



Bioeconomía del cultivo de café: caso de la República Dominicana

Bioeconomía Café

Victor Camilo Pulido-Blanco y Pedro Antonio Núñez Ramos



BIOECONOMÍA DEL CULTIVO DE CAFÉ: CASO DE LA REPÚBLICA DOMINICANA

Cadenas de valor y aprovechamientos de la bioeconomía

Editores:

Victor Camilo Pulido-Blanco y Pedro Antonio Núñez Ramos.

**SANTO DOMINGO, REPÚBLICA DOMINICANA
Enero, 2026**



El material consignado en esta publicación puede ser reproducido por cualquier medio, siempre y cuando no se altere su contenido. El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), La Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) agradecen a los usuarios incluir el crédito correspondiente en los documentos y actividades en los que se utilice.

Cita correcta:

Pulido-Blanco, V.C.; Núñez Ramos, P.A. (eds). (2026). Bioeconomía del cultivo del café: caso de la República Dominicana. Cadenas de valor y aprovechamientos de la bioeconomía. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Santo Domingo, DO. 192 pp.

AGRIS: F01

Descriptores: café, cadena, bioeconomía, República Dominicana.

ISBN: 978-9945-448-45-0

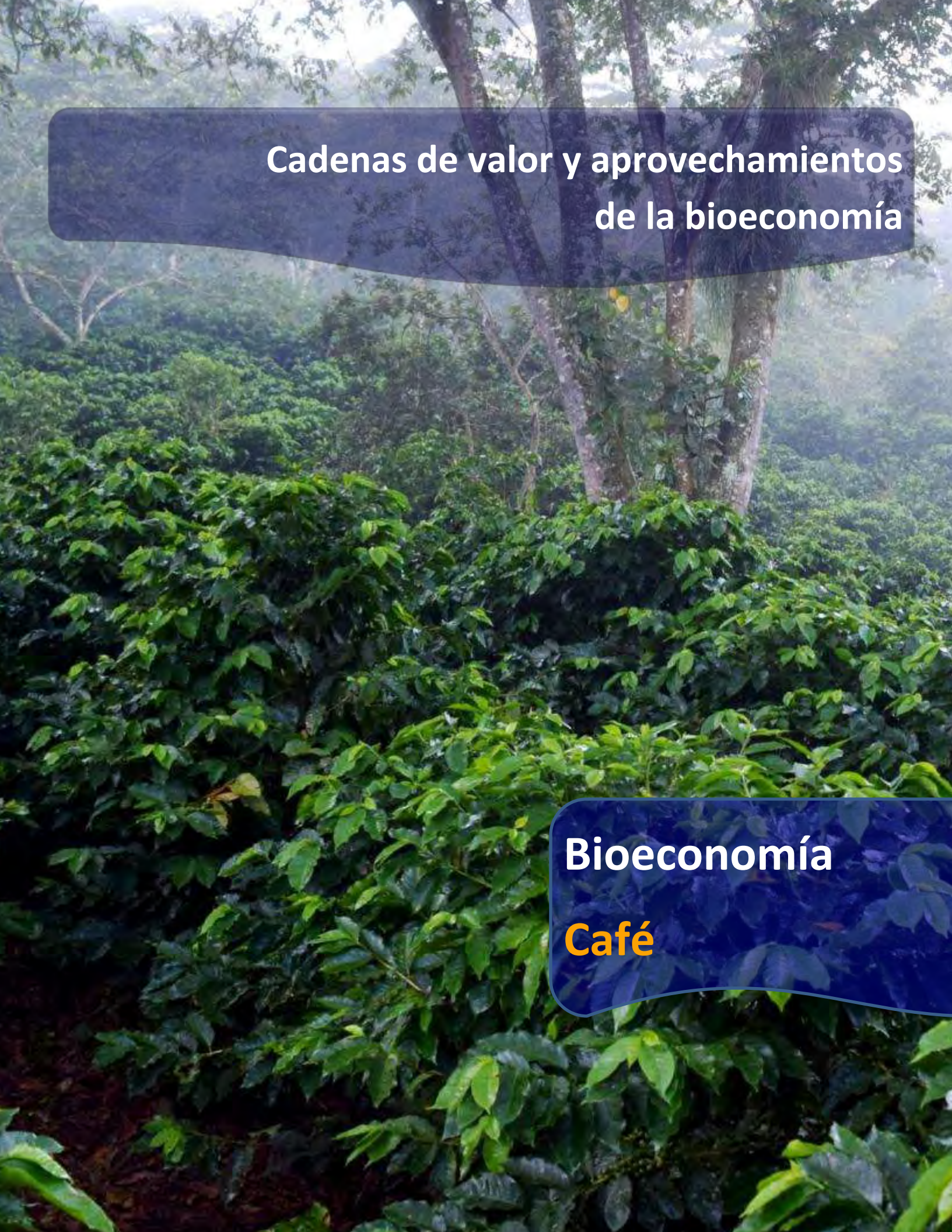
Edición:

Victor Camilo Pulido-Blanco, Biólogo, maestrías en Ciencias Biológicas y en Agroforestería y Agricultura Sostenible, Investigador máster de la Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA); y Pedro Antonio Núñez Ramos, Ingeniero Agrónomo, máster en manejo de Recursos Naturales, Dr. en Ciencias de Recursos Naturales, Investigador Titular Instituto Dominicano de investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Encargado del Programa Suelo y Agua.

Revisión: Comité Técnico Centro Norte (Julio Morrobel, Pedro Antonio Núñez Ramos, Pedro Juan del Rosario). Investigador Victor Camilo Pulido-Blanco.

Maquetación y diseño: Gonzalo Morales. **Diseño de portadas:** Victor Camilo Pulido-Blanco.

Fotografías: Victor Camilo Pulido-Blanco y Pedro Antonio Núñez Ramos.

The background image is a photograph of a coffee plantation. In the foreground, there are dense, vibrant green coffee bushes. In the background, several tall, slender trees with light-colored bark stand against a backdrop of more forest. The overall scene is misty or hazy, giving it a serene and natural feel.

Cadenas de valor y aprovechamientos de la bioeconomía

Bioeconomía

Café

PRESENTACIÓN

El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), La Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) se complacen al poner en mano de los productores de café, profesionales agropecuarios, tomadores de decisiones y público en general, la presente publicación sobre *“Bioeconomía del cultivo de café: caso de la República Dominicana. Cadenas de valor y aprovechamientos de la bioeconomía”*.

La publicación está escrita en capítulos en un formato tipo revista e incluye tres capítulos, detallados a continuación: Capítulo I: introducción, marco conceptual, las cadenas de valor y aprovechamientos de la bioeconomía en café, con énfasis en República Dominicana; Capítulo II: artículo *In extenso* de revisión correspondiente a la identificación de las materias primas, métodos, tecnologías, productos y condiciones para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía reportados en la cadena de café a nivel mundial (senderos, materias primas, productos y condiciones referidas en la literatura especializada de la última década); y Capítulo III: artículo *In extenso* correspondiente a la caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para aprovechar la bioeconomía, e ilustración de las potencialidades y requerimientos para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía seleccionados en la cadena del café de la República Dominicana.

El presente documento es fruto de una investigación realizada en el marco de la Maestría en Agroforestería del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, y cuyo contenido será de sumo interés para la caficultura dominicana. Razones por las cuales, el IDIAF, AGROSAVIA, CATIE e IICA ponen al servicio de los sectores productivos de la nación y la región el presente documento. Esperamos que este permita a los productores de café, así como a los profesionales agropecuarios y tomadores de decisiones promover una caficultura con un enfoque de bioeconomía en la República Dominicana.

Eladio Arnaud Santana, Ph.D.
Director Ejecutivo, IDIAF

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
CAPITULO I. CADENA DE VALOR Y APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA EN CAFÉ, CON ÉNFASIS EN REPÚBLICA DOMINICANA.....	4
1.1. Introducción.....	6
1.2. Preguntas e hipótesis de la investigación	11
1.2.1. Preguntas de investigación.....	11
1.2.2. Hipótesis.....	12
1.3. Concepto de bioeconomía	13
1.3.1. Elementos de la bioeconomía	15
1.3.2. Principios biológicos	17
1.3.3. Procesos biológicos.....	17
1.3.4. Biomimetismo	18
1.4. Relación de la bioeconomía con la economía circular y la economía verde	18
1.5. Senderos de la bioeconomía	21
1.6. Cadenas de valor	25
1.6.1. Componentes	25
1.6.2. Conceptos claves.....	26
1.6.3. Enfoque de cadenas de valor.....	27
1.6.4. Diferencias entre cadena de valor y cadenas productivas	29
1.7. Café en República Dominicana.....	29
1.7.1. Zonas de cultivo de café en la República Dominicana	30
1.7.2. Contexto social de la producción de café en la República Dominicana	31
1.8. Metodología	32
1.8.1. Ubicación de la zona de estudio	32
1.8.2. Identificación del potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana	32
Identificar las materias primas, métodos, tecnologías, productos y condiciones para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía reportados en la cadena de café a nivel mundial.....	32
Caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para aprovechar la bioeconomía	35
Ilustración de las potencialidades y requerimientos para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía seleccionados en la cadena del café de la República Dominicana	39

