



Sostenibilidad en el Cultivo de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Por las Oportunidades de Economía Circular para la Provincia los Ríos

Mariela Alexi Díaz Ponce¹

mdiaz@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-8944-5994>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador

Ximena Paola Cervantes Molina

xcervantes@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2300-4288>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador

Carolina Liseth Chesme Rios

carolina.chesme2016@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-0081-7393>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Ecuador

RESUMEN

El incipiente manejo de los desechos de la producción de cacao, genera degradación ambiental, afectación a la salud y a los ingresos económicos de los agricultores. Al evaluar 372 unidades de producción agrícola de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la zona norte de la provincia Los Ríos, mediante un muestreo aleatorio simple y estratificado con un nivel de confianza del 95% y 0,05 de error; destacó la existencia de nueve áreas de producción y 20 subproductos del cacao que contribuirían al 86% de agricultores dispuestos a conocer 48 beneficios potenciales de la economía circular. Superar las deficiencias en asistencia técnica enseñando el proceso de aprovechamiento de los residuos de la producción de cacao mediante la economía circular, permitirá a los agricultores promover 22 beneficios ambientales, 16 sociales y 10 económicos, tributando a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (3. Salud y Bienestar; 8. Trabajo decente y crecimiento económico; 13. Acción por el clima y 15. Vida de ecosistemas terrestres).

Palabras clave: *aprovechamiento de residuos de cacao; circularidad de subproductos del cacao; estabilidad económica de agricultores; mitigación al cambio climático; oportunidades de empleo.*

¹ Autor principal.

Correspondencia: mdiaz@uteq.edu.ec

Sustainability In The Cultivation Of Cocoa (Theobroma Cacao L.) For The Opportunities Of Circular Economy For The Province Of Los Ríos

ABSTRACT

The incipient management of cocoa production wastes, It generates environmental degradation, affecting the health and economic income of farmers. When evaluating 372 units of agricultural production of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in the northern zone of the province Los Ríos, by simple and stratified random sampling with a confidence level of 95% and 0.05 error; He highlighted the existence of nine production areas and 20 cocoa by-products that would contribute to the 86% of farmers willing to know 48 potential benefits of the circular economy. Overcoming gaps in technical assistance by teaching the process of using cocoa production residues through the circular economy, allow farmers to promote 22 environmental, 16 social and 10 economic benefits, contributing to the Sustainable Development Goals (3. Health and Wellness; 8. Decent work and economic growth; 13. Climate action and 15. Life of terrestrial ecosystems).

Keywords: *use of cocoa residues; circularity of cocoa by products; economic stability of farmers; climate change mitigation; employment opportunities.*

Artículo recibido 20 julio 2023

Aceptado para publicación: 20 agosto 2023

INTRODUCCIÓN

Según Velasco (2021), la economía circular actúa disminuye los impactos ambientales negativos de la agricultura al fomentar la reutilización y el reciclaje, con prácticas agroecológicas y tecnologías para minimizar el uso de recursos; así como, estimula la rentabilidad de los recursos y los procedimientos sustentables (Azapagic *et al.*, 2019). La valorización de los residuos de la industria alimentaria es la vía de transición del modelo lineal a economía circular (Elia V, 2017), esta se evidencia en el aprovechamiento al máximo de los desechos generados para la producción en áreas alimenticia, farmacéutica y cosmetológica (Belščak-Cvitanović A, 2018).

De acuerdo a Hungaro *et al.* (2021), un mejor rendimiento de los recursos y materias primas a través de las actividades circulares, se debe a la gestión correcta de los residuos. Siendo una alternativa ante la escasez de recursos naturales y los graves problemas ambientales, al destacar el valor de los subproductos agrícolas derivados del cacao, como la cáscara de cacao (Rodrigues, *et al.*, 2017). Rashid (2021) destaca los beneficios al ambiente al disminuir la contaminación por residuo, incrementar ingresos en la economía del país por el compostaje (Rashid & Shahzad, 2021), el aumento de empleo y la innovación en la agroindustria (Piekarski., 2020). Estas oportunidades económicas promueven el emprendimiento sostenible que está asociado al alcance de las metas de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (Pérez *et al.*, 2017).

