

ESTUDIO CIENCIOMÉTRICO DE TENDENCIAS EN EL APROVECHAMIENTO DE LOS SUBPRODUCTOS DEL CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*)

SCIENTOMETRIC ANALYSIS ON RESEARCH AND
TECHNOLOGICAL INNOVATION TRENDS IN THE EXPLOITATION
OF COCOA (*THEOBROMA CACAO L.*) BY-PRODUCTS.

—

Diego Fernel Peñaloza Albarracín¹ • diegofernel.penaloz@ustabuca.edu.co

Laura Jimena Laiton Daza¹ • laurajimena.laiton@ustabuca.edu.co

Daniel Felipe Caballero Yáñez¹ • daniel.caballero@ustabuca.edu.co

Teresa del Socorro Blanco Tirado¹ • teresa.blanco01@ustabuca.edu.co

César Acevedo Argüello² • cesar.acevedo@ustabuca.edu.co

Martha Cervantes Díaz³ • martha.cervantes@ustabuca.edu.co

1 GRUPO DE INVESTIGACIÓN USTAGRI, FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE
EMPRESAS AGROPECUARIAS, UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS (USTA), COLOMBIA.

2 GRUPO DE INVESTIGACIÓN ESPIRAL, UNIDAD DE BIBLIOMETRÍA CRAI,
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS (USTA), COLOMBIA.

3 GRUPO DE INVESTIGACIÓN GIADS, FACULTAD DE QUÍMICA AMBIENTAL,
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS (USTA), COLOMBIA.



Para citar este artículo:

Peñalosa Albarracín, D. F., Laiton Daza, L. J., Caballero Yáñez, D. F., Blanco Tirado T. S., Acevedo Argüello, C., & Cervantes Díaz, M. (2021). Estudio cuantitativo de tendencias en el aprovechamiento de los subproductos del cacao (*Theobroma cacao L.*). *Espacio I+D, Innovación más Desarrollo*, 10(27). <https://doi.org/10.31644/IMASD.27.2021.a05>

RESUMEN

El cacao es un cultivo estratégico para la política de desarrollo rural colombiano. Su cadena productiva desempeña un papel importante no solo en sectores económicos, sino también sociales y ambientales, en vista de que ha sido considerado para la sustitución de cultivos ilícitos y restitución de tierras. El grano de cacao colombiano es reconocido a nivel mundial por su calidad y aroma y es empleado como materia prima en las industrias de confitería y de producción de chocolates, cosméticos y farmacéuticos. En Colombia, más de 35.000 familias de pequeños productores derivan su sustento de este cultivo. Del fruto se aprovecha aproximadamente el 20% para la industria de derivados del cacao y el 80% restante se desecha como residuos en forma de cáscara, mucílago y cascarilla. Para determinar el potencial de los residuos de cacao como fuente de ingreso adicional para los cacaocultores, se emplearon técnicas cuantitativas como indicadores de actividad científica e inventiva. En el presente trabajo se obtuvieron indicadores cuantitativos y matrices relacionales a partir de una revisión de artículos y patentes que permitieron determinar el potencial de uso de los residuos de cacao, que enmarcado en los principios de la economía circular, puede derivar en ingresos adicionales para los cacaocultores. Dentro de los productos valorizados se identificaron compuestos químicos como polifenoles, alcaloides y polisacáridos de interés para las industrias alimentaria, cosmética y farmacéutica principalmente. También se destacan las aplicaciones ambientales que involucran el desarrollo de productos a partir de cáscaras de cacao para la biorremediación de suelos y aplicaciones agrícolas como el uso de cascarilla para la producción de biofertilizantes, biofungicidas y reguladores de crecimiento.

Palabras clave

Economía circular; subproductos; cacao; valorización; cuantimetría.

