centra en actualizar conocimientos sobre el uso de subproductos del cacao en la producción animal, nuevos enfoques su viabilidad y su sostenibilidad. En este contexto, los subproductos son utilizados en la alimentación en monogástricos y poligástricos, reportando resultados favorables y mayor rentabilidad, representando una alternativa viable y valiosa para la alimentación animal. Se ha comprobado que estos subproductos están compuestos por diversos compuestos bioactivos de interés farmacéutico, industrial y alimenticio, que ya le están dando nuevos usos y aplicaciones. Se anticipa que los subproductos de cacao serán ampliamente adoptados con otros fines. En consecuencia, se espera que en el futuro próximo su disponibilidad para la alimentación animal disminuya y sus precios aumenten.

Palabras clave: *Theobroma cacao*, Subproductos industriales, alimentación animal, dieta, sostenibilidad.

ABSTRACT

It is estimated that seven hundred billion tons of cocoa beans are processed worldwide per year, in contrast to its production process, only the seeds are used, which represents 20-23% of the fruit, the other proportion of the fruit such as the cob or husk, placenta, husk and mucilage juice are the main byproducts and are lost as waste. Due to its availability and high nutritional value, it is being used in new areas of application. Therefore, this review focuses on updating knowledge about the use of cocoa by-products in animal production, new approaches to its viability and sustainability. In this context, the byproducts are used in feeding monogastric and polygastric animals, reporting favorable results and greater profitability, representing a viable and valuable alternative for animal feed. It has been proven that these byproducts are composed of various bioactive compounds of pharmaceutical, industrial and food interest, which are already giving them new uses and applications. It is anticipated that cocoa by-products will be widely adopted for other purposes. Consequently, it is expected that soon its availability for animal feed will decrease and its prices will increase.

Keywords: *Theobroma cacao*, Industrial byproducts, animal feed, diet, sustainability.

Recibido: 10-12-2023.

Aceptado: 08-03-2024.



Esta obra está publicada bajo la licencia [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

INTRODUCCIÓN

La Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2022) informa que el 75% de la producción mundial de cacao en grano proviene de África Occidental y Central, mientras que América, Asia y Oceanía se estiman en un 19% y un 5% respectivamente. Como hace notar la (Figura 1) a nivel mundial se producen enormes cantidades de grano de cacao para molienda, el periodo 2020-2021 fue el periodo de mayor producción en los últimos 10 años, siendo las Costas de Marfil el país con mayor producción, seguido de Ghana y Ecuador. Esto se debe a la alta demanda de productos a base de chocolate.

Se estima que se procesa alrededor de 700 mil millones de toneladas de granos de cacao al año, siendo esto una cantidad significativa (Guessan-Bi et al., 2022; Handojo et al., 2019; ICCO, 2022). En la producción de cacao su principal producto final que es el chocolate, por ende, solo se aprovecha las semillas, lo que corresponde tan solo al 20-23% del fruto (Campos et al., 2018), la otra proporción del material se pierde como desecho. (Figueiredo et al., 2018). En todo el proceso productivo se generan subproductos como, la mazorca que está constituido por (endocarpo, mesocarpo y exocarpo) (Ramírez et al., 2018), el mucilago, lixiviado y cascarilla (Handojo et al., 2019). Por lo general estos subproductos eran desechados; sin embargo, en la actualidad se le está dando amplia importancia debido a sus potencialidades nutritivas y disponibilidad (Jarrín-Chacón et al.,

2023).

Los subproductos de cacao son una alternativa potencial en la alimentación animal por su disponibilidad, precio bajo y su valor nutricional (Figueiredo et al., 2018), debido a que la industria pecuaria enfrenta a una diversidad de problemas, entre ellos el más representativo es la alimentación y nutrición animal, debido a que se requiere grandes cantidades de insumos alimenticios que cada dada vez son más caros (García et al., 2022). Esto conlleva a la búsqueda de alternativas para la disminución de costos en la alimentación animal o la sustitución de algunos insumos (Figueiredo et al., 2018; Moreno et al., 2021), han sido probados en dietas de diferentes especies como vacunos de leche y carne, ovinos, caprinos, conejos, cuyes, pollos de engorde, cerdos y gallinas de postura, la gran mayoría de investigaciones reportan resultados favorables (Donkoh et al., 1991; Oussou et al., 2023).

En los últimos años, se le está dando un gran interés a los subproductos de cacao (Drees et al., 2023), debido a que se han reportado que están constituido por compuestos bioactivos de interés mundial. Por ejemplo, la cascarilla contiene polifenoles y alcaloides (Papillo et al., 2019), la mazorca contiene antioxidantes, pectina y teobromina (Kapun et al., 2022), y el jugo de mucilago contiene pentosanos, azúcares fermentables reductores y pectinas (Ayala et al., 2022).