El cultivo de cacao es uno de los más importantes en la región tropical de Ecuador; al año se genera una producción de 234.000 toneladas métricas de cacao en grano (Rabaey *et al.*, 2018). El cacao nacional es la variedad tradicional, con sabor y aroma únicos (Nguyen *et al.*, 2021). El aumento de residuos cacao durante la producción, produce una afectación ambiental por el transporte de microorganismos patógenos a humanos y animales (Dahunsi, *et al.*, 2019). La generación de biomasa residual es una preocupación ambiental crítica para los países productores de cacao (Vásquez *et al.*, 2019), estos residuos orgánicos representan una gran dificultad para la disposición final del 60% de la biomasa vegetal. Sólo 10% se comercializa del fruto fresco, mientras que el 90% (pulpa y cascarilla) se desecha como desperdicio (Battezzore *et al.*, 2014) es decir, se desechan 10 toneladas de residuos húmedos y subproductos por cada tonelada de cacao seco (Mariatti *et al.*, 2021) que promueven una alta proliferación de agentes patógenos

como la pudrición de la vaina negra y el barrenador de la vaina del cacao, grandes pérdidas de cultivos y riesgos a la salud de la población (Veloso *et al.*, 2020). La gestión de residuos actual deposita los residuos en vertederos, los incinera y utiliza como alimento para animales, esta inadecuada disposición de residuos contribuye al cambio climático, calentamiento global, contaminación bacteriana, enfermedades infecciosas y al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (kee *et al.*, 2020).

En la actualidad ya se desarrollan procesos de economía circular como la valorización de cáscara del grano de cacao (CBS) como: metabolitos secundarios (polifenoles), metabolitos primarios (fibras dietéticas, pectina), carbón activado (biomaterial), biocombustible, alimentación animal, fertilizantes y de la cáscara de la vaina (CPH) como: metabolitos secundarios (polifenoles), metabolitos primarios (fibras dietéticas), carbón activado (biomaterial), energía, alimentación animal; las investigaciones revisadas demostraron la factibilidad de implementación de un extracto de CPH en productos cosméticos funcionales, específicamente para productos antiarrugas, blanqueadores de la piel y protectores contra los rayos UV (Mariatti *et al.*, 2021). También se demostró que el modelo de la superficie de respuesta es adecuado para la producción de biogás a partir de la biomasa (Dahunsi *et al.*, 2019).

METODOLOGÍA

El desarrollo de la investigación se constituyó por la fase diagnóstica que determinó en el área de estudio el tamaño de la muestra estratificada de agricultores de cacao según el III Censo Nacional Agropecuario de la provincia de Los Ríos, donde existen 41 714 unidades de producción agrícolas (UPAs) y sólo en la zona norte de la provincia se concentran un total de 11 802 UPAs (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2013). Con el 95% de confianza y el 0,05% de error, la fórmula de muestra determinó una muestra de 372 agricultores de cacao en la zona norte de la provincia Los Ríos. La cual se distribuyó como detalla la tabla 1 a continuación:

Tabla 1. *Muestra estratificada de los cantones de la zona norte de la provincia Los Ríos*

Cantón	Total de UPAs	Muestra UPAs
Buena Fe	2 235	70
Valencia	3 695	116
Quevedo	566	18
Mocache	2 410	76
Quinsaloma	364	11
Ventanas	2 532	80
Total	11 802	372

La visita de campo recopiló información a través del instrumento encuesta con preguntas abiertas y cerradas para los agricultores, enfocada en determinar aspectos generales de la producción, el nivel de conocimiento sobre la economía circular en el cacao y el tipo de manejo que realizan a los residuos del cacao en el área de estudio. Para el procesamiento y análisis de datos obtenidos se utilizó el software de análisis estadístico Statistical Package for Social Sciences (SPSS) para gestionar los datos recolectados en la zona de estudio, se usó estadística descriptiva (frecuencias) y se representaron los datos mediante gráficos de barras para resaltar los subproductos generados en calidad de residuos agrícolas.