— Abstract—

Cocoa is one of the strategic crops for Colombia's rural development policy. Its production chain has an important role not only in economic sectors, but also in social and environmental sectors, as it has been considered for the substitution of illicit crops and the restitution of lands. Colombian cocoa bean is recognized worldwide for its quality and aroma and is used as a raw material in the confectionery and chocolate, cosmetics and pharmaceutical production industries. In Colombia more than 35.000 families of small producers derive their livelihood from cocoa cultivation. Aproximately, 20% of the fruit is used for the cocoa derivatives industry and the remaining 80% is dried as residues in the form of shell, mucilage and bean shell. To determine the potential of cocoa residues as an additional source of income for cocoa farmers, scientometric techniques were used to extract indicators of scientific output and inventiveness. In this work scientific indicators and relational matrices were obtained, based on a review of articles and patents that enabled the use potential of cocoa residues to be determined within the principles of the circular economy may derive in additional income option for cocoa farmers. Chemical compounds such as polyphenols, alkaloids and polysaccharides of interest to the food, cosmetic and pharmaceutical industries, were identified, mainly within products obtained from valorization processes. Environmental applications that involve the development of products from cocoa pod husk for soil bioremediation are also highlighted as well as agricultural applications such as the use of bean shells for the production of biofertilizers, biofungicides and growth regulators.

Keywords

Circular economy; cocoa, by-products; exploitation, scientometrics.

El cacao es un cultivo de importancia estratégica a nivel mundial debido a su creciente demanda, principalmente como materia prima en la industria alimentaria y cosmética mundial (Campos *et al.*, 2018; Vásquez *et al.*, 2019). En Colombia, el cultivo de cacao ocupa el quinto lugar en área cosechada con un 6,5% del total del área de los cultivos agroindustriales y es superado solo por los cultivos de café (29,8%), palma de aceite (14,1%), caña panelera (11,8%) y caña de azúcar (8,7%) (DANE, 2014).

Según el Fondo de Estabilización de Precios del Cacao, FEPCACAO, entre el 2013 y el 2017 la producción mundial de cacao en grano creció un 19% (pasó de 3,34 a 4,63 millones de toneladas). De este incremento, el 76% correspondió a cacao proveniente de África, 16% de América y 8% de Oceanía. En contraste, entre el 2011 y 2017, el incremento en la producción colombiana fue del 62,7%, lo que le mereció ocupar el 10° puesto en producción de grano a nivel mundial (FEPCACAO, 2018).

Según FEPCACAO (2020), en Colombia se ha venido incrementando el interés en este cultivo, pues en tan solo 10 años, entre 2009 y 2019 pasó de producir 36.118 a 59.740 toneladas de grano seco.

La producción de granos secos de cacao genera un volumen importante de residuos de cosecha, entre los que se cuentan el mucílago y la cáscara o cacota. A nivel industrial se genera un subproducto adicional conocido como cascarilla. El mucílago corresponde a la cubierta blanca de la semilla, la cascarilla a la cubierta del grano y la cáscara a la cubierta que recubre la totalidad del fruto. La cáscara y el mucílago son los residuos que se generan en mayor cantidad durante los procesos de fermentación y secado del grano (Sodré *et al.*, 2012; Lu *et al.*, 2018; Campos *et al.*, 2018; Vásquez *et al.*, 2019).

Desde la perspectiva de la sostenibilidad, Colombia ha incluido la bioeconomía para lograr un crecimiento económico verde y dentro ella, la economía circular como uno de sus ejes fundamentales. Adicionalmente, los residuos de las producciones agropecuarias, también conocidos como biomasa residual, son parte integral de las perspectivas de bioeconomía y economía circular en el país. (Departamento Nacional de Planeación, 2018a).

En este sentido, y en consideración del alto contenido de biomoléculas de interés industrial presentes en estos residuos, su revalorización es clave para generar nuevos productos o insumos que suplan demandas cruciales de ingredientes bioactivos para los sectores de cosmética, farmacéutica, alimentos y agropecuario (Departamento Nacional de Planeación, 2018b).