1.9. Comentarios finales sobre el capítulo.....	40
1.10. Agradecimientos	40
1.11. Bibliografía.....	40
<i>CAPITULO II. APROVECHAMIENTOS DE LA BIOECONOMÍA EN CAFÉ A NIVEL MUNDIAL: UNA REVISIÓN ACTUALIZADA</i>	46
2.1. Introducción.....	47
2.2. Materiales y métodos	51
2.2.1. Búsqueda de literatura científica especializada	51
2.2.2. Revisión de la literatura especializada recuperada	51
2.2.3. Senderos de la BE	52
2.3. Resultados y Discusión	53
2.3.1. Análisis de la literatura según los seis senderos de la BE	57
Sendero de los Bioproductos	60
Sendero de la Biotecnología.....	68
Sendero de Cadenas de Valor	70
Sendero de la Eco intensificación	71
Sendero de los Servicios Ecosistémicos.....	71
Sendero de la Biodiversidad	72
2.3.2. Distribución de BE, EC y EV	72
2.4. Conclusiones	73
2.5. Agradecimientos	75
2.6. Bibliografía.....	75
2.7. Anexos	89
<i>CAPITULO III. POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA EN LA CADENA DE VALOR DE CAFÉ DE REPÚBLICA DOMINICANA</i>	114
3.1. Introducción.....	116
3.2. Materiales y Métodos.....	118
3.2.1. Ubicación de la zona de estudio	118
3.2.2. Caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para desarrollar BE.....	120
3.2.3. Estudios de caso de implementación de la BE en la cadena de café de la República Dominicana	121
3.3. Resultados y Discusión	123
3.3.1. Caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para desarrollar BE.....	123
Eslabón de provisión de insumos, equipos y maquinarias	124

Eslabón de producción	127
Eslabón de acopio	129
Eslabón de transformación	130
Eslabón de industrialización	130
Eslabón de comercialización	133
Eslabón de consumo	134
3.3.2. Potencial de aprovechamiento de la BE en la cadena de café de la República Dominicana	134
3.3.3. Cuellos de botella en la cadena de valor de café de la República Dominicana	140
Cuellos de botella de la cadena.....	140
Cuellos de botella de las instituciones de apoyo.....	143
3.3.4. Restricciones para el aprovechamiento de negocios de la BE en la cadena de valor de café de la República Dominicana	144
3.3.5. Ejemplos de aprovechamiento de la BE en la cadena de café de la República Dominicana	146
Café Monte Alegre®	146
Café Samir®	152
3.4. Conclusiones	154
3.5. Agradecimientos	156
3.6. Bibliografía.....	156
3.7. Anexos.....	166
IV. COMENTARIOS FINALES.....	175

Índice de Tablas Capítulo I

Tabla 1. Oportunidades dimanadas de la bioeconomía en la producción de café	11
Tabla 2. Conceptos de bioeconomía	14
Tabla 3. Senderos de la bioeconomía y sus prácticas asociadas.....	21
Tabla 4. Principales características y diferencias entre la cadena productiva y la cadena de valor	29
Tabla 5. Ficha IICA para aprovechamientos de la bioeconomía en café y sus condiciones habilitantes	33
Tabla 6. Ejemplo de elementos clave del mapeo de cadena	37
Tabla 7. Subcategorías por factor de análisis del potencial de la bioeconomía	38

Índice de Tablas Capítulo II

Tabla 1. Número de registros recuperados durante la búsqueda de infografía especializada	54
Tabla 2. Publicaciones entre el 2011 y 2020 con enfoque en BE en café, revisadas	102

Tabla 3. Prueba de asociación de variables categóricas con senderos de la bioeconomía de Trigo et al (2013).....	58
Tabla 4. Materias primas y sus productos reportados por la literatura consultada, según el sendero de BE analizado.....	61
Tabla 5. Productos del café molido usado (SCG) reportados por la literatura consultada, según el sendero de BE analizado	65
Tabla 6. Número de publicaciones con enfoque de BE, CE o GE de café, por país donde se desarrolla la implementación	69
Tabla 7. Limitantes de aplicación de los aprovechamientos de la BE referidos en la literatura de la última década consultada	70

Índice de Tablas Capítulo III

Tabla 1. Subcategorías por factor de análisis del potencial de la BE	120
Tabla 2. Ficha de tecnologías de la BE usadas en café en República Dominicana y sus condiciones habilitantes	122
Tabla 3. Regiones cafetaleras de la República Dominicana, con datos de áreas sembradas y en producción para el año 2016	127
Tabla 4. Tipos de productores clasificados con atención al capital de trabajo y nivel de tecnificación	128
Tabla 5. Listado de industriales, exportadores y comercializadores (algunos con marca registrada) de café en la República Dominicana	131
Tabla 6. Condiciones habilitantes del enfoque BE, por variables, en la cadena de café de la República Dominicana	139
Tabla 7. Síntesis de las principales restricciones sistémicas de la cadena de café de la República Dominicana	141
Tabla 8. Restricciones para el aprovechamiento de negocios de la BE, por variables, en la cadena de café de la República Dominicana	144
Tabla 9. Aprovechamientos de la BE hallados en los sistemas productivos de Café Monte Alegre® y Café Samir®	149

Índice de Figuras Capítulo I

Figura 1. Estrategias e iniciativas relacionadas con la bioeconomía en LAC (IICA, 2020).....	7
Figura 2. Elementos de la bioeconomía. Fuente: Pulido-Blanco, VC basado en Rodríguez et al. (2017) y Aramendis et al. (2018).....	16
Figura 3. Diagrama de Venn de la relación entre la bioeconomía, la economía circular y la economía verde. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	19
Figura 4. Zonas cafetaleras y producción de café en cientos de miles de sacos de 60 Kg por provincia, promedio anual de 1990 a 2015. Fuente: CEPAL e INDOCAFE (2018).	30

Figura 5. Fases propuestas para el desarrollo metodológico del estudio de cadena del café en República Dominicana. Fuente: Escobedo Aguilar (2018) e IICA (2019).	36
Figura 6. Representación gráfica de la cadena de valor: A. según la herramienta Value Link (IICA, 2019). B. según la metodología de Escobedo Aguilar (2018) , con un ejemplo de la cadena de valor de café de Guatemala. Fuente: IICA (2019) y Escobedo Aguilar (2018).	38
Figura 7. Regiones cafetaleras de República Dominicana reportadas por INDOCAFE (2019). En los recuadros se observan las regiones Norte y Central donde se ubican los municipios preseleccionados. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	39

Índice de Figuras Capítulo II

Figura 1. Número de publicaciones con enfoque de BE, EC o GE en café, durante el decenio 2011-2020, de los 117 artículos de investigación, notas científicas, capítulos de libro y revisiones consultadas. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	55
Figura 2. Análisis de correspondencia de las variables asociadas Tipo de proceso, Materia Prima, Producto Final, Maduración Condicionantes de escala y Condicionante ambiental con los senderos de la BE. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	59
Figura 3. Número de publicaciones con enfoque de BE en café por país y por sendero. A. Bioproductos. B. Biotecnologías. C. Cadenas de valor. D. Eco intensificación. E. Servicios ecosistémicos. F. Biodiversidad. El tamaño de los círculos es proporcional al número de publicaciones halladas por país. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	67
Figura 4. Número de publicaciones con enfoque de BE, CE y GE de café entre 2011 y 2020. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	72

Índice de Figuras Capítulo III

Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio en la República Dominicana, conforme a las regiones cafetaleras reportadas por CEPAL (2019). Fuente: Pulido-Blanco, VC.	119
Figura 2. Mapa de la cadena de valor del café de la República Dominicana, 2020. Pulido-Blanco, VC con base en: (Galtier y Batista, 2007; Jiménez et al., 2007; CEPAL y INDOCAFE, 2018; Escobedo, 2018; CEPAL, 2019), encuestas a actores claves de la cadena e instituciones (INDOCAFÉ, IDIAF, PROCAGICA, Café Monte Alegre, Café Samir). Fuente: Pulido-Blanco, VC.	126
Figura 3. Análisis general del potencial de negocios con enfoque de BE, a partir de los senderos de la BE, en la cadena de café de la República Dominicana. A. Aporte de los factores a los bionegocios. B. Análisis general del potencial por tipo de bionegocio. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	136
Figura 4. Análisis del potencial de bionegocios con enfoque de BE en la cadena de café de la República Dominicana, a partir del contexto actual de la cadena (A y B), y de los insumos	

que posee (C y D). A y C. Biorrefinerías. B y D. Cadenas de valor. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	137
Figura 5. Sistemas productivos estudiados. A. Máquina de beneficiado Pinhalense en Café Samir®. B. Sector de transformación en Café Samir®. C. Panorámica de finca Calaverna, Café Monte Alegre®. El café crece bajo el dosel de sombra. D. Vista de ladera en Café Samir®. E. Máquina Penagos Ecoline 800. Tomado de: C. http://www.montealegreestate.com/ . A, B, D y E: autor.	147
Figura 6. Análisis general del potencial de negocios con enfoque de BE, a partir de los senderos de la BE, los sistemas productivos Café Monte Alegre® (A y B) y Café Samir® (C y D). A y B. Aporte de los factores a los bionegocios. B y C. Análisis general del potencial por tipo de bionegocio. Fuente: Pulido-Blanco, VC.	154