La fase de investigación documental se empleó en la búsqueda de información en artículos científicos relacionada con los avances de la economía circular en el cultivo de cacao y la determinación de los beneficios. Se consideró exclusivamente la revisión de bases de datos principales como Science Direct, Scopus y Web of Science por la calidad y prestigio, durante el periodo 2014 hasta mayo 2023 (Velasco *et al.*, 2021) por ser revisadas por pares y contar con un factor de impacto calculado en JCR; cabe mencionar que la cadena de búsqueda de información fue “Economía circular en el cultivo de cacao”, “Aprovechamiento de los subproductos del cacao”, “waste valorization cocoa”, “circularity”, “circular economy”, aplicadas con filtros, como “título” y “palabra clave” (Homrich *et al.*, 2018) para destacar los siguientes resultados: la

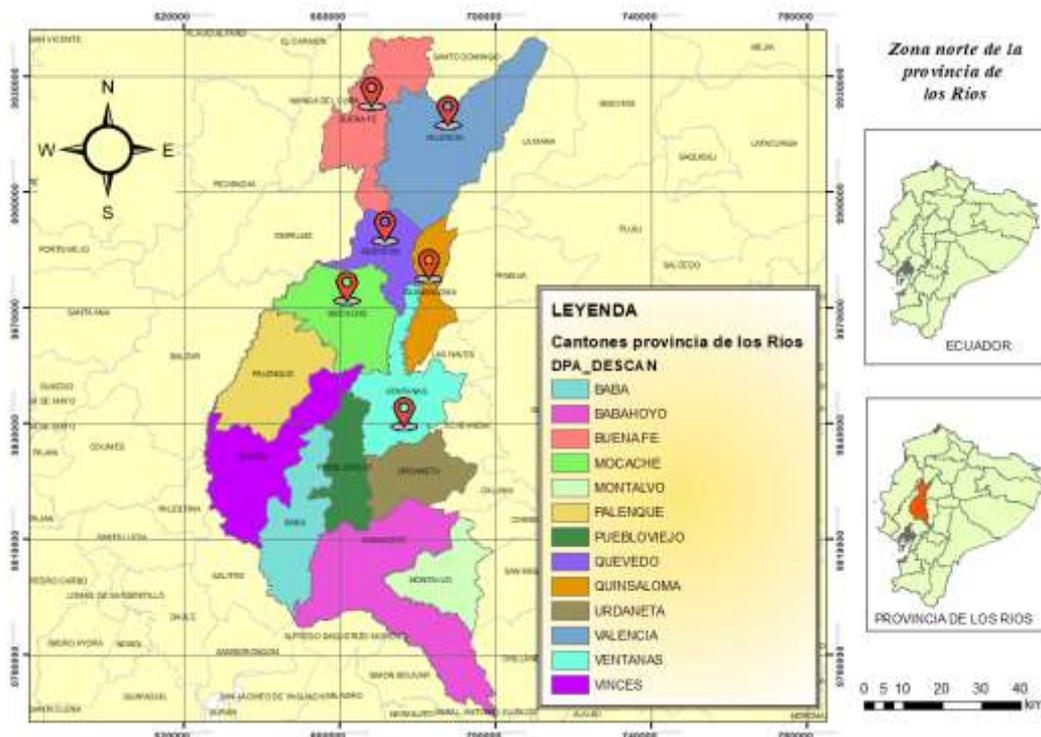
distribución por año de producción científica (Bressanelli *et al.*, 2021), distribución de artículos por revista, los usos potenciales o beneficios del aprovechamiento de los residuos generados en la producción de cacao (Vásquez *et al.*, 2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La provincia Los Ríos está ubicada en la región costa, en la parte céntrica del país Ecuador, está dividida en los siguientes cantones: Buena Fe, Valencia, Quevedo, Mocache, Quinsaloma, Palenque, Ventanas, Vinces, Pueblo Viejo, Urdaneta, Baba, Babahoyo y Montalvo (Angamarca *et al.*, 2018). Se encuentra en una zona Subtropical, tiene una superficie de 7.509 km², el área agrícola abarca una extensión de 529.702 ha y la población total es de 778.115 habitantes (González *et al.*, 2020). Posee 41 714 Unidades de Producción Agropecuaria (UPAs) (Instituto Espacial Ecuatoriano, 2013).

El estudio se ejecutó en la zona norte de la provincia Los Ríos, en los cantones Buena Fe, Valencia, Quevedo, Mocache, Quinsaloma y Ventanas, a los pequeños agricultores que tienen cultivos de cacao (Ver figura 1).