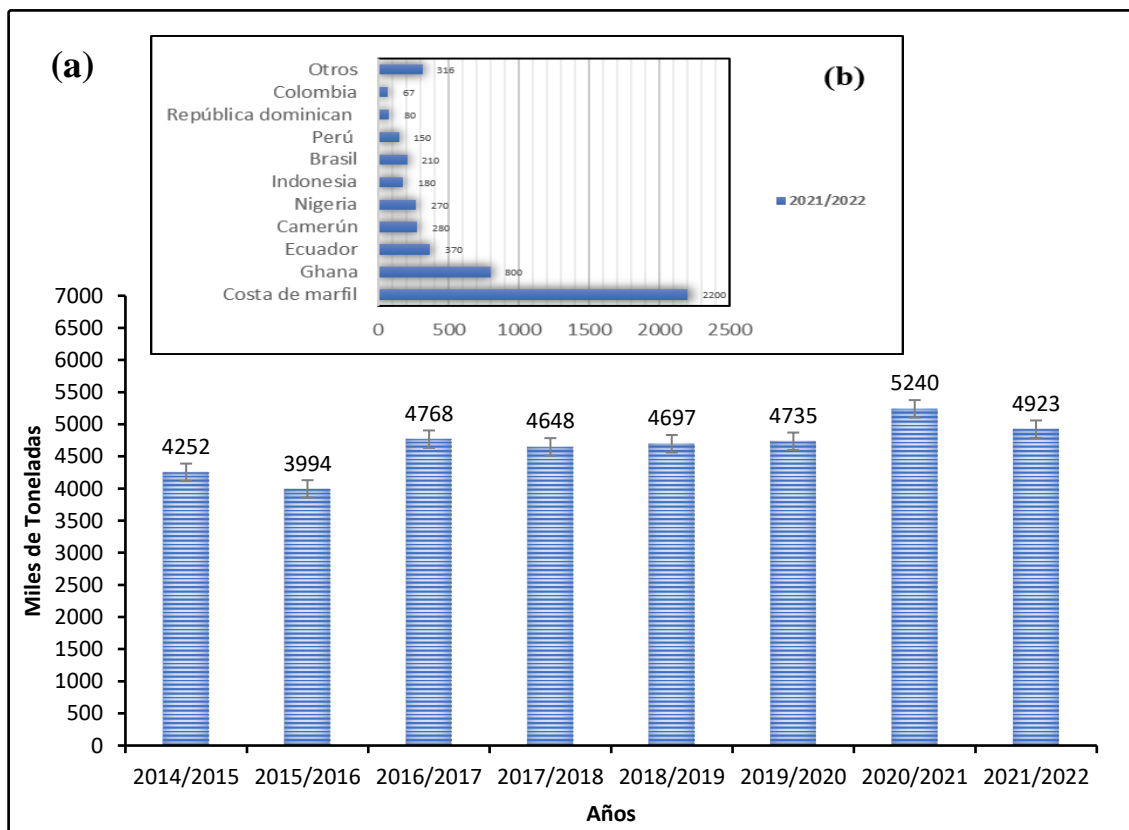


Figura 1. a) Producción mundial de grano de *Theobroma cacao*, periodo 2014 - 2022 (Miles de toneladas). **(b)** Principales países productores de *Theobroma cacao* periodo 2021/2022 miles de toneladas. Datos obtenidos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2022).

Por ello que están en la mira de otras industrias y que ya están siendo utilizados como antioxidantes, fertilizantes orgánicos, fibra, hidrocoloides, fuentes de enzimas, (Llerena et al., 2023), biosorbentes industriales, polímeros, para medios de cultivo, como álcalis para jabón entre otros (Papillo et al., 2019). Por lo tanto, esta revisión resume y pretende discutir las principales investigaciones sobre el uso y la sostenibilidad de los subproductos de cacao en la alimentación animal.

Principales subproductos en la cadena productiva de *Theobroma cacao*

La cadena del procesamiento de cacao con la utilización de nuevas tecnologías cada vez se vuelve más eficiente (Molina-Cedeño et al., 2020). Como hace constar la (figura 2) todo parte en los campos de cultivos de cacao, lo primero que se realiza es la recolección de los frutos, se verifica la calidad y madurez para poder cortarlos directamente del árbol, en seguida estos frutos son cortados longitudinalmente para exponer las partes internas la placenta, semilla y mucílago, son dispuestos para el desgranado, aquí se extraen las semillas de la placenta. En estos dos pasos se producen dos subproductos, la mazorca y la placenta (Lema-Naula, 2016; Núñez-Torres et al., 2018).

Ya obtenido el grano de cacao en baba, este pasa al proceso de fermentación; debido a la degeneración de las pectinas de la pulpa, el pH baja y por la presión negativa, permite la obtención de un jugo de mucílago, un jugo dulce, ácido, aromático y agradable al paladar (Vásquez et al., 2019), también el mucílago (García et al., 2022). En las fábricas la semilla de cacao pasa por un proceso de secado y descarrillado, donde se extrae la cascarilla y se desecha como subproducto, en los procesos que continúa se generan otros desechos y

subproductos, pero estos no son muy significativos (Lozano, 2020).

Capacidad productiva de subproductos de cacao

El cacao es cultivado con el objetivo primordial de extraer las semillas y convertirlo en chocolate (Papillo et al., 2019; Soares y Oliveira, 2022), sin embargo, las semillas del cacao solo es el 20-23% del fruto, la (figura 3) muestra que la mazorca del cacao está compuesta por (endocarpo, mesocarpo y exocarpo) y esta representa entre el 67-76% del fruto (Figueiredo et al., 2018; Papillo et al., 2019), se estima que para producir una tonelada de semilla de cacao se genera diez toneladas de mazorca (Guessan-Bi et al., 2022; Kapun et al., 2022). También se estima que por cada 100 kg de vainas aproximadamente se generan de 4 a 7 L de jugo de mucílago con un pH de 3-4, por lo general es desechado en suelos agrícolas (Romero et al., 2018; Ayala et al., 2022).

Composición química de los subproductos

Muchos estudios han repostado que los subproductos de cacao contienen moléculas con características bioactivas que son de interés mundial, y debido a la disponibilidad de los subproductos, es más fácil y barato de adquirir cantidades mayores de estos biocompuestos (Febrianto & Zhu, 2019; Febrianto & Zhu, 2019). Cabe recalcar que hay factores que afecta o se involucran en la composición química de la semilla de cacao y sus subproductos, entre ellos, el genotipo de cacao, grado de madurez, fermentación, zona de cultivo y tipo de proceso de la materia prima (García- Villoslada et al., 2022; Lema- Naula, 2016; Lozano, 2020; Ramos-Escudero et al., 2023).