Índice de Anexos Capítulo II

Anexo 1. Listado de artículos del primer análisis	89
Anexo 2. Tabla 7. Publicaciones entre el 2011 y 2020 con enfoque en BE en café, revisadas	102
Anexo 3. Revistas y capítulos de libro donde se alojan las publicaciones analizadas, por senderos del enfoque en BE en café	111

Índice de Anexos Capítulo III

Anexo 1. Formulario de la encuesta a los actores conocedores de la cadena de café de la República Dominicana	166
Anexo 2. Resultados de la encuesta a actores claves de la cadena de valor de café de la República Dominicana	172

Lista de acrónimos, abreviaturas y unidades

Acrónimos	Abreviaturas	Unidades
<i>AGROSAVIA: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria</i>	<i>RD: República Dominicana</i>	<i>g: gramos</i>
<i>CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza</i>	<i>v.g.: verbi gratia. Por ejemplo.</i>	<i>cm³: centímetro cúbico</i>
<i>IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura</i>	<i>ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible</i>	<i>ml: mililitro</i>
<i>IDIAF: Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales</i>	<i>LAC: Latinoamérica y el Caribe</i>	<i>ha: hectáreas</i>
<i>CODOCAFE: Consejo Dominicano del Café. Actualmente INDOCAFE</i>	<i>PIB: producto Interno Bruto</i>	
<i>INDOCAFE: Instituto Dominicano del Café</i>	<i>GEI: Gases de Efecto Invernadero</i>	
<i>CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe</i>	<i>UE: Unión Europea</i>	
<i>CABI: Centre for Agricultural Bioscience International</i>	<i>BE: bioeconomía</i>	
<i>PROCAGICA: Programa centroamericano de gestión integral de la roya del café</i>	<i>GE: economía verde</i>	
<i>BAC: Biblioteca Agropecuaria de Colombia</i>	<i>CE: economía circular</i>	
	<i>ONG: Organización No Gubernamental</i>	
	<i>PNUMA: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente</i>	

INTRODUCCIÓN GENERAL

La bioeconomía emerge como un paradigma productivo fundamental para el siglo XXI, definido por la utilización intensiva y sostenible de conocimientos, recursos y procesos de base biológica en la producción de bienes y servicios económicos (IICA, 2019; OECD, 2009). Este enfoque no solo busca la eficiencia económica, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental y social, alineándose directamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030. La transición hacia este modelo implica la exploración de diversos caminos, o senderos de aprovechamiento, que permiten a las naciones optimizar sus recursos biológicos (Trigo *et al.*, 2013).

América Latina y el Caribe (LAC) posee un potencial bioeconómico excepcional debido a su vasta biodiversidad, significativa vocación agrícola y extensas reservas de agua (Rodríguez *et al.*, 2017). Organismos supranacionales como la Unión Europea y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) han identificado la bioeconomía como un motor de cambio estructural en la región (CEPAL, 2017; IICA, 2020). Entre los senderos clave para el desarrollo en LAC, se destacan la biotecnología, los servicios ecosistémicos, la eco-intensificación, la formación de cadenas de valor, la biodiversidad y el desarrollo de bioproductos (Trigo *et al.*, 2013). Este marco ofrece una hoja de ruta para diversificar las economías y construir cadenas de valor de base biológica más resilientes (Aramendis *et al.*, 2018).

A pesar del vasto potencial regional, países con economías más pequeñas e inversión limitada en ciencia y tecnología, como la República Dominicana (RD), enfrentan desafíos específicos para la plena adopción del concepto bioeconómico (Pulido Blanco, 2020). La vía de aprovechamiento inicial para RD se proyecta con énfasis en la producción y transformación de biomasa (Pulido Blanco, 2020). En este contexto, el sector cafetalero se presenta como un ámbito histórico y económicamente significativo para la nación insular, con una larga tradición productiva (Del Rosario *et al.*, 2005).

La cadena de valor del café en RD no solo es vital para la economía local y la subsistencia de muchas zonas rurales, sino que también presenta un escenario propicio para la implementación de estrategias de bioeconomía circular y sostenible, particularmente al comparar enfoques tradicionales versus la Gestión Sostenible de Ecosistemas (SEM), que ha demostrado ser rentable a largo plazo (UNDP, 2024). Sin embargo, aún existe un vacío de conocimiento sobre el potencial real de aprovechamiento bioeconómico en cada uno de los seis senderos de la bioeconomía dentro de las condiciones específicas de la cadena de café dominicana. El documento se centra en tres capítulos: un introductorio (I) tiene como objetivo sentar las bases conceptuales de la bioeconomía, las cadenas de valor, y el contexto del café en República Dominicana. Un segundo capítulo que establece las bases con un análisis exhaustivo del aprovechamiento actual de los senderos de la bioeconomía a nivel global y posteriormente, se identifica el potencial específico en la isla mediante una

caracterización detallada de la cadena de café dominicana, incluyendo su constitución, potencialidades, condiciones habilitantes, limitantes y cuellos de botella, junto con la ilustración de aprovechamientos bioeconómicos presentes en la caficultura dominicana.

Referencias

- Aramendis, R. H., Rodríguez, A. G., Krieger Merico, L. F. (2018). *Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: Bioeconomía* (Publicación de las Naciones Unidas, LC/TS.2018/143). CEPAL. <http://hdl.handle.net/11362/43825>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). (2017). *La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe* (Boletín CEPAL/FAO/IICA N° 40). IICA. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42724-la-bioeconomia-oportunidades-desafios-desarrollo-rural-agricola-agroindustrial>
- Del Rosario, P. J., J., Héctor, L., José Horacio, V., Leonardo, Galtier, F. (2005). Estudio sobre el mercado interno de café en la República Dominicana. En *La caficultura sostenible, un desafío impostergable. XXI Simposio Latinoamericano de caficultura, 14 y 15 de julio de 2005, San Salvador, El Salvador*. IICA-PROMECAFE, IICA-PROCAFE. <https://agritrop.cirad.fr/528297/>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2019). *La bioeconomía: potenciando el desarrollo sostenible de la agricultura y los territorios rurales en ALC*. IICA-Ecuador, 40 p. http://www.iica-ecuador.org/sisbio/doc_informacion/IICA_Cap4_Esp_V4.pdf
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2020). *Un llamado a un marco integrado para el desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe*. Blog IADB Sostenibilidad. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/un-llamado-a-un-marco-integrado-para-el-desarrollo-de-la-bioeconomia-en-america-latina-y-el-caribe/>
- OECD (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). (2009). *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*. OECD Publishing, 326 p. <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>
- Pulido-Blanco, V. C. (2020). *Análisis del potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana* [Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10077>

- Rodríguez, A. G., Mondaini, A. O., Hitschfeld, M. A. (2017). *Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas* (Serie Desarrollo Productivo N° 215), 96 p. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42427-bioeconomia-america-latina-caribe-contexto-global-regional-perspectivas>
- Trigo, E., Henry, G., & Thompson, P. (2013). *Una bioeconomía para América Latina y el Caribe: oportunidades y retos desde una perspectiva de políticas* (Serie Documentos de Proyectos). CEPAL, Cali, paper 1, 5 p. <https://agritrop.cirad.fr/567664/>
- UNDP (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). (2024). *Escenarios económicos para un cacao y café sostenibles en República Dominicana*. <https://www.undp.org/es/dominican-republic/publicaciones/escenarios-economicos-para-un-cacao-y-cafe-sostenibles-en-republica-dominicana>

CAPITULO I. CADENA DE VALOR Y APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA EN CAFÉ, CON ÉNFASIS EN REPÚBLICA DOMINICANA

Pulido-Blanco, Victor Camilo¹, Núñez Ramos, Pedro Antonio²

¹MSc Biología, MSc Agroforestería y Agricultura Sostenible. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. ORCID Id: <https://orcid.org/0000-0002-1217-6877>, <https://www.linkedin.com/in/victor-camilo-pulido-blanco-46842b97/>, https://www.researchgate.net/profile/Victor_Pulido_Blanco/publications.