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

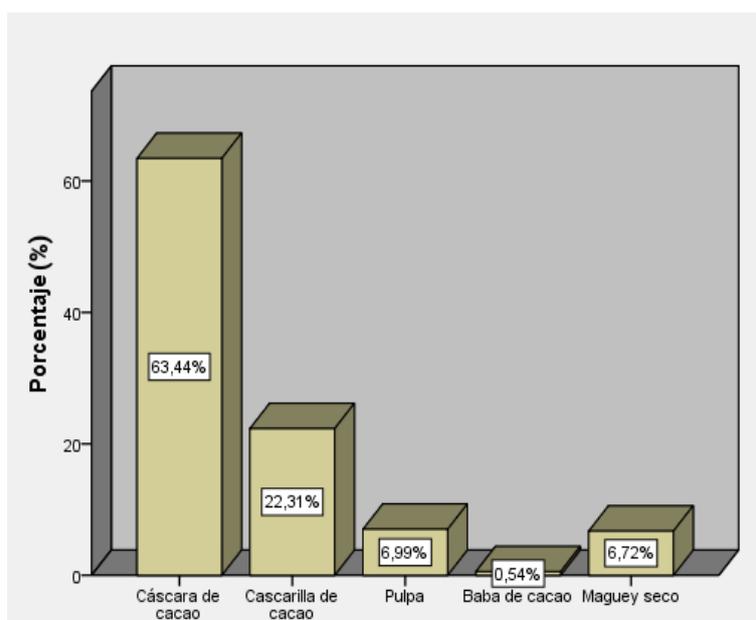


Fuente: Instituto Geográfico Militar (IGM) (46).

Según los resultados recopilados en la encuesta, se obtuvo un total de 1151 ha sembradas con cultivos de cacao, de las cuales 733 ha son de cacao ramilla (75%), 288 ha de CCN-51 (33%) y 110 ha de aroma fino (8%). El 60 % de los agricultores no ha recibido asistencia técnica, asesoramiento y capacitación en general sobre la producción de cacao, Valencia destaca por haber recibido mayor capacitación con un 12 % en comparación con los demás cantones.

Al realizar la cosecha de cacao se generan diferentes tipos de subproductos, entre ellos la cáscara de cacao, cascarilla, pulpa, baba y el maguey seco. Así como se observa en la figura 2, el subproducto más generado en el cultivo de cacao es la cáscara de cacao con un 63,44 %.

Figura 2. Subproductos generados en los cultivos de cacao de la zona norte de la provincia de Los Ríos

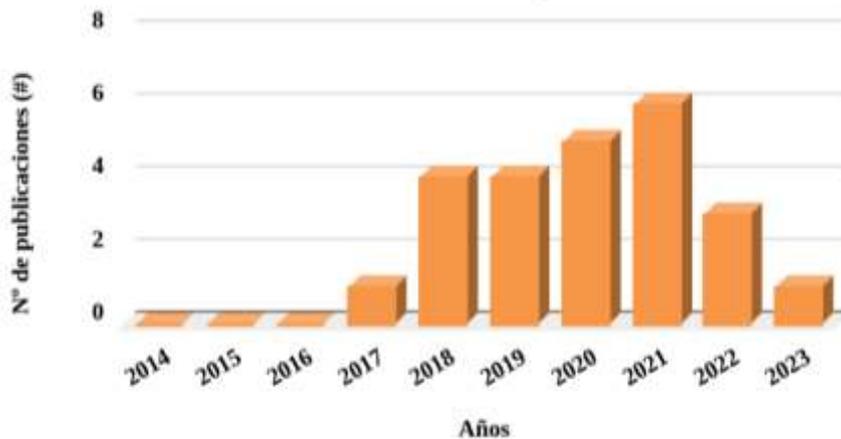


Con respecto a la disposición final realizada a los residuos agrícolas del cacao, el 28 % los entierran, el 26 % mencionaron la quema y el 13 % los reciclan como aprovechamiento para abono y alimento para animales. El conocimiento de los agricultores sobre la economía circular radica en el 40 %. La mayor parte de los agricultores elaboran productos a base del residuo de pepa de cacao, entre los productos descritos el más destacado es el chocolate con un 43 %. Sólo el 2 % se preocupa en la reducción de generación de residuos agrícolas. El 45 % de los agricultores está muy de acuerdo en aprender la disposición final de los residuos agrícolas según estipula la

normativa ambiental ecuatoriana.