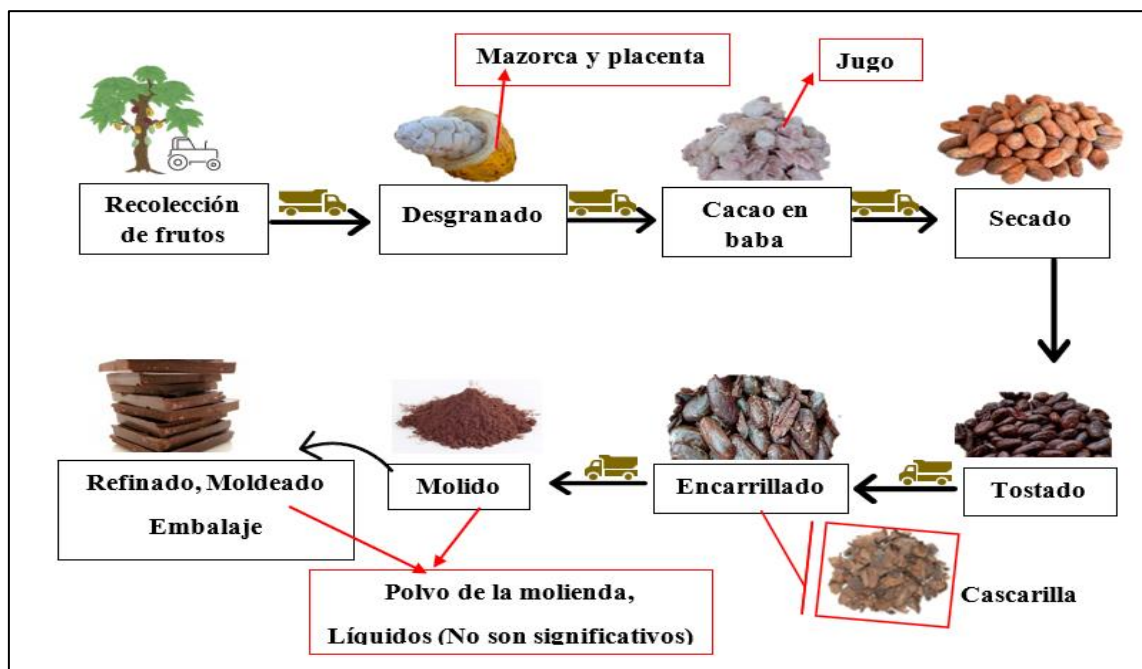


Figura 2. Diagrama resumido de proceso de chocolate y la producción de subproductos.

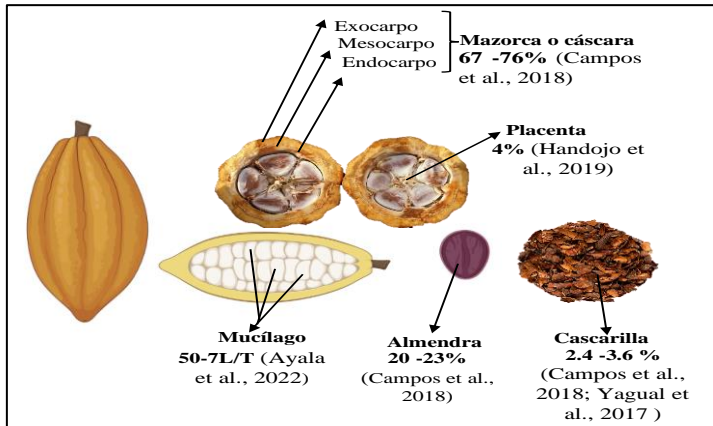


Figura 3. Partes del fruto de *Theobroma cacao* y porcentajes de masa.

Tabla 1

Composición química y componentes bioactivos de interés mundial de los subproductos de *Theobroma cacao*

Subproducto	Composición química	Cantidad (base seca)	Cita	
Componentes de interés mundial				
Cascarilla del Cacao	Teobromina	1 mg/g	(Lozano, 2020)	
	Teobromina	1,10 m/g	(Guamán, 2021)	
	Polifenoles	6,1- 20,28 mg GAE/g	(Carpio et al., 2018; Lozano, 2020)	
	Fibra dietética	56,8 - 40,14%	(Lozano, 2020)	
	Fibra dietética	43,50%	(Carpio et al., 2018; Guamán-Gualli, 2021)	
	Proteínas	6,30 - 8,48%	(Carpio et al., 2018; Hikmah et al., 2020; Lozano, 2020)	
	Proteínas	14,90%	(Guamán-Gualli, 2021)	
	Vitamina C	0,03 mg/100 g	(Carpio et al., 2018; Lozano, 2020)	
	Cafeína	0,11 %	(Guamán-Gualli, 2021)	
	Otros componentes			
	Lignina	13,70%		
	Hemicelulosa	11,80%		
	Celulosa	19,50%		
	Lípidos	2,20%		
	Azúcares reductores	0,80%	(Carpio et al., 2018; Guamán-Gualli, 2021)	
	Almidón	1,10%		
	Taninos	0,17%		
	Ácido ftico	1%		
Componentes de interés mundial				
Mucílago	Azúcares	10-15,9 %	(Carpio et al., 2018; Lozano, 2020; Ortiz & Álvarez, 2015)	
	Ácido cítrico	0,77-1,52 %		
	Pectina	0,9-1,19 %		
	Fructosa	63,5 ± 5,23 g L-1	(Ayala et al., 2022)	
	Sacarosa	48,9 ± 4,85 g L-1		
	Otros componentes o datos			
		pH	3,7 ± 0,67	
	Brix	17,1 ± 1,01°	(Ayala et al., 2022)	
	celobiosa	1,52 ± 0,02 g L-1		
	Acidez	1,7 ± 0,52 %		
Componentes de interés mundial				
Placenta (Después de la fermentación)	Proteínas	8,4%		
	Polifenoles	10,86 mg TAE/100g MS	(Alfred et al., 2019; Lozano, 2020)	
	Flavonoides	3,05 mg QE/100g MS		
	Fibra dietética	42,66%		
	Taninos	10,86 mg TAE/100 g MS		
Componentes de interés mundial				
Mazorca del cacao y cacota.	Polifenoles	16,4-23 mg Gae /g	(Coronado & Bermudez, 2019; Lozano, 2020)	
	Teobromina	7,67-9,679 mg/g		
	Cafeína	0,724-1,879 mg/g	(Carrillo et al., 2014; Lozano, 2020; Vásquez et al., 2019)	
	Epicatequinas	1,405-3,78 mg/g		