Autor para correspondencia: vpulido@agrosavia.co; victor.pulido@catie.ac.cr

²Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias (FCAV), Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-7931>

pnunez@idiaf.gov.do pnunez25@uasd.edu.do pnunez58@gmail.com

Resumen

La bioeconomía es un nuevo paradigma productivo que se define como la utilización intensiva de conocimientos, recursos y procesos de base biológica para la producción sostenible de bienes y servicios económicos. Latinoamérica y el Caribe (LAC) tienen potencial para el aprovechamiento de senderos como la biotecnología, servicios ecosistémicos, eco-intensificación, cadenas de valor, biodiversidad y bioproductos con fines económicos. LAC tiene un gran potencial para la incorporación de la bioeconomía, principalmente en la generación de insumos de base biológica, debido a su privilegiada situación en diversidad, actitud agrícola y reservas de agua. No obstante, algunos países como República Dominicana (RD) tienen dificultades para la incorporación de este concepto debido a la correlación de una economía pequeña y poca inversión en ciencia, proyectando un aporte con base en la producción de biomasa y su transformación. Uno de los sectores más fuertes en este apartado, y que históricamente ha contribuido a la economía de esta nación insular, es el café. No obstante, se desconoce cuál es el potencial de aprovechamiento en cada uno de los senderos dadas las condiciones de la cadena de café

del país. Se concluye que para conocer cuál es el potencial de aprovechamiento en cada uno de los senderos de la bioeconomía presentes en la cadena de café en RD, es preciso realizar un estudio secuencial que inicie analizando el aprovechamiento actual de los senderos de la bioeconomía a nivel mundial para, posteriormente, identificar el potencial en la isla a partir de la caracterización de la cadena de café con base en su constitución, potencialidades, condiciones habilitantes, condiciones limitantes, y cuellos de botella, así como la ilustración de aprovechamientos de la bioeconomía presentes en campo.

Palabras clave: café, desarrollo, economía, economía circular, Latinoamérica y el Caribe, senderos.

Abstract

The bioeconomy is a new productive paradigm defined as the intensive use of biologically based knowledge, resources, and processes for the sustainable production of economic goods and services. Latin America and the Caribbean (LAC) have the potential to leverage pathways such as biotechnology, ecosystem services, eco-intensification, value chains, biodiversity, and bioproducts for economic purposes. LAC has great potential for incorporating the bioeconomy, primarily in the generation of biobased inputs, due to its privileged location in terms of diversity, agricultural attitude, and water reserves. However, some countries, such as the Dominican Republic (DR), struggle to incorporate this concept due to a correlation between a small economy and limited investment in science, projecting a contribution based on biomass production and processing. One of the strongest sectors in this area, and one that has historically contributed to the economy of this island nation, is coffee. However, the potential for utilization in each of the pathways is unknown, given the conditions of the country's coffee chain. It is concluded that to understand the potential for utilization in each of the bioeconomy pathways present in the coffee chain in the Dominican Republic, a sequential study is necessary. This study begins by analyzing the current utilization of bioeconomy pathways worldwide and subsequently identifies the island's potential by characterizing the coffee chain based on its structure, potential, enabling conditions, limiting conditions, and bottlenecks, as well as by illustrating the bioeconomy opportunities currently available in the field.

key words: economy, circular economy development, Latin America and the Caribbean, coffee, trails.

1.1. Introducción

Se entiende por bioeconomía «*la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía*» ([IICA, 2018](#)). Esta definición incluye los abordajes conceptuales y metodológicos para mejorar el desempeño competitivo y sustentable de las cadenas de valor agrícolas en su conjunto y en cada uno de sus eslabones, los cuales se orientan hacia la gestión de políticas, al fortalecimiento institucional y de capacidades público-privadas con la provisión de apoyo a procesos de innovación tecnológica ([IICA, 2019](#)). Este mejoramiento parte de la base de aplicar principios y procesos biológicos en todos los sectores de la economía y de reemplazar cada vez más las materias primas basadas en fósiles con recursos y conocimientos de base biológica ([Dietz et al., 2018](#)): los insumos industriales (por ejemplo: materiales, productos químicos, energía) deben derivarse de recursos biológicos renovables, con investigación e innovación que permitan el proceso de su transformación ([D'Amato et al., 2017](#)). Un uso innovador y sostenible de estos recursos en diferentes sectores de la economía (es decir, una transformación de base biológica) apoya el logro de algunos Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); en particular, aquellos aplicados a soluciones de los riesgos actuales por el cambio climático ([Dietz et al., 2018](#)), a la par que genera oportunidades de emprendimiento en economías emergentes.

Latinoamérica y el Caribe (LAC) tienen amenos de 8 de los 17 países más megadiversos del planeta (CEPAL, 2020; [Rodríguez et al., 2017](#)), con más de 6 biomas endémicos, dos centros de origen de cultivos de granos básicos como el frijol, frutales como el aguacate y animales de producción como los camélidos de zonas altas ([Mazoyer y Roudart, 2006](#)). Posee el 30 % del agua fresca del planeta (CEPAL, 2020; [Trigo et al., 2013](#)), y el 50 % de sus tierras tienen potencial agrícola ([Saucedo y Boza, 2011](#); [Trigo et al., 2013](#)), con clasificaciones de «*adecuadas*» a «*muy adecuadas*» ([Trigo et al., 2013](#)). La región es conocida por su aporte a la producción global de materias primas agrarias, y genera altos volúmenes de biomasa actualmente considerada de desecho (CEPAL, 2020; [Rodríguez et al., 2017](#)). A partir de este potencial, el concepto de bioeconomía en LAC, que era poco conocido y relativamente nuevo (CEPAL, 2020; IICA, 2019; [Rodríguez, 2017](#); [Rodríguez et al., 2017](#)), paso a estar integrado en el desarrollo de estrategias y marcos de políticas para su aprovechamiento, incluso de forma explícita como en Costa Rica, donde el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) se dio a la tarea de elaborar una estrategia nacional de bioeconomía ([CEPAL, 2020](#)), y en Brasil y Uruguay, donde la estrategia lleva declarado el concepto ([González et al., 2014](#); [CEPAL, 2020](#)). Otros países como Argentina, Colombia y Perú desarrollan aprovechamientos de bioeconomía en el sector de las bioenergías, como el biodiesel, sin hacer una declaración formal que los circunscriba con el concepto de la bioeconomía, si bien varios proyectos se encaminan con esta denominación, pero no como estrategias nacionales ([CEPAL, 2020](#), figura 1).



Figura 1. Estrategias e iniciativas relacionadas con la bioeconomía en LAC (IICA, 2020).

No obstante, algunos países como República Dominicana (RD) tienen dificultades para la incorporación de este concepto ([Ponce y Carrillo-González 2017](#)). Según estos autores, la nación insular pertenece al grupo de países con ingresos medio-bajos (aunque se han publicado informaciones que evidencian que la renta es de media a alta, según criterios del Banco mundial y los datos y el Banco Central), tiene sectores agrícolas grandes cuyo sector primario contribuye de forma sustancial al total del valor agregado nacional, con alrededor del 6 % del producto interno bruto (PIB) ([El Dinero, 2018](#)); presenta una escasa actividad de innovación en biotecnología y una pequeña proporción de empleo en ciencia y tecnología ([Ponce-Sánchez y Carrillo-González, 2017](#)). [Ponce-Sánchez y Carrillo-González \(2017\)](#), afirman que debido a la relación de ingresos per cápita relativamente bajo y a la correlación de sus actividades económicas globales, las emisiones de GEI *per cápita* en RD son más bajas que la media de LAC. En consonancia estos sugieren, que es un país que presenta grandes retos para incorporar la bioeconomía en cadenas de valor, y solamente podría participar en la producción de biomasa y su transformación.

La transformación de biomasa residual para la producción de bienes es una de las prácticas de los seis senderos para el aprovechamiento de la bioeconomía en las cadenas de valor propuestas por Trigo ([Trigo et al., 2013](#); [Chavarría, 2018](#)). Se entiende por senderos las rutas o maneras como los países o instituciones de orden supranacional han afrontado el reto de incluir enfoques de bioeconomía en sus desarrollos productivos ([Trigo et al., 2013](#)). El número de estos senderos varía de dos, cuatro, seis a siete, dependiendo del autor ([Trigo et al., 2013](#); [Chavarría, 2018](#); [Dietz et al., 2018](#); [IICA, 2019](#)). Estos seis senderos son seguidos

por la Unión Europea para su estrategia supranacional de bioeconomía, y fueron recomendadas para LAC por este mismo organismo ([European Commission, 2012](#); [González et al., 2014](#)). Por ende, estos son los senderos seguidos en esta tesis.