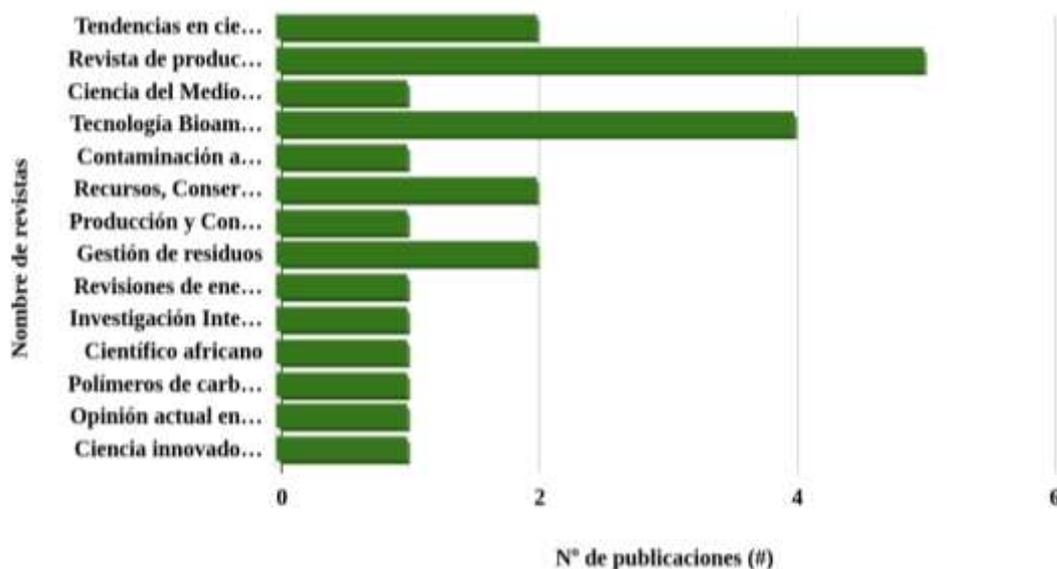
Se halló 24 artículos científicos sobre los diferentes beneficios potenciales de la economía circular en el cultivo de cacao, desde el 2014 hasta mayo 2023. El 2021 destaca con la mayor producción científica (6) y luego se observa un descenso hasta mayo 2023, como muestra en la figura 3.

Figura 3. *Artículos científicos de beneficios potenciales de la economía circular por año de publicación*



Las revistas mayor producción científica sobre los beneficios potenciales de la economía circular en el cacao fue la “Revista de producción más limpia” con cinco resultados de investigación enfocadas al área de interés (ver figura 4).

Figura 4. *Artículos científicos de beneficios potenciales de la economía circular por revistas.*



Una vez analizados los 24 artículos científicos sobre potencialidades de los subproductos del cultivo de cacao (residuos), se evidenció el uso en nueve áreas de producción y desarrollo, con 20 diferentes usos que fortalecen el desarrollo de la Economía Circular de agricultores en diferentes lugares del mundo y que es factible replicarlo en la zona norte de la provincia Los Ríos.

- **Industria Alimentaria:** Bebidas de cacao a través del uso de la pulpa, fibra dietética y antioxidantes dietéticos - Fenólicos, el uso del polvo de la vaina de cacao como fuente de fibra o agente colorante en la industria de la confitería.
- **Biología:** Biofertilizantes, Biomaterial (carbón activado) para tratamiento de agua, medio de cultivo para el crecimiento de *G. xylinus* y la biosíntesis de BC. factible la producción de celulosa bacteriana, Evolución termoadaptativa para generar cepas mejoradas de *Saccharomyces cerevisiae* para fermentaciones de pulpa de cacao.
- **Planes de Manejo Ambiental:** Minimización de residuos acumulados en el suelo, mediante el uso de la cáscara de la mazorca de cacao, cáscara del grano de cacao y la pulpa del cacao tienen un gran potencial como materias primas para la extracción y biotransformación de compuestos de gran valor, producción de materia orgánica del suelo.
- **Industria cosmética:** productos antiarrugas, blanqueadores de la piel y protectores contra los rayos UV.
- **Energía Renovables:** Biocombustible / biodiesel / Biogás en áreas rurales.
- **Industria Agropecuaria:** Alimentos para ganado bovino.
- **Industria Química:** Lipasas, goma.
- **Industria de Higiene Personal:** Jabón, shampo.
- **Industria Papelera:** Papel.