Viabilidad de subproductos de cacao en dietas de animales

Los subproductos de cacao tienen un potencial en nutrientes que son beneficiosos para los animales (Tabla 1), teniendo valores aceptables de fibra, energía bruta y degradabilidad (Vera et al., 2021), además tienen una alta disponibilidad, datos que se corroboran en la Figura 1 y 3.

Se han reportado un sinnúmero de investigaciones enfocadas en la inclusión de los subproductos de

cacao (Mazorca o cáscara, placenta, cascarilla y jugo de mucílago) en dietas de animales como: Vacunos de leche y carne, ovinos, caprinos, conejos, cuyes y pollos de engorde, tal como se muestra en la Tabla 2. La mayoría de las investigaciones reportan resultados favorables; sin embargo, se ha reportado la presencia de cafeína y teobromina, componentes que generan cierta toxicidad en algunos animales como las cabras lecheras (Renna et al., 2022).

Tabla 2
Principales investigaciones sobre incorporación de subproductos de cacao en dietas de animales

Subproducto	Especie	Resultados	Cita
Cascarilla del grano fermentada	Ovinos	Mayor consumo de materia seca y ganancia de peso (puede sustituir hasta un 75% del forraje)	(Sujono et al., 2021)
Cascarilla de cacao	Vacunos de carne	Incrementa el tamaño y porcentaje del peso de órganos importantes (bazo, hígado y riñones)	(Hikmah et al., 2020)
Cascarilla de caco	Ovejas lecheras	Con una inclusión de 100 g/d no afecta el consumo de MS, la producción de leche, calidad de leche y perfil hematológico, puede reemplazar a la cascarilla de soja	(Carta et al., 2020)
Cáscaras de la mazorca	Novillos Holstein jóvenes	Con un tratamiento con urea o <i>P. chrysosporium</i> mejora el valor nutritivo y su digestibilidad	(Laconi & Jayanegara, 2015)
Hojas y cáscaras de las vainas	Pequeños rumiantes	Mostró un alto valor nutricional para complemento en dieta de pequeños rumiantes, además los extractos afectaron a <i>Haemonchus contortus</i>	(Mancilla-Montelongo et al., 2021)
Cáscara de grano de cacao	Ovejas multíparas lactantes	No afecta negativamente el rendimiento productivo ni la composición de la leche, pero reduce la concentración de urea en la leche, además mejora los estándares de salud de la grasa de la leche y el queso.	(Campioni et al., 2021)
Cáscara de mazorca	Vacunos	Los contenidos de lignina redujeron significativamente cuando es tratado con urea, melaza, contenido ruminal o <i>P. chrysosporium</i> , además mejora la digestibilidad y ganancia de peso diario.	(Laconi & Jayanegara, 2015)
Cascarilla de cacao	Cabras lecheras	Disminuyó el consumo de materia seca, sin disminuir la producción de leche ni el contenido y rendimientos de grasa, proteína y caseína. Cabe recalcar que la alimentación con este subproducto se ve obstaculizado por la existencia de teobromina, un alcaloide tóxico	(Renna et al., 2022)
Cáscara de la mazorca tratadas con cenizas y licor ruminal	Pollos de engorde	La inclusión de hasta un 8% en la dieta, mejora el rendimiento productivo, estabilidad de los parámetros bioquímicos y mejora la capacidad antioxidante de los pollos en situaciones de estrés por calor	(Adeyeye et al., 2019)
Harina de cáscara de mazorca fermentada con <i>Rhizopus stolonifer</i>	Conejos	Recomiendan una inclusión de 12,5% como ingrediente activo en las dietas de conejos	(Olugosi et al., 2021)
Placenta, Cáscara y cascarilla	Pollos de engorde	Con la inclusión de cascarilla 10%, cáscara 5% y placenta 5% se obtuvo mejores características organolépticas de la carne de pollo.	(Sánchez et al., 2018)
Cascarilla de cacao	Cuyes	No se recomienda más de un 10 -15% en la ración alimenticia de cuye	(Núñez-Torres et al., 2018)
Cáscara de mazorca	Cerdos	Mejora del equilibrio microbiano intestinal	(Magistrelli et al., 2016)

Sostenibilidad de los subproductos de cacao en la alimentación animal

Se ha demostrado que los subproductos de cacao están formados por diversos biocompuestos como (Polifenoles, Fibra dietética, Pectina, Flavonoides, compuestos fenólicos, etc.) (Belwal et al., 2022; Llerena et al., 2023; Botella-Martínez et al., 2021). Estos biocomponentes son de interés medicinal,

industriales y alimenticio; trayendo consigo a que esté en la mira de otras industrias. Esto hace notar que con el pasar de los años y el avance científico y tecnológico, los subproductos de cacao van a ser utilizados para otros fines como se muestra en la Tabla 3; en consecuencia, la disponibilidad de estos subproductos en la alimentación animal será menor y su precio será más elevado (Ouattara et al., 2021).