Uno de los principales cultivos del sector agrícola en RD es el café. El país ocupó el vigésimo séptimo puesto mundial en producción de este rubro, con 24,000 toneladas métricas producidas durante el periodo 2017-2018 ([ICO, 2019](#)), lo que representó cerca del 0.3 % de la producción mundial ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)). Dicha producción se obtuvo en pequeños minifundios menores a tres hectáreas en el 70 % de las unidades agrarias del país ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)). El modelo de producción de café está controlado por 18 comercializadores, en un monopsonio que ocupa el 90 % de las compras del grano, siendo estas destinadas principalmente a consumo interno ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)). Seis años después si bien el café continuó siendo uno de los cultivos emblemáticos del sector agrícola en la República Dominicana (RD), históricamente el país pasó de ser un exportador neto a tener importaciones, debido a la baja productividad y la demanda interna. Para el año 2022, las exportaciones de café dominicano representaron cerca de 20.2 millones de dólares, mientras que las importaciones ascendieron a 52.9 millones de dólares, lo que convierte al país en un importador neto para satisfacer el consumo local ([OEC, 2023](#)). La cosecha 2023- 2024 registró una producción de 220,000 quintales (aproximadamente 10,120 toneladas métricas), una cifra que, aunque muestra una recuperación del 30 % respecto a ciclos anteriores, sigue estando por debajo de los niveles históricos de décadas pasadas ([Vallejo, 2023](#)).

La estructura productiva se mantiene fragmentada, caracterizada por la prevalencia de pequeños productores. Se estima que en la actividad participan alrededor de 28,000 productores, quienes operan mayoritariamente en unidades de pequeña escala o minifundios ([Vallejo, 2023](#)). En cuanto a la comercialización, el mercado sigue presentando una alta concentración; sin embargo, el flujo comercial actual depende significativamente de importaciones provenientes de Brasil, Vietnam y Honduras para abastecer el consumo doméstico y turístico, reservando el café de producción local de alta calidad para nichos de exportación hacia Estados Unidos e Italia ([OEC, 2023](#)).

En el ámbito de la sostenibilidad y el aprovechamiento de recursos, la literatura científica reciente confirma que la República Dominicana enfrenta dificultades para la incorporación plena de conceptos bioeconómicos. Investigaciones específicas señalan que, a diferencia de otros contextos regionales, en RD aún se desconoce con precisión el potencial de aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía en la cadena de valor del café ([Pulido Blanco, 2020](#)). Esta falta de documentación y estrategias aplicadas representa una problemática vigente, ya que limita la transformación de la biomasa residual en nuevos

activos económicos, desaprovechando oportunidades para la sostenibilidad del sector ([Pulido Blanco, 2020](#); [López-Escobar et al., 2025](#)).

República Dominicana es un país que ha demostrado una notable resiliencia económica. Tras el periodo de crecimiento sostenido entre 1993 y 2018, y la posterior crisis global, la economía dominicana retomó su dinamismo, registrando una expansión del 5.0 % en el año 2024, consolidándose como una de las economías de mayor crecimiento en la región latinoamericana ([Banco Central de la República Dominicana, 2025](#)).

Así, diferentes estudios coinciden en indicar que no están documentados aprovechamientos bioeconómicos en la cadena de café en la República Dominicana ([Trigo et al., 2013](#); [González et al., 2014](#); [Ponce y Carrillo-González, 2017](#); [Rodríguez, 2017](#); [Rodríguez et al., 2017](#); [CEPAL y INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2020](#)), lo que representa una problemática porque se desconoce cuál es el potencial de aprovechamiento en cada uno de los senderos, dadas las condiciones del país.

Este recuento se sustenta en que el país tuvo un fuerte crecimiento económico entre 1993 y 2018 ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)); a una tasa anual promedio del 5.3 por ciento. En los 90's alcanzó su mayor crecimiento, en un contexto mundial económico estable, lo que le permitió ser uno de los países con mejores indicadores económicos en la región de LAC. Posteriormente, del 2000 al 2010 su crecimiento continuó a una tasa menor, del 4.8 %, enfrentando la crisis financiera mundial de la época ([CEPAL et al., 2012](#)). Durante la última década, aumentó su crecimiento, pasando del 5.3 % al 7.6 % alcanzado en 2014, en un escenario de alta demanda interna y comercio exterior propicio. No obstante, estos indicadores son apalancados por los sectores turismo, minero y construcción, y no por el sector agrícola que, muy al contrario, tuvo una reducción del 2.4 % durante el 2019, con la subsecuente pérdida de 10,632 puestos laborales ([Suhelis, 2019](#)), principalmente en caña de azúcar con un 31 %, y café con un 23 %.

La superficie cultivada neta de café decreció alrededor del 16 % en la década de 1990, alcanzando las 550,000 ha en 1999. Durante el periodo 2012-2013, se perdieron 105,000 hectáreas con un detrimento en la producción de 142,600 bultos de 60 kilogramos debido la roya del café (*Hemileia vastatrix*) ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)). Como consecuencia del hongo, se perdieron 105,500 empleos con una afectación de 250,000 personas ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)).

La afectación por dicho hongo provocó un costo económico de 500 millones de dólares para LAC, de los que 46 % corresponde a Honduras, 20 % a Guatemala, 15 % a El Salvador, 12 % a Nicaragua y 7 % a Costa Rica, la República Dominicana y Jamaica conjuntamente ([OIC](#)

[2017](#)). Para el 2017, la OIC informó la pérdida de 374,000 empleos en Centroamérica, la República Dominicana y Jamaica debido a la disminución de la demanda laboral para la cosecha, producto de esta enfermedad ([CEPAL y INDOCAFE, 2018](#)).

Por lo anterior, es apremiante fortalecer la cadena del café con el fin de mejorar los índices productivos y económicos de la isla. Dado este escenario, una forma de ayudar a la urgente generación de empleo e ingresos en el sector cafetalero de República Dominicana es el tránsito hacia formas de desarrollo con base en los senderos de la bioeconomía, caracterizada por inducir cadenas de valor alternas con fuerte demanda ocupacional ([Aramendis et al., 2018](#)), con la subsecuente minimización del riesgo económico por diversificación de las fuentes de ingreso ([Chavarría, 2018](#)) (Tabla 1). Además, este tránsito permitiría minimizar o eliminar la generación de desechos y menguar el uso de combustibles y recursos de origen fósil en los mismos eslabones de la cadena de la que parten las prácticas en bioeconomía ([Trigo et al., 2013](#); [Ponce-Sánchez y Carrillo-González, 2017](#); [Rodríguez et al., 2017](#); [Aramendis et al., 2018](#); [Chavarría, 2018](#); [Dietz et al., 2018](#); [IICA, 2018](#)).

Basado en dicha problemática, se propone el análisis *Cadenas de valor y aprovechamiento de la bioeconomía en café, con énfasis en República Dominicana*, basado en los senderos de la bioeconomía en la cadena de café de la RD, a partir de la constitución, potencialidades, condiciones habilitantes, condiciones limitantes, y cuellos de botella de la cadena de café en la isla. En la investigación se abordaron los siguientes objetivos específicos: identificar las materias primas, métodos, tecnologías, productos y condiciones para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía reportados en la cadena de café a nivel mundial; caracterizar la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para aprovechar la bioeconomía; e ilustrar las potencialidades y requerimientos para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía seleccionados en la cadena del café de la República Dominicana.

Esta información es de utilidad para la eventual generación de la estrategia nacional de bioeconomía de RD, así como de métodos, políticas, modelos, tecnologías o instrumentos que se desprendan de ella. Así mismo, podría apoyar la generación de cadenas de valor alternas al cultivo principal del grano.

Tabla 1. Oportunidades dimanadas de la bioeconomía en la producción de café.

Problemática	Solución que ofrece la bioeconomía
Caída en productividad (bajos rendimientos y afectación de plagas y enfermedades).	Generación de nuevos materiales mejorados con mayor rendimiento, resistencia a estrés hídrico y a plagas - enfermedades.
	Permite ser más eficiente y sostenible en el negocio.
	Diversifica la producción.
	Reducción de costos y vulnerabilidad.
Bajos precios en mercados internacionales.	Agregar valor y diferenciación- obteniendo diferenciales de precios y mayores perspectivas de crecimiento en mercados.
	Ofrece nuevas opciones productivas rentables con el aprovechamiento de subproductos que antes eran considerados desechos.
Altos desechos y residuos con impactos ambientales negativos.	Generación de bioenergías y bioproductos para industria alimentaria, cosmética, química, etc. a partir de los principales desechos contaminantes.
	Menor generación de residuos no aprovechables.
	Menores volúmenes de productos transportados.
Desempleo y migración en los territorios cafetaleros.	Generación de nuevas oportunidades de empleo en las zonas rurales a partir de la generación de subproductos y de los encadenamientos con otras cadenas.
	Genera mayores oportunidades de empleo más allá del tiempo de cosecha.
	Mayor impacto en la economía rural.

Fuente: Chavarría/10/febrero/2019. Comunicación personal verbal, Turrialba, Costa Rica, CATIE¹.

1.2. Preguntas e hipótesis de la investigación

1.2.1. Preguntas de investigación

- ¿Existe potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café en la República Dominicana?
- ¿Cuáles son los senderos, materias primas, métodos, tecnologías, productos y condiciones para el aprovechamiento de la bioeconomía en café referidos en la última década en literatura especializada a nivel mundial?