Basado en la producción colombiana de grano seco en 2019 (59.740 ton) y que aproximadamente el 80% del fruto de cacao corresponde a cáscara y mucílago (Campos *et al.*, 2018; Vásquez *et al.*, 2019), podría afirmarse que en la producción de ese año se descartaron aproximadamente 238.960 ton de biomasa durante la cosecha y fermentación, material que generalmente es subutilizado a nivel de las fincas cacaoteras (Lu *et al.*, 2018; Vásquez *et al.*, 2019).

En la actualidad, en el entorno de los productores santandereanos, también es habitual que los residuos de cosecha de cacao, como las cáscaras, se descarten y apilen en los lotes para ser incorporadas posteriormente como materia orgánica al cultivo. Sin embargo, a menos de que las cáscaras sean sometidas a un proceso de compostaje, el apilamiento en el lote se reconoce como una práctica inadecuada, por constituirse en una fuente potencial de proliferación de plagas y enfermedades para el cultivo (Sodré *et al.*, 2012; Lu *et al.*, 2018). Por su parte, el mucílago generalmente se pierde como lixiviado (escurrido) durante el proceso de fermentación de las semillas o se emplea para la producción de confituras.

Aunque actualmente existen antecedentes sobre el aprovechamiento de los residuos de cacao, el enorme volumen de registros disponibles en las bases de datos especializadas dificulta la categorización de la información, así como conocer tanto las tendencias como la dinámica de la investigación en torno al aprovechamiento de la cáscara y el mucílago del cacao. Esta situación dificulta la toma de decisiones en torno a la orientación de procesos de investigación básica o aplicada con miras a desarrollar el potencial de estos residuos, lo cual redundaría no solo en la diversificación de los ingresos de las familias cacaocultoras sino en la reducción de estos residuos como focos de diseminación de plagas y enfermedades.

De esta manera, mediante el desarrollo de un ejercicio cuantitativo de artículos científicos y patentes, se identificaron usos potenciales de los residuos de cosecha de cacao mediante la obtención de productos y compuestos de interés en diferentes industrias de consumo, empleando matrices relacionales de palabras clave.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer la dinámica científica relacionada con el aprovechamiento de los residuos de cacao se consideraron los artículos científicos indexados en la base de datos referencial de *Scopus* (Elsevier, B.V. 2020) durante el período 1980–2019. En cuanto a la actividad inventiva, se empleó la base de datos de patentes *Derwent Innovation Index* (Clarivate, 2020) en el intervalo de tiempo 2000–2020. En ambos casos, los términos empleados para la búsqueda fueron: "*Theobroma cacao*"; cocoa; cacao waste*; residue*; epicarp*; mucilag* "pod husk"; endocarp*; mesocarp*; "bean shell"; "bean husk"; pulp*; biomass; "residual biomass"; valorization; valorisation; by-products; exploitation.

Una vez obtenida la información, se identificaron tendencias en la valoración de residuos de cosecha mediante los indicadores cuantitativos (publicaciones por año y países) y matrices que relacionaron los diferentes tipos de desechos del cacao y usos diferentes a los alimentarios. Los datos

obtenidos fueron analizados mediante el programa de minería de texto VantagePoint® (Search Technology, Versión académica 12.0) y vos viewer (versión 1.6.15, 2020, Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, The Netherlands).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados más relevantes de este análisis cuantitativo.

Dinámica científica e inventiva relacionada con el aprovechamiento de los residuos de cacao a nivel mundial

De acuerdo con la ecuación de búsqueda estructurada se recuperaron 1042 artículos científicos y 3717 familias de patentes: La Figura 1 muestra una tendencia creciente en el número de documentos en el periodo de estudio. Para los artículos, se calculó a partir de 1980 la tasa de crecimiento anual empleando la Ley de Solla Price (Price, 1976), la cual presentó un valor de 9,37% con una correlación alta de los datos ($R^2 = 0,96$). En el caso de las patentes, se tomó como referencia el 2001 y se obtuvo un índice de crecimiento del 26,01% con una correlación de $R^2 = 0,93$.