En la revisión literaria se identificó tres tipos de beneficios potenciales de aplicar la economía circular que tributan a los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), se identificaron 22 beneficios ambientales, entre los cuales destacan la reducción de extracción de los recursos naturales, las emisiones de gases de efecto invernadero, mejoramiento de la calidad del suelo, etc. Además, se encontró 16 beneficios sociales como el mejoramiento de la salud y la calidad de vida

de los habitantes, de igual forma se determinó 10 beneficios económicos como el aumento de la producción cacaotera y los ingresos económicos de los agricultores, reducción de costos, entre otros que se detallan a continuación:

Los beneficios ambientales que destacan la mitigación al cambio climático (Bressanelli *et al.*, 2021), reducción de la cantidad de residuos generados, limitación de la huella de carbono, disminución de la congestión del tráfico y liberación de contaminantes en la zona permitiendo la conservación del suelo (Parodi *et al.*, 2022), reducción emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera (Kaba *et al.*, 2021), resistencia a las sequías por la disminución del uso de fertilizantes minerales debido a la adición de materia orgánica y fertilizantes naturales (Cortés *et al.*, 2020) actividad microbiana, suministro de N, reducción de la erosión (Rashid & Shahazd, 2021), reducción potencial del consumo de agua, extracción de recursos vírgenes, minimización de los riesgos por incumplimiento de la normativa (Ajwani *et al.*, 2021). Mejoramiento de las técnicas agrícolas y manejo de recursos (Ghisellini *et al.*, 2018). Contribución al cumplimiento de requisitos de fertilizantes locales por Incremento de la responsabilidad ambiental de los propietarios de los cultivos (23). Priorización de las energías renovables, energías limpias, recuperación de energía (Barros *et al.*, 2020). Reducción de la generación de aguas residuales, escorrentía, emisiones de efluentes ricos en materia orgánica a los cuerpos de agua superficiales, eutrofización de los cuerpos de agua subterránea por la lixiviación de nutrientes (Saavedra *et al.*, 2021) (Acosta *et al.*, 2018). La contribución significativa para los ODS se concentra en el 6. Agua limpia y saneamiento 7. Energía Asequible y no contaminante; 13 Acción por el clima; 15 Vida de ecosistemas terrestres.

Los beneficios económicos que resaltan el aumento de ganancias económicas al usar la cáscara de cacao como alimento para aumentar el peso de los animales (Ng *et al.*, 2020), ahorro de costos mediante el uso de materiales secundarios recuperados en la producción e incremento de ingresos económicos por la venta de productos reciclados o recuperados (Bressanelli *et al.*, 2021). Aumento de la producción de cacao en toda la cadena de valor del producto (Barros *et al.*, 2020). Mejoramiento de los ingresos familiares al obtener un mejor precio por la venta del cacao, Incremento de oportunidades e independencia al comercializar sus productos agrícolas (García-

Herrero *et al.*, 2019), Seguridad y estabilidad económica aumenta las inversiones en el campo y su productividad (Rashid., 2021). Disminución de costos para realizar tratamiento a los desperdicios (Ghisellini P, 2018). Ingresos económicos por venta de fertilizantes orgánicos alternativos (Mendoza *et al.*, 2019). Estos beneficios contribuyen a los ODS 8. Trabajo Decente y crecimiento económico y 10. Reducción de desigualdades.

Los beneficios sociales que se evidenciarían son la reducción potencial de los efectos nocivos sobre la salud humana, prevención del cáncer mediante el consumo regular de la cáscara de cacao, reducción de la obesidad, diabetes, niveles de glucosa, niveles de calorías, colesterol en la sangre, el estreñimiento (Campos *et al.*, 2018). Mejoramiento de las condiciones de trabajo y de vida de los agricultores (Bressanelli *et al.*, 2021). Incremento de las oportunidades de empleo (Ajwani., 2021). Amortiguación de los trastornos metabólicos mediante el consumo de la cáscara de cacao (Papillo *et al.*, 2019). Regulación de la presión arterial, asma bronquial, salud cardiovascular (Tardzenyuy *et al.*, 2020). Prevención del envejecimiento de la piel, utilización como antiinflamatorios (Mariatti *et al.*, 2021). Desarrollo del progreso social de la población (Mendoza *et al.* 2019). En la parte social se aportaría al ODS 3. Salud y Bienestar.