¹ H. Chavarría, comunicación personal, 10 de febrero de 2019. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

- ¿Cómo está conformada la cadena del café en la República Dominicana? ¿Cuáles son sus actores? ¿Cuáles son las funciones e interrelaciones de los actores? A partir de ello: ¿La cadena de café de la República Dominicana es una cadena productiva o una cadena de valor?
- ¿Cuáles son los senderos, materias primas, métodos, tecnologías, productos y condiciones habilitantes para el aprovechamiento de la bioeconomía en café potenciales en la República Dominicana?
- ¿Existen casos de aplicaciones de la bioeconomía en cafetales con altos volúmenes comerciales de café en la República Dominicana?

1.2.2. Hipótesis

- Existe potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana desaprovechado.
- La cadena del café en la República Dominicana es una cadena productiva y no de valor, y está conformada por seis eslabones: insumos, producción, acopio, transformación, comercialización y consumo ([Escobedo Aguilar, 2018](#)). No hay instrumentos de políticas públicas ni estrategias dedicadas al desarrollo de la bioeconomía en la cadena productiva ([Rodríguez et al., 2017](#)).
- Todos los senderos tienen potencial para aprovecharse en la cadena de café de República Dominicana. No obstante, tienen mayor potencial los senderos de bioproductos y ecointensificación. De estos, las tecnologías de la bioeconomía en café de la última década referidas en literatura especializada son producción de bioetanol, biogas, biofermentos, pellets y proteína a partir de subproductos del beneficiado del café.
- Los subproductos del café con potencial para ser aprovechados con un enfoque de bioeconomía en República Dominicana son los componentes de la biomasa residual del proceso de beneficiado del café (despulpado, desmuscilaginado) ([BIOPLAT, 2019](#); [INIA, 2019](#)).
- Las condiciones de aprovechamiento de los senderos y las tecnologías seleccionadas son, principalmente, políticas, económicas y ambientales. Las condiciones habilitantes políticas importantes para aprovechar la bioeconomía en República Dominicana son los instrumentos de implementación y las normativas de regulación (que son inexistentes). Las condiciones habilitantes ambientales importantes para aprovechar la bioeconomía en República Dominicana son el estado de la biomasa y el volumen de los residuos, como por ejemplo la broza del café. Las condiciones habilitantes económicas importantes para aprovechar la bioeconomía en República Dominicana son costos y volúmenes de producción, transporte y mercado.

1.3. Concepto de bioeconomía

El concepto de bioeconomía fue planteado inicialmente por Nicholas Georgescu-Roegen (1975), para destacar el origen biológico de los procesos económicos y a partir de ello poner de relieve los problemas que le plantea a la humanidad el depender de una cantidad limitada de recursos utilizables (por ejemplo, disponibilidad de tierra apta para la agricultura) y que se encuentran distribuidos de manera desigual ([Rodríguez et al., 2017](#)).

Las acepciones modernas del concepto han evolucionado desde un enfoque muy centrado en el desarrollo del conocimiento en las ciencias biológicas, en particular la biotecnología (*knowledge-based bio-economy*), hacia un enfoque que rescata la importancia de recuperar la base biológica de la actividad económica (*bio-based economy*), así como la relevancia del conocimiento de los procesos biológicos. Aunque existen varias conceptualizaciones sobre la bioeconomía, de las cuales destacan las citadas por [Aramendis et al. \(2018\)](#) y [Betancur et al. \(2018\)](#) (Tabla 2), lo importante es señalar que el desarrollo conceptual parte de la UE y los países de LAC han adoptado y adaptado estos conceptos ([Pulido-Blanco, 2020](#)).

Tabla 2. Conceptos de bioeconomía.

Autor – enunciador	Concepto
Georgescu-Roegen (1975)	El término [bioeconomía] tiene el propósito de recordarnos continuamente el origen biológico del proceso económico y así destacar el problema de la existencia de la humanidad con una limitada cantidad de recursos accesibles, desigualmente ubicados y apropiados
Unión Europea 2005 (New perspectives in the knowledge-based bio-economy) y 2007 (En Route to the Knowledge-Based Bio-Economy) (European Commission 2005 ; European Commission 2007)	La bioeconomía basada en el conocimiento (KBBE) puede definirse como <i>"la transformación del conocimiento de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos"</i>
OECD 2009 (The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda) (Arundel y Sawaya 2009)	La bioeconomía se refiere al conjunto de actividades económicas relacionadas con la invención, desarrollo, producción y uso de productos y procesos biológicos.
Unión Europea 2012 (Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe) (European Commission, 2012)	La Bioeconomía incluye <i>"producción de recursos biológicos renovables y la conversión de estos recursos y flujos de desechos en productos de valor agregado como alimentos, piensos, productos de base biológica y bioenergía"</i>
Consejo Alemán para la bioeconomía (2017) (Rodríguez et al., 2017)	El consejo <i>"percibe la bioeconomía como la producción basada en el conocimiento y la utilización de recursos, principios y procesos biológicos, para proveer productos y servicios a todos los sectores del comercio y la industria dentro del contexto de un sistema económico adecuado para el futuro"</i>
OCDE, The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda (2009) (Arundel y Sawaya, 2009)	Transformar el conocimiento de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos. La aplicación de la biotecnología a la producción primaria, la salud y la industria podría dar lugar a una bioeconomía emergente contribuyendo a la producción económica
UE, Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe (2012) (European Commission, 2012)	Una economía que utiliza los recursos biológicos de la tierra y del mar, así como los desechos, como insumos para la producción de alimentos y para la producción industrial y energética.
National Bioeconomy Blueprint, UE 2012 (House, 2012)	Una economía basada en el uso de la investigación y la innovación en las ciencias biológicas para crear actividad económica y beneficio público.
(IICA, 2019)	La bioeconomía es la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía

Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Por su parte, para [Betancur et al. \(2018\)](#) el concepto de bioeconomía basada en el conocimiento es una respuesta a los grandes desafíos globales. Sus desarrollos están orientados a la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos por medio de la promoción del comercio, la inversión en productos y servicios, y la reducción de la dependencia de combustibles fósiles y recursos no renovables ([Betancur et al., 2018](#)). En términos generales, uno de los principales componentes de la bioeconomía basada en el conocimiento es la capacidad de los recursos naturales renovables para la producción de biomasa y su posterior transformación en productos útiles ([Betancur et al., 2018](#); [Chavarría, 2018](#); [BIOPLAT, 2019](#)).

El desarrollo del conjunto de la bioeconomía, como suma de las actividades tradicionales y otras nuevas, mejora la eficiencia de la utilización de los recursos, avanzando hacia una economía sostenible y alejada del uso de los recursos no renovables de origen fósil. Se trata de una disciplina transversal, esencial para afrontar con éxito y de manera sostenible los retos globales interconectados como la seguridad alimentaria, la dependencia de los combustibles fósiles, el cambio climático, la carga de morbilidad, la competitividad industrial y las necesidades de agua y energía ([Betancur et al., 2018](#)).

Así, en la actualidad no hay un concepto armonizado para la bioeconomía: es un término en constante evolución. A pesar de ello, la UE, junto con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y otros países interesados, están en el proceso de construcción del concepto, lo que tendrá consecuencias para los sectores que intervienen en la bioeconomía, así como en las estadísticas que se utilizarán para calcular su impacto ([Betancur et al., 2018](#)).

1.3.1. Elementos de la bioeconomía

Los elementos centrales de la bioeconomía son los recursos, procesos y principios biológicos, así como todas las tecnologías —convencionales y modernas— asociadas a su conocimiento, desarrollo, emulación, transformación o regeneración. Más que un sector, la bioeconomía es un enfoque, modelo o paradigma que propone una nueva forma de producir y consumir sustentablemente para responder a los retos medioambientales y económicos (Pulido-Blanco, 2020), que incluyen la totalidad de las actividades agropecuarias, forestales, de pesca y acuicultura, las industrias de alimentos y bebidas y de la pulpa y el papel, así como segmentos de las industrias química, farmacéutica, cosmética, textil, automotriz y energética ([von Braun, 2015](#); [Aramendis et al., 2018](#)) (figura 2).