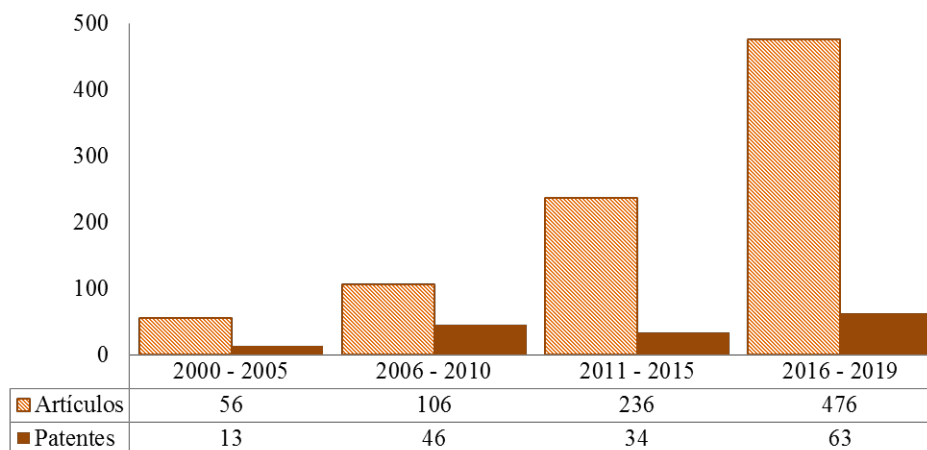


Figura 1. Dinámica actividad científica e inventiva en valorización de residuos de cosecha de cacao.
Fuente: Elaboración propia

Países más productivos según cantidad de publicaciones científicas relacionadas con el aprovechamiento de los residuos de cacao

Con respecto a la producción científica a nivel mundial, Brasil registró 146 publicaciones, seguido por Nigeria con 103, Estados Unidos con 93 y Malasia

con 83, como los países más importantes que investigan en este tema. En Latinoamérica, además de Brasil, se destacan Colombia con 40 registros, México con 32 y Ecuador con 20. En el caso de las patentes, se analizaron las oficinas de patentes en las cuales se registran las innovaciones relacionadas con el aprovechamiento de los residuos de cacao en aplicaciones distintas a las alimentarias. Se identificó a Rusia con 57, China con 23, Estados Unidos con 21 y Brasil con 18.

Matrices relacionales

Dentro de los residuos generados en la cosecha de cacao, se identificaron tres (3) grupos de interés con potencial de valorización en industrias diferentes a la alimentaria. De acuerdo con la ecuación de búsqueda estructurada para este estudio, se encontraron 12 publicaciones para el residuo denominado *mucilage*, 147 para “*cocoa bean shell*” y 146 para “*cocoa pod husk*”. En general, de estos residuos se pueden derivar diferentes aplicaciones tal y como se muestra en la Figura 2.