DISCUSIÓN

La revisión bibliográfica evidenció los 20 tipos de aprovechamientos aplicables a los residuos cacaoteros como base para la construcción de una economía circular; a través de oportunidades de emprendimientos sostenibles, para los agricultores de la zona norte de la provincia Los Ríos. Industrias internacionales ya aprovechan las cáscaras de las mazorcas de cacao y las cáscaras de los frijoles como materia prima para desarrollar diferentes productos, entre ellos, fertilizantes, biocombustibles, productos químicos, productos de nutrición animal, vinos de cacao, frutas, bebidas alcohólicas (Vásquez *et al.*, 2019) demostrando la factibilidad de implementación.

Los beneficios ambientales, sociales y económicos contribuyen a la sostenibilidad del desarrollo de las asociaciones agrícolas, lo cual permite, el incremento de nuevas plazas laborables como lo destaca (Cortés., 2020); (Murillo., 2018) y (Bressanelli *et al.*, 2021).

CONCLUSIONES

El desarrollo local sostenible en las áreas rurales es posible mediante la aplicación de estrategias, que deben fortalecer las capacidades de los agricultores en el aprovechamiento de los residuos agrícolas para el fomento de la economía circular en la producción de cacao. El aprovechamiento de la cáscara y la cascarilla de cacao permitiría nuevos ingresos y emprendimientos sostenibles que tributen al alcance de los siete Objetivos del Desarrollo Sostenible señalados al lograr los 22 beneficios ambientales, 16 económicos y 10 sociales de las 11802 unidades de producción agrícola existentes en la zona norte de la provincia Los Ríos. A pesar de la escasa producción científica sobre la economía circular, el área de estudio cuenta con un gran potencial para demostrar durante la ejecución los usos, beneficios y las metas de los ODS alcanzables.

LISTA DE REFERENCIAS

- Acosta N, D. V. (2018). Cocoa residues as viable biomass for renewable energy production through anaerobic digestion. . *Bioresour Technology* , 72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.100>
- Ajwani., F. T. (2021). Enhancing the circular and modified linear economy: The importance of blockchain for developing economies. . *Resource Conservation Recycle* , 168.
- Angamarca., I. C. (2018). Caracterización Tipológica del Sector Hotelero de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencias Sociales y Económicas*, 55–70. doi: <https://doi.org/10.18779/csye.v2il.266>
- Azapagic., M. G. (2019). A methodological framework for the implementation of circular economy thinking in higher education institutions: Towards sustainable campus management. . *Journal Clean Production* , 44.
- Barros MV, S. R. (2020). Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. *Renewable Sustainable Energy* , 131. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109958>
- Battegazzore D, B. S. (2014). Plasticizers, antioxidants and reinforcement fillers from hazelnut skin and cocoa by-products: Extraction and use in PLA and PP. *Polym Degrad Stab*, 297–306. doi:<https://doi.org/10.1016/j.polymdesgradstab.2014.03.003>

- Belščak-Cvitanović A, V. A.-H. (2018). Encapsulation templated approach to valorization of cocoa husk, poppy and hemp macrostructural and bioactive constituents. *Ind Crops Prod*, 402 - 11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.12.020>
- Bressanelli G, P. D. (2021). Enablers, levers and benefits of Circular Economy in the Electrical and Electronic Equipment supply chain: a literature review. *J Clean Production*, 298. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126819>
- Campos-vega R, N.-f. K. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends Food Science Technology*, 84. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- Cortés., O. F. (2020). Environmental assessment of viticulture waste valorisation through composting as a biofertilisation strategy for cereal and fruit crops. *Environmental Pollution*, 1–8.
- Dahunsi SO, A.-D. A. (2019). Cleaner energy through liquefaction of Cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk: Pretreatment and process optimization. *J Clean Prod*, 226:578–88. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.112>
- Elia V, G. M. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *J Clean Prod*, 142:2741–51. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.196>
- García-Herrero L, D. M. (2019). Sustainability concerns and practices in the chocolate life cycle: Integrating consumers' perceptions and experts' knowledge. *Sustainable Production Consum*, 27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2019.06.003>
- Ghisellini P, R. M. (2018). Exploring environmental and economic costs and benefits of a circular economy approach to the construction and demolition sector. A literature review. *J Clean Production*, 43. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.207>
- González., B. (2020). Influencia de las variables climáticas en el rendimiento de cultivos transitorios en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Centro de Investigación Agropecuaria*, 54–64. doi:<http://cagricola.uclv.edu.cu>