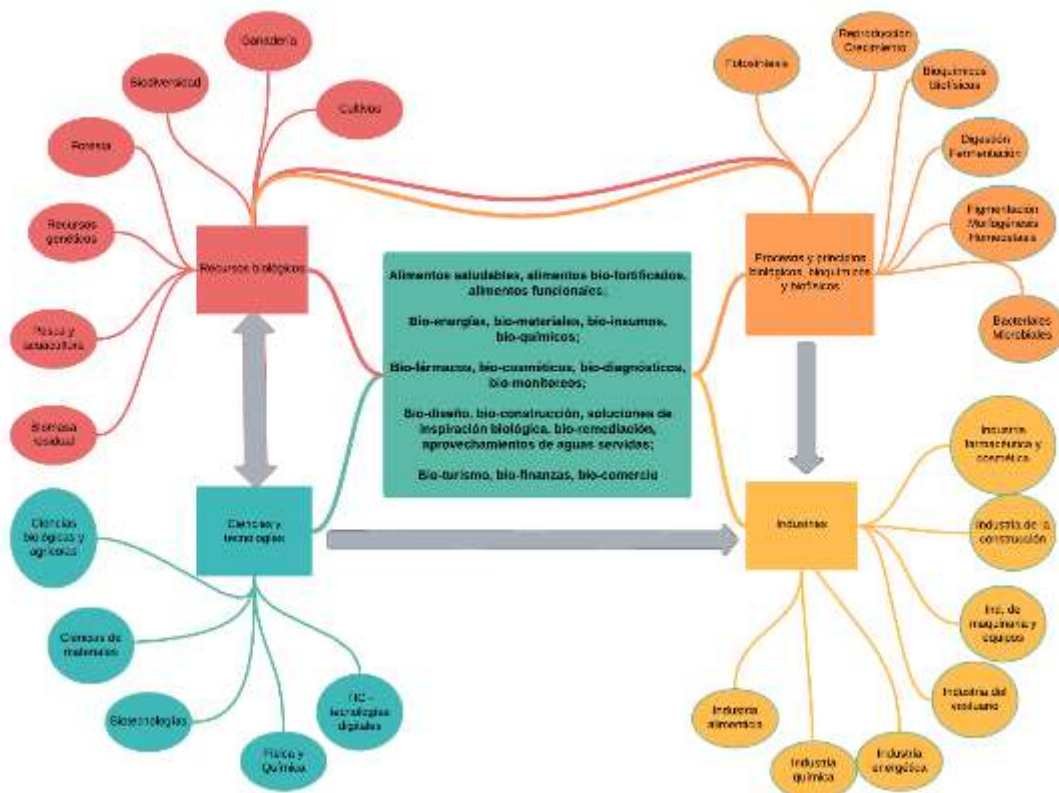


Figura 2. Elementos de la bioeconomía. Fuente: Pulido-Blanco (2020), basado en [Rodríguez et al. \(2017\)](#) y [Aramendis et al. \(2018\)](#).

En este trabajo se tomará como base el marco conceptual adoptado por el IICA, que se fundamenta en los trabajos de Trigo *et al.* (2013), Bisang y Trigo (2017) y Rodríguez *et al.* (2017) ([IICA, 2019](#)). Este marco conceptual plantea un continuum de situaciones productivas posibles, que van desde el mejor aprovechamiento de los recursos renovables o de las capacidades productivas subutilizadas en su potencial hasta las oportunidades emergentes a partir de la aparición de tecnologías disruptivas. Los nuevos usos y oportunidades productivas son posibles gracias a que los nuevos desarrollos de las ciencias biológicas y las ingenierías convergen y se retroalimentan con avances logrados en otros campos, lo que permite aprovecharlos según las particularidades de cada espacio productivo-institucional ([Bisang y Trigo, 2017](#); [Chavarría, 2018](#)). De esta manera, la bioeconomía se constituye en un marco transformador del *statu quo* y en una opción para el desarrollo sostenible ([IICA, 2019](#)).

Para el [IICA \(2019\)](#), en este marco conceptual radican las oportunidades que ofrece la bioeconomía para el diseño de nuevas estrategias de desarrollo económico y social. La bioeconomía no solo busca replantear las relaciones históricas entre diversos sectores tradicionales de la economía, tales como las de competencia entre la agricultura y la industria, sino que también propone nuevas fronteras para el uso de la biomasa en la medicina y la salud humana y animal, así como el desarrollo de cadenas de valor completamente nuevas, que contemplan el agregado de valor y el uso sostenible de los residuos agrícolas mediante la aplicación del enfoque de la economía circular. Se espera que estas nuevas fronteras de uso y aprovechamiento de los recursos, procesos y principios biológicos ofrezcan mayores oportunidades de crecimiento económico, generación de empleo y desarrollo territorial, incluyendo la ampliación de las posibilidades para revitalizar las áreas rurales como espacios más amplios de actividad económica y desarrollo social. Además, la bioeconomía permite reducir emisiones al valorizar residuos y generar sustitutos bio a productos fósiles. Dado este amplísimo panorama, el concepto de bioeconomía formulado por el IICA recoge elementos muy pertinentes para las condiciones de LAC, las cuales son evidentemente diferentes a las encontradas en la UE y América del Norte. Por ello, este concepto es el más adecuado para las pretensiones propuestas en los estudios encaminados en este escrito.

1.3.2. Principios biológicos

Son conceptos que permiten explicar la existencia de los seres vivos; son el equivalente de las Leyes en la física. Entre ellos destacan los principios de la unidad universalidad / unidad funcional (todo organismo actúa como un todo indisoluble, compuesto por células, que están basadas en una bioquímica común, y que se perpetúan mediante un código genético); la evolución (toda forma de vida descende de un antepasado común); la diversidad (los seres vivos difieren en morfología, comportamiento y ciclos vitales), la continuidad (todos los organismos existentes en la Tierra en la actualidad descenden de un ancestro común- i.e. la vida, tal como la conocemos en la actualidad no emerge de la nada), y la interacción (todos los seres vivos interaccionan con otros organismos y con su entorno).

1.3.3. Procesos biológicos

Son aquellos asociados a los seres vivos (i.e. que permiten la vida). Entre ellos se encuentran la reproducción, el crecimiento, la respuesta a estímulos, la digestión, la pigmentación, la fermentación, la adherencia y la comunicación celular, la homeostasis (capacidad de los organismos vivos de mantener una condición interna estable compensando los cambios en su entorno mediante el intercambio regulado de materia y energía con el exterior), y la morfogénesis (el proceso biológico por medio del cual un organismo desarrolla su forma).

1.3.4. Biomimetismo

Un concepto importante para la bioeconomía es el de biomimetismo (Vincent *et al.*, 2006) se refiere a la replicación de procesos biológicos en procesos productivos (e.g. biomanufactura) o en el diseño de sistemas socio-tecnológicos (por ejemplo, control de temperatura, eliminación de desechos, control de tráfico). Janine Benyus ha definido el biomimetismo como innovación sostenible inspirada por la naturaleza (Benyus, 1997). Conceptos similares incluyen los de ecosistema industrial (Frosch y Gallopoulos, 1989), simbiosis industrial (Lombardi y Laybourn, 2012) y economía azul (Pauli, 2010).

1.4. Relación de la bioeconomía con la economía circular y la economía verde

Los conceptos de bioeconomía (BE), economía circular (EC) y economía verde (EV) comparten la meta común de conciliar los objetivos económicos, ambientales y sociales, si bien la forma como se operativizan difiere. Esta meta común de sostenibilidad ha promovido que los tres conceptos sean abordados desde la academia, la formulación de políticas públicas, los proyectos privados o de la sociedad civil interesados en formas de producción más amigables con el medio ambiente. En cuanto al objetivo de sostenibilidad ambiental, autores como [D'Amato et al. \(2017\)](#) hallaron que la GE incluye la BE y la CE en elementos como la ecoeficiencia y las energías renovables, sumando las soluciones basadas en la naturaleza. Al respecto, [D'Amato et al. \(2017\)](#) comentan que la CE y la BE se centran en los recursos, mientras que la GE reconoce el papel fundamental de todos los procesos. Con respecto al objetivo de sostenibilidad social, la GE incluye más los aspectos de nivel local (por ejemplo, ecoturismo, educación), mientras que hay una discusión emergente en la literatura de BE sobre los procesos locales en términos de bioseguridad y políticas rurales ([D'Amato et al., 2017](#)). Por último, los tres conceptos son débiles en cuestionar los límites potenciales del crecimiento económico, y tal vez esta falencia sea la principal dificultad para ampliar su implementación (Figura 3).