Tabla 3
Nuevos usos y enfoques de los subproductos de cacao

Subproducto	País	Resultados	Productos generados	Cita
Cáscara de mazorca	Japón	Actividad anti VIH, actividad antiviral de la influenza y eliminación de radicales libres de la vitamina C	Antiviral y eliminador de radicales	(Sakagami et al., 2008)
Mucílago y placenta	Ecuador	Néctar con 0,32% de ácido cítrico, 15 grados brix y un pH de 3,83. Bebida alcohólica de 3,7 grados de alcohol, 12 grados brix, densidad de 1036 g/ml y 0,8 % de ácido cítrico	Néctar y una bebida alcohólica	(Quimbita et al., 2013)
Cascarilla del grano	Ecuador	No se encontró gluten en la harina de cascarilla del cacao, pero sí un alto contenido de proteínas solubles	Harina para celíacos	(Carrasco et al., 2015)
Cascarilla del grano	India	Producción de enjuague bucal con capacidad de reducir 32,25% la aparición de <i>Streptococcus mutans</i>	Enjuague bucal	(Badiyani et al., 2013)
Cáscara de mazorca	Malasia	Absorbente con capacidad de absorción de 263,9 mg/g de Azul de metileno después de pasar proceso de NaOH	Absorbente de contaminantes emergentes	(Pua et al., 2013)
Mucílago de cacao	Ecuador	Jalea dulce y ácido ligero con 64-67 grados brix y un pH entre 3,27 y 3,47	Jalea	(Torres et al., 2016)
Cáscara de mazorca	Ghana	Jabón suave para la piel, con un pH de 10 y formación de espuma entre 200 a 300 ml	Jabón natural	(Cyedu-Akoto et al., 2015)
Cáscara de mazorca	Colombia	Extracto con capacidad bactericida para <i>Staphylococcus aureus</i> , y bacteriostático para <i>Escherichia Coli</i>	Agente antimicrobiano	(Sotelo et al., 2015)
Mucílago de cacao	Ecuador	Nectar con 62,5 % de proporción de mucílago con un 99 % de rendimiento	Néctar	(Arciniega-Alvarado & Espinoza-León, 2020)
Cascarilla de cacao	Brasil	Se encontró un alto contenido de compuestos fenólicos y fibra dietética.	Fuente de fibra dietética, aditivo antioxidante, agente colorante y saborizante	(Okuyama et al., 2017)

Áreas que investigan sobre la valorización y uso de subproducto de cacao

Cada vez más la investigación científica va evolucionando, llegando a ser más específicas, dinámicas, accesibles, sobre todo fiables (García et al., 2022). Dado la disponibilidad y presencia de biocomponentes en los subproductos de caca, diferentes áreas empiecen a investigar y darle un mejor uso a los subproductos, tal como se muestra en la Figura 4 y la tabla 3.

La figura 4 refiere que en el periodo 2006-2022 las áreas temáticas a nivel mundial que más investiga

sobre el uso y valorización de los subproductos de cacao son las Ciencias Agrícolas y Biológicas, también en el ámbito de la Ciencia Medioambiental e Ingeniería química siendo las áreas que tienen una producción científica bastante notoria, a diferencias de las demás áreas. Caber recalcar que dentro de la principal área temáticas (Ciencias agrícolas y biológicas) que reporta mayor investigación sobre el uso y valorización de los subproductos de cacao, se encuentra la alimentación y nutrición animal

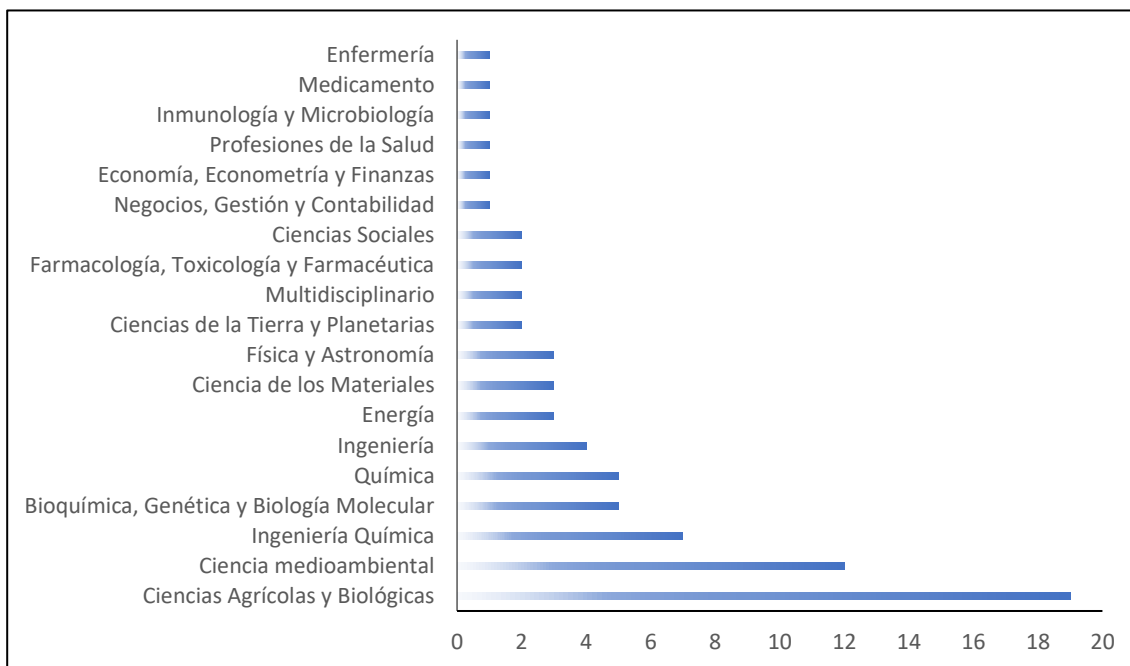


Figura 4: Información obtenida de la base de datos Scopus (criterios de búsqueda: título del artículo, resumen, palabras clave: "theobroma cacao and cocoa and husk and valorization or applications".