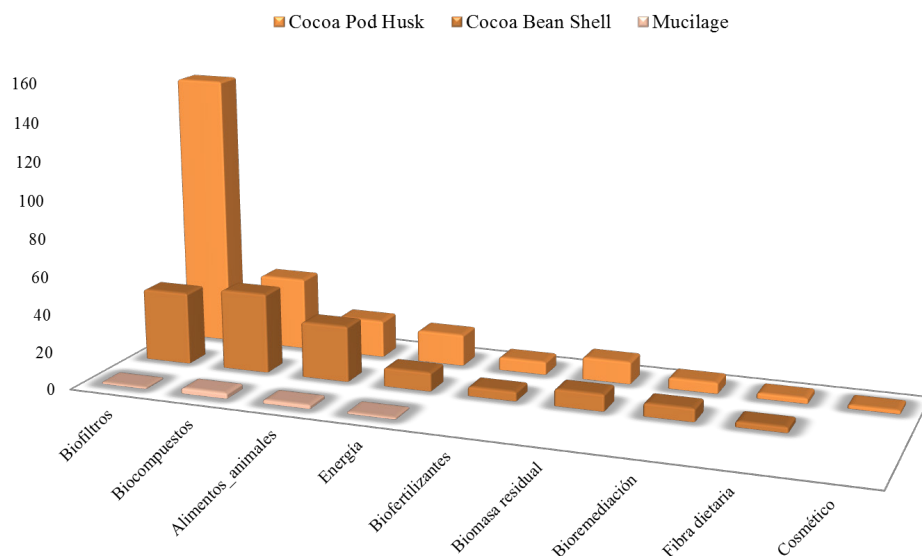


Figura 2. Usos potenciales para la valorización de residuos orgánicos de cacao (*Theobroma cacao*). Fuente: Base de datos de Scopus (Elsevier, 2020). Vantage Point (Versión académica 12.0)

Se obtuvo una matriz que relaciona los potenciales usos de estos residuos de cacao con los países a nivel mundial y latinoamericano que más investigan en el tema (Figura 3). Otención de bio-compuestos, carbón activado, alimento para animales y biomasa residual son las aplicaciones en las cuales se concentran los esfuerzos de investigación de Brasil, Nigeria, Estados Unidos, entre otros, como se puede observar en la figura 3. En el caso de

Colombia, el interés se orienta en la obtención de bio-compuestos, carbón activado y aprovechamiento de la biomasa residual. Para México el tema principal es el carbón activado.