- Homrich., C. G. (2018). The circular economy umbrella: Trends and gaps on integrating pathways. *J Clean Production*, 43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.064>
- Hungaro Arruda E, B. M. (2021). Circular economy: A brief literature review (2015–2020). . *Sustain Oper Comput* , 2:79–86. Obtenido de <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2666412721000167?token=D5AC2A>
- Instituto Espacial Ecuatoriano, M. d. (2013). Sistemas productivos. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA5/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/LOS_RIOS/VALENCIA/EE/MEMORIAS_TECNICAS/mt_valencia_sistemas_productivos.pdf
- Kaba., Y. A. (2021). Towards sustainable agroforestry management: Harnessing the nutritional soil value through cocoa mix waste. *Waste Managment*, 72. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.021>
- Mariatti F, G. V. (2021). Process intensification technologies for the recovery of valuable compounds from cocoa by-products. . *Innovation Food Science Emergency Technology* , 68. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2021.102601>
- Mendoza JMF, G.-S. A. (2019). A methodological framework for the implementation of circular economy thinking in higher education institutions: Towards sustainable campus management. . *J Clean Production*, 44.
- Murillo. (2018). Fomento de la Economía Circular a partir del aprovechamiento de los subproductos agrícolas en el marco del postconflicto en Colombia. doi:<https://upcommons.upc.edu/handle/2117/128600>
- Ng HS, K. P.-W. (2020). Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. *Bioresour Technol*, 135. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.111>
- Nguyen VT, T. A. (2021). Microencapsulation of phenolic-enriched extract from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.). . *Powder Technol* , 136. doi:<https://doi.org/10.1016/j.powtec.2021.03.033>

- Papillo VA, L. M. (2019). Cocoa hulls polyphenols stabilized by microencapsulation as functional ingredient for bakery applications. *Food Res* .
- Parodi., V. L. (2022). Embedding circularity into the transition towards sustainable agroforestry systems in Peru. *Science Total Environmental*, 838. doi:ilable from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156376>
- Pérez., C. A. (2017). La inversión de impacto como medio de impulso al desarrollo sostenible: una aproximación multicaso a nivel de empresa en Colombia. *Estudios Gerenciales* Available from:, 13–23. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.estger.2017.02.002>
- Piekarski., B. S. (2020). Mapping of research lines on circular economy practices in agriculture: From waste to energy. . *Renew Sustain Energy Review*, 131. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109958>
- Rabaey., A. D. (2018). Cocoa residues as viable biomass for renewable energy production through anaerobic digestion. *Bioresour Technol*, 265:568. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.100>
- Rashid., S. (2021). Food waste recycling for compost production and its economic and environmental assessment as circular economy indicators of solid waste management. *J Clean Production*, 317. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128467>
- Rodrigues., O. N. (2017). Cocoa shell and its compounds: Applications in the food industry. *Trends Food Science Technology*, 63:103–12. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2017.03.007>
- Saavedra-Sanabria OL, D. D.-T. (2021). Cellulose biosynthesis using simple sugars available in residual cacao mucilage exudate. . *Carbohydr Polym*, 1–12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118645>
- Shahzad., R. (2021). Food waste recycling for compost production and its economic and environmental assessment as circular economy indicators of solid waste management. *J Clean Production*, 317. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128467>

- Tardzenyuy ME, J. Z. (2020). Improving cocoa beans value chain using a local convection dryer: A case study of Fako division Cameroon. *Sci African*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00343>
- Vásquez ZS, d. C. (2019). Biotechnological approaches for cocoa waste management: A review. *Waste Management*, 72–83. doi:<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.04.030>
- Velasco, M. M. (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resource Conservation Recycle*, 170. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105618>
- Veloso MCR de A, P. M. (2020). Potential destination of Brazilian cocoa agro-industrial wastes for production of materials with high added value. *Waste Management*, 36–44.