CONCLUSIONES

Los estudios científicos disponibles muestran que los subproductos del cacao representan una opción viable y valiosa para la alimentación animal, debido a su accesibilidad y su rica composición nutricional. Estos hallazgos respaldan su posición como una alternativa prometedora en la búsqueda de soluciones sostenibles para la industria ganadera. Además, se ha comprobado que estos subproductos están compuestos por diversos compuestos bioactivos de interés farmacéutico, industrial y alimenticio, y estas áreas ya le están dando nuevos usos y aplicaciones. Con el avance

científico y tecnológico, se anticipa que los subproductos de cacao serán ampliamente adoptados con otros fines. En consecuencia, se espera que en el futuro próximo su disponibilidad para la alimentación animal disminuya y sus precios aumenten.

Estos hallazgos abren nuevas perspectivas para la utilización eficiente de los recursos agrícolas y subrayan el potencial de los subproductos del cacao como una herramienta fundamental para mejorar la seguridad alimentaria y gestionar los residuos en el sector agroindustrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeyeye, S. A., Ayodele, S. O., Oloruntola, O. D., & Agbede, J. O. (2019). Processed cocoa pod husk dietary inclusion: effects on the performance, carcass, haematogram, biochemical indices, antioxidant enzyme and histology of the liver and kidney in broiler chicken. *Bulletin of the National Research Centre*, 43(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S42269-019-0096-8>
- Afedzi, A. E. K., Obeng-Boateng, F., Aduama-Larbi, M. S., Zhou, X., & Xu, Y. (2023). Valorization of Ghanaian cocoa processing residues as extractives for value-added functional food and animal feed additives – A review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 52, 102835.
- Arciniega-Alvarado, G. A., & Espinoza-León, R. A. (2020). Optimization of a drink based on the Cocoa Mucilage (Theobroma cacao), as use of one of its by-products. *Ciencias Técnicas & Aplicadas*, 6(3), 310-326. <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1286>
- Ayala, H., Kaiser, D., Pavón, S., Molina, E., Siguenza, J., Bertau, M., & Lapo, B. (2022). Valorization of cocoa's mucilage waste to ethanol and subsequent direct catalytic conversion into ethylene. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 97(8), 2171–2178. <https://doi.org/10.1002/jctb.7095>
- Badiyani, B., Kumar, A., Bhat, P., & Sarkar, S. (2013). Chocolate Disinfectant: Effectiveness of Cocoa Bean Husk Extract on