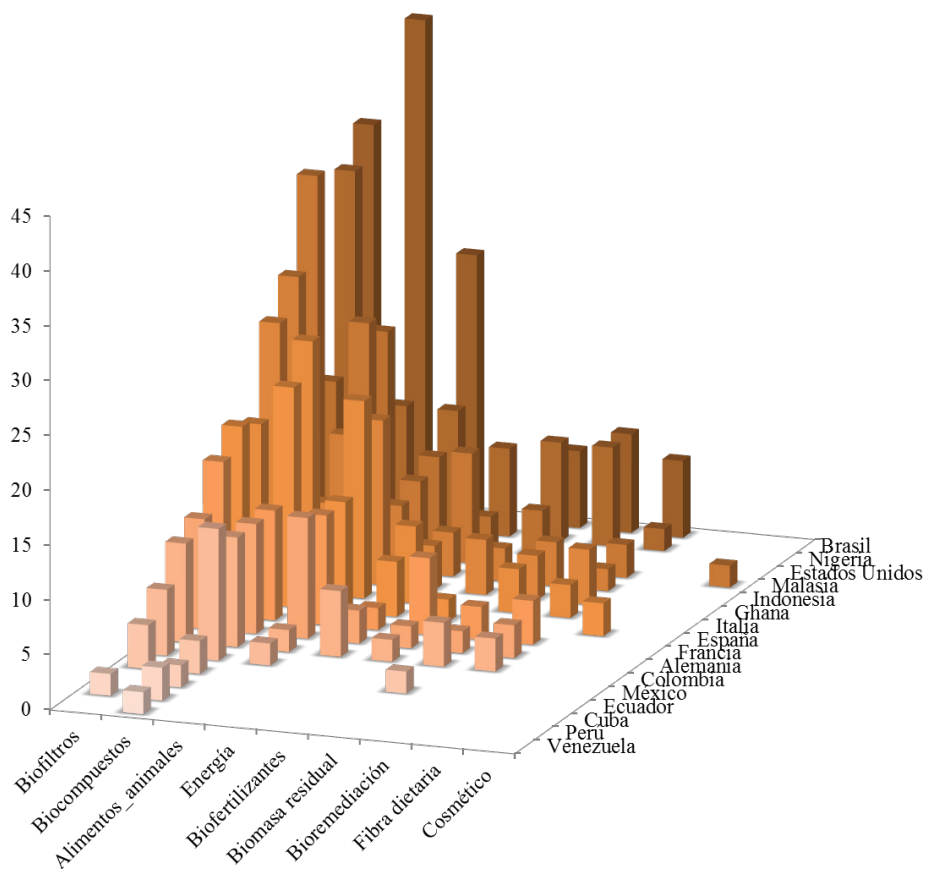


Figura 3. Distribución por países de los principales productos de valorización de residuos orgánicos de cacao (*Theobroma cacao*). Fuente: Base de datos de Scopus (Elsevier, 2020). Vantage Point (Versión académica 12.0)

Tendencias inventivas relacionadas con los usos de los residuos de cacao

En cuanto a la dinámica inventiva, se emplearon los mismos criterios de consulta que en la actividad científica. Como resultado se obtuvieron 7586 patentes básicas, las cuales fueron depuradas considerando solo aquellas relacionadas con los tres residuos de cacao de interés (cáscara, cascarilla y mucílago). A partir de este criterio se identificaron 122 familias que muestran un aprovechamiento de residuos de cacao con fines alimentarios y no alimentarios. Para caracterizar las de uso no alimentario, objeto del presente estudio, se aplicó el algoritmo de descomposición de frases del lenguaje natural con el software Vantage Point®. Los atributos de interés

fueron Tipo de residuo; materia prima derivada; uso; área de aplicación; número de patente y país.

De acuerdo con lo anterior, adicional al potencial de uso para la industria alimentaria, de los residuos de cacao se pueden recuperar biocompuestos como polifenoles, alcaloides y polisacáridos que son de interés para aplicaciones farmacéuticas y cosméticas, o emplear como biomasa residual para la producción de biocombustibles y productos para diferentes aplicaciones ambientales.

A partir de la ecuación de búsqueda empleada, se identificaron 17 patentes con usos no alimentarios de estos residuos, algunas de las cuales se incluyen en la Tabla 1.

Tabla 1
Oportunidades relevantes para valorizar residuos de cosecha de cacao

Residuo	Materia prima derivada	Uso	Área de aplicación	Patente	Países
Cáscara (<i>pod husk</i>)	Láminas para cubiertas	Proteger de ondas electro-magnéticas	Ambiental	JP2010197347A	Japón
	Mezcla de cáscaras y resina	Combustible sólido	Energía	KR201464728A	Corea
	Monolitos* de Carbón activo	NI**	NI**	ES2013737A	España
Cascarilla (<i>bean shell</i>)	Extracto de cascarilla	Dermatológicos Protección rayos UV y contaminantes	Cosmética	FR20038727A	Francia
	Cascarilla	Biofertilizante, biofungicida, regulador de crecimiento	Agrícola	MY2012PI700653A	Malasia

*Aunque la patente es para la producción de monolitos, vale destacar que diversos autores han reportado su uso en procesos de biorremediación como adsorbentes de metales pesados y de colorantes.

**No indicado en la patente.

Fuente: Base de datos de Derwent Innovation Index (Clarivate, 2020). Vantage Point (Versión académica 12.0)

CONCLUSIONES

De los tres subproductos de cosecha del cacao, se identificaron usos alimentarios y no alimentarios. Los alimentarios emplean principalmente el mucílago. Mientras que las cáscaras tienen amplias aplicaciones en alimentación animal y ambientales. En las ambientales se pueden mencionar la producción de biofiltros, nuevos materiales para cubiertas y productos para biorremediación de suelos y aguas. El uso de la cascarilla, subproducto generado principalmente a nivel de la industria productora del licor de

cacao, se encontró asociado principalmente al desarrollo de formulaciones cosméticas como protectores solares y también a la producción de biofertilizantes y reguladores de crecimiento con uso potencial en el sector agrícola.