- Streptococcus mutans* in Used Toothbrushes. *International Journal of Oral Care and Research*, 6(2), 1-6. <http://www.ijocrweb.com/index.html>
- Belwal, T., Cravotto, C., Ramola, S., Thakur, M., Chemat, F., & Cravotto, G. (2022). Bioactive Compounds from Cocoa Husk: Extraction, Analysis and Applications in Food Production *Chain. Foods*, 11(6), 798. <https://doi.org/10.3390/foods11060798>
- Botella-Martínez, C., Lucas-Gonzalez, R., Ballester-Costa, C., Pérez-Álvarez, J. Á., Fernández-López, J., Delgado-Ospina, J., Chaves-López, C., & Viuda-Martos, M. (2021). Ghanaian cocoa (*Theobroma cacao* L.) bean shells coproducts: Effect of particle size on chemical composition, bioactive compound content and antioxidant activity. *Agronomy*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/agronomy11020401>
- Campione, A., Pauselli, M., Natalello, A., Valenti, B., Pomente, C., Avondo, M., Luciano, G., Caccamo, M., & Morbidini, L. (2021). Inclusion of cocoa by-product in the diet of dairy sheep: Effect on the fatty acid profile of ruminal content and on the composition of milk and cheese. *Animal*, 15(6), 100243. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100243>
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 81(1), 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- Carpio, E. V., Castro, L. M., & Fernández, M. C. (2018). Caracterización físico-química de la cascarilla de *Theobroma cacao* L. variedades Nacional & CCN-51. *Conference Proceedings (Machala)*, 2(1), 2017. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/article/view/309>
- Carrasco, H. Á. Ó. (2015). Obtención de harina baja en gluten a partir de la cascarilla de cacao de las variedades ccn-51 & nacionales [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Académico de la Universidad Técnica de Machala.
- Carrillo, L. C., Londoño-Londoño, J., & Gil, A. (2014). Comparison of polyphenol, methylxanthines and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans from different cocoa-growing areas in Colombia. *Food Research International*, 60, 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.019>
- Carta, S., Nudda, A., Cappai, M. G., Lunesu, M. F., Atzori, A. S., Battacone, G., & Pulina, G. (2020). Short communication: Cocoa husks can effectively replace soybean hulls in dairy sheep diets—Effects on milk production traits and hematological parameters. *Journal of Dairy Science*, 103(2), 1553-1558. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17550>
- Coronado, L. S., & Bermudez, A. A. (2019). Extracción de compuestos con actividad antimicrobiana a partir de subproductos del cacao. *Alimentos Hoy*, 26(45), 26-37.
- Donkoh, A., Atuahene, C. C., Wilson, B. N., & Adomako, D. (1991). Chemical composition of cocoa pod husk and its effect on growth and food efficiency in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, 35(1-2), 161-169. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(91\)90107-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(91)90107-4)
- Drees, A., Brockelt, J., Cvançar, L., & Fischer, M. (2023). Rapid determination of the shell content in cocoa products using FT-NIR spectroscopy and chemometrics. *Talanta*, 256, 12431. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2023.124310>
- Figueiredo, M. R. P., Saliba, E. de O. S., Barbosa, G. S. S. C., Lopes, F. C. F., e Silva, F. A., e Silva, C. R. da M., Nunes, A. N., & de Figueiredo, M. C. P. (2018). Cocoa byproduct in diets for dairy heifers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47(0). <https://doi.org/10.1590/RBZ4720170126>
- García Villoslada, A. E., Acosta Núñez, Y. N., Terrones Campos, H. G., Carrasco Pacheco, R. E., & Autukai Biktuk, J. L. (2022). Subproductos del cacao (*Theobroma cacao*) como alternativa para la mejora de la dieta balanceada en rumiantes. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 3(1), 42-57. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v3i1.72>
- Goude, A. K., Martial-Didier, K., Jaures, O., & Jean Parfait, E. (2019). Biochemical characterization, nutritional and antioxidant potentials of cocoa placenta (*Theobroma cacao* L.). *Annals. Food Science and Technology*, 20(3), 603-610.
- Guamán-Guallí, C. I. (2021). La harina de cascarilla de cacao en la alimentación de cuyes. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Guessan-Bi, T. K., Kouame, K. L., Kwadjo, K. É., Kra, K. D., & Doumbia, M. (2022). Abundance and Dynamics of the Main Heteroptera Pests of Cocoa Tree in the Orchards of the Department of Méagui (South-West, Côte d'Ivoire). *Journal of Agricultural Science*, 14(8), 40. <https://doi.org/10.5539/jas.v14n8p40>
- Gyedü-Akoto, E., Yabani, D., Sefa, J., Owusu, D., & Peng, J. (2015). Natural Skin-care Products: The Case of Soap Made from Cocoa Pod Husk Potash. *Advances in Research*, 4(6), 365-370. <https://doi.org/10.9734/AIR/2015/17029>
- Handojo, L., Triharyogi, H., & Indarto, A. (2019). Cocoa bean shell waste as potential raw material for dietary fiber powder. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(1), 485-491.
- Hikmah, H., Alam, G., Syamsu, J. A., Salengke, S., & Nahariah, N. (2020). IOP Conference Series: Earth and Environmental Science The digestive and physiological visceral organs of male Bali cattle were fed with cocoa bean shell The digestive and physiological visceral organs of male Bali cattle were fed with cocoa bean shell. *Conference Series. Earth and Environmental Science*, 492(1), 012063
- ICCO Organización Internacional del Cacao. (2022). Estadísticas del Cacao - Noviembre 2022 Boletín Trimestral de Estadísticas del Cacao. <https://www.icco.org/november-2022-quarterly-bulletin-of-cocoa-statistics/>
- Jarrín-Chacón, J. P., Núñez-Pérez, J., Espín-Valladares, R. D. C., Manosalvas-Quiroz, L. A., Rodríguez-Cabrera, H. M., & Pais-Chanfrau, J. M. (2023). Pectin Extraction from Residues of the Cocoa Fruit (*Theobroma cacao* L.) by Different Organic Acids: A Comparative Study. *Foods*, 12(3).
- Kapun, T., Karlovits, I., & Dimitrov, K. (2022). Cocoa husk biomass conversion for application in fibre packaging. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03330-2>
- Laconi, E. B., & Jayanegara, A. (2015). Improving Nutritional Quality of Cocoa Pod (*Theobroma cacao*) through Chemical and Biological Treatments for Ruminant Feeding: In vitro and In vivo Evaluation. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 28(3), 343-350.
- Lema Naula, L. V. (2016). Evaluación de harina de *Theobroma cacao* (Cascarilla de cacao) para la alimentación de cuyes en la etapa de crecimiento - engorde. [Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Llerena, W., Samaniego, I., Vallejo, C., Arreaga, A., Zhunio, B., Coronel, Z., Quiroz, J., Angós, I., & Carrillo, W. (2023). Profile of Bioactive Components of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) By-Products from Ecuador and Evaluation of Their Antioxidant Activity. *Foods*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/foods12132583>
- Lozano, M. M. S. (2020). Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión. [Tesis de pregrado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]. Repositorio institucional UTADAO.
- Magistrelli, D., Zanchi, R., Malagutti, L., Galassi, G., Canzi, E., & Rosi, F. (2016). Effects of Cocoa Husk Feeding on the Composition of Swine Intestinal Microbiota. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(10), 2046-2052.
- Mancilla-Montelongo, M. G., Castañeda-Ramírez, G. S., Gaudin-Barbier, E., Canul-Velasco, M. L., Chan-Pérez, J. I., De la Cruz-Cortazar, Á., Mathieu, C., Fourquaux, I., Sandoval-Castro, C. A., Hoste, H., Ventura-Cordero, J., González-Pech, P. G., & Torres-Acosta, J. F. de J. (2021). In vitro Evaluation of the Nutraceutical Potential of *Theobroma cacao* pod Husk and Leaf Extracts for Small Ruminants. *Acta Parasitologica*, 66(4), 1122-1136. <https://doi.org/10.1007/S11686-021-00354-Y/METRICS>
- Molina-Cedeño, C. S., Pillco-Herrera, B. M., Salazar-Muñoz, E. F., Coronel-Espinoza, B. D., Sarduy-Pereira, L. B., & Diéguez-Santana, K. (2020). Producción más limpia como estrategia ambiental preventiva en el proceso de elaboración de pasta de cacao. Un caso en la Amazonia Ecuatoriana. *Industrial Data*, 23(2), 59-72.
- Núñez-Torres, O. P., Cruz-Tobar, S. E., Velástegui-Espín, G. P., Almeida-Secaira, Salazar-Toro, R. D., & Torres, O. P. N. (2018). Comportamiento de los índices productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo tres niveles de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*). *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5(1), 14-22.
- Okiyama, D. C. G., Navarro, S. L. B., & Rodrigues, C. E. C. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 63, 103-112. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- Olugosi, O. A., Ogunribido, T., Agbede, J. O., & Ayeni, A. O. (2021). Effect of biologically upgraded cocoa pod husk meal on growth, serum and antioxidant properties of two rabbit breeds. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/S42269-020-00454-1>
- Ouattara, L. Y., Appiah-Kouassi, E. K., Soro, D., Soro, Y., Yao, K. B., Adouby, K., Drogui, A. P., Tyagi, D. R., & Aina, P. M. (2021).