Si bien estas opciones de valorización de residuos de cosecha encontradas son claves para generar procesos innovadores que aporten ingresos adicionales a pequeños y medianos productores de cacao colombianos, es necesario avanzar en la identificación y formulación de estrategias que fomenten el desarrollo de empresas que sean capaces tanto de agregar valor a estos subproductos como de articularse con los pequeños productores para promover en ellos nuevas percepciones y prácticas de manejo de esta biomasa.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga por la financiación del proyecto Estudio cuantitativo del aprovechamiento de los residuos de cosecha de cacao en la VIII Convocatoria Interna de Semilleros de Investigación 2019; y a la Unidad de Bibliometría del CRAI Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga.

REFERENCIAS

- AGRONET.** (2020). Reporte: Área, producción y rendimiento nacional por cultivo. <https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1>
- Betancur G., C. M., Moñux Chercoles, D., Canavire B, G., Villanueva, D. F., García G, J., Renza, L. M., Méndez N, K., Zúñiga, A. C., & Pérez. S, E. O.** (2018). *Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia n.o 1240667, Fase I.* Departamento Nacional de Planeación. <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/informe%201/1-INFORME%20BIOECONOMIA%20FASE%201%20FINAL%2024012018.pdf>
- 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, 172-184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE.** (2014). Décima entrega de resultados. Tercer Censo Nacional Agropecuario. DANE <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/entrega-definitiva/Boletin-10-produccion/10-Boletin.pdf>.
- Departamento Nacional de Planeación.** (2018a). *Bioeconomía y sectores potenciales en Colombia Resumen.* Recuperado el 25 de agosto de 2019, de Departamento Nacional de Planeación: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/informe%201/2-PPT%20BIOECONOM%20C3%8DA%20Y%20SECTORES%20POTENCIALES_COLOMBIA%20.pdf
- FEPCACAO.** (2018). *Informe de gestión año 2017 del fondo de estabilización de precios del cacao – FEP CACAO.* FEPCACAO. <http://www.fepcacao.com.co/wp-content/uploads/2018/05/INFORME-DE-GESTION-VIGENCIA-2017-FEPCACAO.pdf>
- FEDECACAO.** (2020). Boletín de prensa: Así quedó el ranking de producción de cacao en Colombia. FEDECACAO. <http://www.fedecacao.com.co/portal/index.php/es/2015-04-23-20-00-33/1193-boletin-de-prensa-asi-queda-el-ranking-de-produccion-de-cacao-en-colombia>.
- Lu, F., Rodriguez-Garcia, J., Van Damme, I., Westwood, N. J., Shaw, L., Robinson, J. S., Warren, G., Chatzifragkou, A., McQueen Mason, S., Gomez, L., Faas, L., Balcombe, K., Srinivasan, C., Picchioni, F., Hadley, P., & Charalampopoulos, D.** (2018). Valorisation strategies for cocoa pod husk and its fractions. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 14, 80-88. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.007>
- Ministerio de Agricultura.** (2016). *Estrategia Colombia Siembra.* Ministerio de Agricultura. https://www.minagricultura.gov.co/Documents/Estrategia_Colombia_Siembra.pdf

- Ministerio de Agricultura & FEDECACAO.** (2013). *Guía ambiental para el cultivo de cacao.*
- Price, D. D. S.** (1976). A general theory of bibliometric and other cumulative advantage processes. *Journal of the American Society for Information Science*, 27(5), 292-306. <https://doi.org/10.1002/asi.4630270505>
- Sodré, G. A., Venturini, M. T., Ribeiro, D. O., & Marrocos, P. C. L.** (2012). Extrato da casca do fruto do cacauero como fertilizante potássico no crescimento de mudas de cacauero. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(3), 881-887. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300030>
- Vásquez, Z. S., de Carvalho Neto, D. P., Pereira, G. V. M., Vandenberghe, L. P. S., de 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>