- Cocoa Pod Husks as Potential Sources of Renewable High-Value-Added Products: A Review of Current Valorizations and Future Prospects. *BioResources*, 16(1), 1988–2020. <https://doi.org/10.15376/biores.16.1.ouattara>
- Oussou, K. F., Guclu, G., Kelebek, H., & Selli, S. (2023). Valorization of cocoa, tea and coffee processing by-products-wastes. *In Advances in Food and Nutrition Research*, 107(1), 91–130. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2023.03.003>
- Papillo, V. A., Locatelli, M., Travaglia, F., Bordiga, M., Garino, C., Coisson, J. D., & Arlorio, M. (2019). Cocoa hulls polyphenols stabilized by microencapsulation as functional ingredient for bakery applications. *Food Research International*, 115, 511–518. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.004>
- Pua, F. L., Sajab, M. S., Chia, C. H., Zakaria, S., Rahman, I. A., & Salit, M. S. (2013). Alkaline-treated cocoa pod husk as adsorbent for removing methylene blue from aqueous solutions. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 1(3), 460–465. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2013.06.012>
- Quimbita, F., Rodríguez, P., & Vera, E. (2013). Uso del exudado & placenta del cacao para la obtención de subproductos. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 26(1).
- Ramírez-Guillermo, M. Á., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-García, C. F., Gutiérrez, O. A., Rosa-Santamaría, R. de la, Ramírez-Guillermo, M. Á., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-García, C. F., Gutiérrez, O. A., & Rosa-Santamaría, R. de la. (2018). Variación morfológica de frutos & semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) De plantaciones en tabasco, México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 41(2), 117–125. <https://doi.org/10.35196/RFM.2018.2.117-125>
- Ramos-Escudero, F., Casimiro-Gonzales, S., Cádiz-Gurrea, M. L., Cancino Chávez, K., Basilio-Atencio, J., Ordoñez, E. S., Muñoz, A. M., & Segura-Carretero, A. (2023). Optimizing vacuum drying process of polyphenols, flavanols and DPPH radical scavenging assay in pod husk and bean shell cocoa. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40815-0>
- Renna, M., Lussiana, C., Colonna, L., Malfatto, V. M., Mimosi, A., & Cornale, P. (2022). Inclusion of Cocoa Bean Shell in the Diet of Dairy Goats: Effects on Milk Production Performance and Milk Fatty Acid Profile. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 137. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.848452/BIBTEX>
- Romero Cortes, T., Cuervo-Parra, J. A., José Robles-Olvera, V., Rangel Cortes, E., & López Pérez, P. A. (2018). Experimental and Kinetic Production of Ethanol Using Mucilage Juice Residues from Cocoa Processing. *International Journal of Chemical Reactor Engineering*, 16(11).
- Sakagami, H., Satoh, K., Fukamachi, H., Ikarashi, T., Shimizu, A., Yano, K., Kanamoto, T., Terakubo, S., Nakashima, H., Hasegawa, H., Maeda, Y., & Osawa, K. (2008). Anti-HIV and vitamin C-synergized radical scavenging activity of cacao husk lignin fraction. *In Vivo*, 22(3), 327–332.
- Sánchez, M., Laca, A., Laca, A., & Díaz, M. (2023). Cocoa Bean Shell: A By-Product with High Potential for Nutritional and Biotechnological Applications. *Antioxidants*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/antiox12051028>
- Sánchez, P. V., Ahmed, E. salous, Yépez, A. M., Corina, M., Arizaga, R., & Cadena, N. (2018). Elaboración de alimento balanceado para pollo broiler a base de subproductos de cacao (cáscara, cascarilla & placenta) Elaboración de alimento balanceado para pollo broiler a base de subproductos de cacao (cáscara, cascarilla & placenta). *Espirales*, 2(13). DOI: 10.31876/re.v2i13.173
- Soares, T. F., & Oliveira, M. B. P. P. (2022). Cocoa By-Products: Characterization of Bioactive Compounds and Beneficial Health Effects. *Molecules*, 27(5). <https://doi.org/10.3390/molecules27051625>
- Sotelo, L., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Evaluación de epicatequina, teobromina & cafeína en cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.), determinación de su capacidad antioxidante. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 124–134. <https://doi.org/10.17584/RCCH.2015V9I1.3751>
- Sujono, Hendraningsih, L., Wehandaka, Uswatun, & Raharjo, B. (2021). Evaluating fermentation of cacao seed waste (*Theobroma cacao* L.) in feed toward consumption of dry matter, crude protein and average daily gain of local sheep rams. *Agricultural Science Digest*, 40(2), 184–188. <https://doi.org/10.18805/ag.D-170>
- Torres, C. A., Ocampo, R. D., Rodríguez, W. M., Velasco, R. S., Chang, J. F. V., & Cedeño, C. B. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional & trinitario, en la obtención de jalea. *ESPAMCIENCIA*, 7(1), 51–58.
- Vásquez, Z. S., Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., Oliveira, P. Z., Tiburcio, P. B., Rogez, H. L. G., Góes Neto, A., & Soccol, C. R. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 90, 72–83. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Vera, R. H. J., Jiménez, M. J. W., Naula, M. C. M., Villa, C. J. U., Zaruma, Q. A. F., Montecé, M. Y. G., Cabrera, C. J. W., Valencia, Z. F., Astudillo, L. M. C., & Cañar, E. (2021). Residuos de la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencia Animal* 13(2), e839–e839.