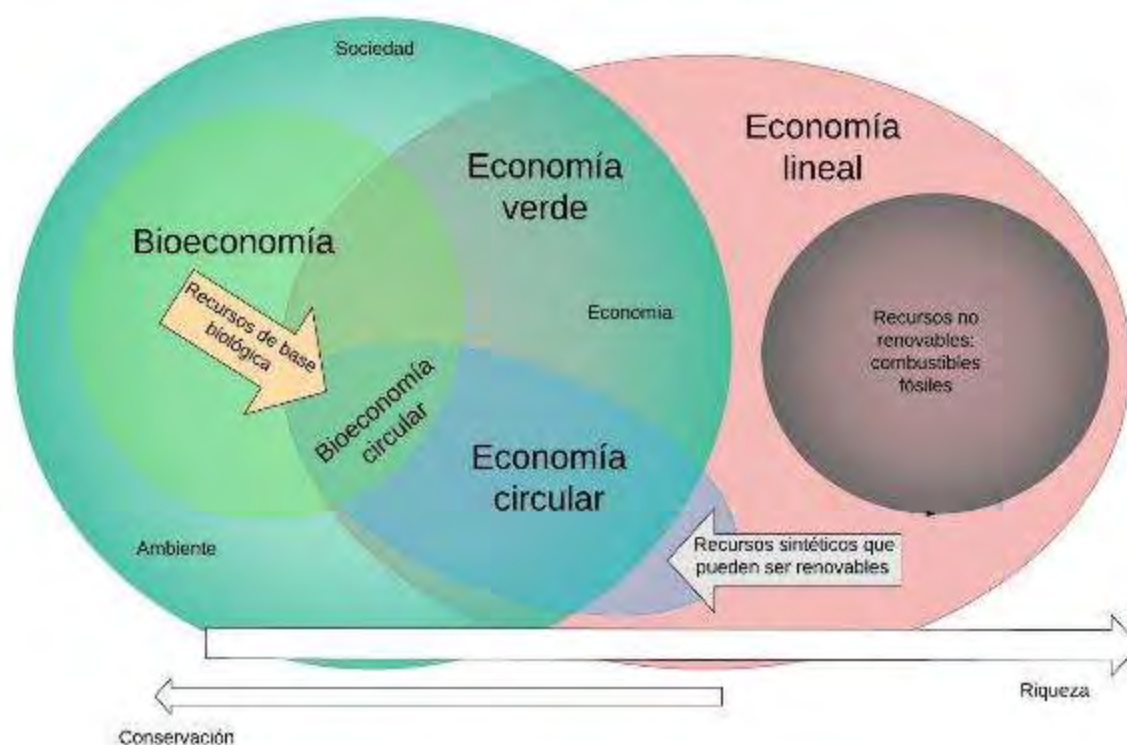


Figura 3. Diagrama de Venn de la relación entre la bioeconomía, la economía circular y la economía verde. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

En el caso particular de la relación entre BE y EC, autores como [Betancur et al. \(2018\)](#) y [Carus \(2017\)](#) afirman que si bien la BE aporta elementos a la CE como la provisión de recursos renovables, la BE es más amplia que la EC. Al respecto, [Carus, 2017](#) comenta que el concepto de BE es mucho más que el flujo de biomasa en sí. Aspectos importantes de la BE, así como aspectos importantes de los otros sectores materiales, están estructuralmente fuera de la EC, que se centra en "mantener el valor de los productos, materiales y recursos en la economía durante el mayor tiempo posible" y en aumentar la ecoeficiencia de procesos. Algunos de esos aspectos son nuevos componentes químicos, nuevas rutas de procesamiento, nuevas funcionalidades y propiedades de los productos. Así, concluye [Carus \(2017\)](#), una EC integral no es posible sin la BE. El enorme lado orgánico y las corrientes de desechos de la agricultura, la silvicultura, la pesca, los alimentos, piensos y los desechos de procesos orgánicos solo pueden integrarse en la EC con una estrategia de BE: necesita nuevos procesos basados en el conocimiento, como biotecnología, algas o insectos, nuevas aplicaciones y nuevos vínculos entre la BE y otros sectores industriales ([Carus, 2017](#)). Ciclos naturales en la bioeconomía, como el ciclo de nutrientes, puede contribuir fuertemente a la EC.

No obstante lo anterior, autores como [Giurca et al. \(2015\)](#) aplican el concepto de BE como una estrategia dentro de la EV, la cual a su vez está estrechamente relacionada con la estrategia de EC. Se entiende que estos abordajes responden al papel que puede desempeñar la BE como articuladora de sectores aparentemente dispares: las industrias, las ONG, los gobiernos y la sociedad.

En cuanto a distribución mundial, la BE, EC y EV hacen parte de las agendas públicas de los gobiernos alrededor del mundo. No obstante, [D'Amato et al. \(2017\)](#) encontraron que la BE y la EC se encuentran distribuidas regionalmente: la BE es la principal referencia de la Comisión Europea para sus planes de desarrollo, así como parte de las agendas de Estados Unidos, principalmente, y Canadá en América del Norte; mientras que la EC protagoniza los esfuerzos por la sustentabilidad de los proyectos en China. Por otra parte, la GE está distribuida mundialmente y, de hecho, es el concepto que goza con mayor popularidad gracias a los esfuerzos que programas como el PNUMA han tenido ([D'Amato et al. 2017](#)). Esta regionalización conlleva tendencias en la implementación, donde los actores locales adoptan o descartan estos conceptos de guía a medida que ganan o pierden impulso, legitiman u obstaculizan sus intereses, y promueven o dificultan sus actividades ([D'Amato et al., 2017](#)).

Una fortaleza única del concepto de bioeconomía es la vinculación de sectores industriales muy diferentes que no han cooperado antes. Esto reúne experiencia científica y tecnológica que permite muchos productos y procesos nuevos para un mundo más sostenible ([Carus, 2017](#)).

De lo anterior se colige que la BE está estrechamente relacionada con la CE: la primera es una estrategia que obliga al uso de los conocimientos biológicos, y de los productos biológicos en sí, para el desarrollo o producción de nuevos materiales o procesos; y que debido al uso de elementos derivados de los mismos procesos plantea un enfoque circular que reduce las entradas y salidas en las cadenas. De hecho, algunos autores han propuesto el término «*bioeconomía circular*» como una manera ecléctica de abordaje: en la UE, los abordajes de circularidad y bioeconomía se han integrado tanto en lo conceptual como en los marcos de políticas. En LAC, Uruguay ejemplifica una estrategia de BE que contiene un enfoque de circularidad. Por lo pronto, estos dos términos están subordinados a la GE en los componentes ambientales y económicos y, por extensión, en los alcances sociales de esta propuesta de modelo económico. Recordemos que la GE hace énfasis en el tema ambiental y social (como se impulsó en la Cumbre de Río) y por ende es más inclusiva que la BE.

1.5. Senderos de la bioeconomía

[Trigo et al. \(2013\)](#), haciendo referencia a la clasificación propuesta por la Comisión Europea en 2012 para incluir la estrategia de bioeconomía en su modelo de desarrollo, listan una serie de formas, maneras o caminos como los países o instituciones de orden supranacional han afrontado el reto de incluir la estrategia de la bioeconomía en sus desarrollos productivos. A esta serie de rutas, seis en total, las denominaron «*senderos*», cada una de las cuales tiene un conjunto de prácticas asociadas para su implementación. Esta información es útil por cuanto permite orientar los trabajos de bioeconomía sobre territorios inexplorados que necesitan ser abordados con base en sus posibilidades de implementación. Esta propuesta de ordenamiento ha sido prolijada por la UE para el desarrollo de sus trabajos en la temática. En la Tabla 3 se presenta una definición así como ejemplos de prácticas de los senderos listados por [Trigo et al. \(2013\)](#), cuya estructura permite caracterizar los posibles aprovechamientos de la bioeconomía en cadenas productivas.

Tabla 3. Senderos de la bioeconomía y sus prácticas asociadas.

Sendero	Definición	Prácticas (ejemplos)/Tipos
Biodiversidad (Utilización de los recursos de la biodiversidad)	Descubrimiento de rasgos funcionales relacionados con usos y sectores específicos. Desarrollo de nuevos productos mediante innovaciones, transformación estratégica, desarrollo de mercados para productos locales, etc.	● Descubrimiento y domesticación de biodiversidad local (genética de especies y ecosistemas). ● Transformación de biodiversidad distintiva en productos de valor (cosechados, transformados). ● Vinculación de productos de biodiversidad distintiva a mercados (amigables con el ambiente, orgánicos o de valor agregado).
Ecointensificación (o intensificación sostenible)	Prácticas agronómicas dirigidas a mejorar el desempeño ambiental de las actividades agrícolas sin sacrificar los niveles existentes de producción/productividad. Equilibrio de beneficios agrícolas, ambientales, económicos y sociales, buscando un uso más eficiente de los recursos energéticos y apuntando a reducir la utilización de combustibles fósiles,	● Prácticas agrícolas sin labranza o de labranza cero, y labranza mínima ● Estrategias de agricultura de precisión. ● Manejo integrado de plagas y nutrientes. ● Gestión sostenible de la tierra. ● Tecnologías limpias para el procesamiento/industrialización (aguas, desechos, etc.). ● Bioinsumos: bioestimulantes, biorreguladores, etc.

	pesticidas y otros contaminantes.	
Bioproductos (y Biorrefinerías)	Uso de biomasa para producir bioenergía y procesos destinados a la sustitución de insumos industriales de combustibles fósiles.	● Biocombustibles (etanol, biodiésel, biogás, colofina, etc.) ● Biomateriales (polímeros, compuestos, elastómeros, resinas, textiles, jabones, cosméticos, etc.).
Biotecnologías (Aplicaciones biotecnológicas)	Productos, herramientas y procesos biotecnológicos, incluido el cultivo de tejidos industriales, la selección asistida por marcadores en cultivos y la cría, las semillas/plantas genéticamente modificadas (GM), los diagnósticos de base molecular, la mejora de la reproducción animal a través de técnicas moleculares, enzimas modificadas, microorganismos y levaduras, etc.	● Ingeniería genética vegetal (producción de nuevas variedades de plantas con mayor rapidez que antes, con características nutricionales mejoradas, tolerancia a condiciones adversas, resistencias a herbicidas específicos, control de plagas). ● Aplicaciones biotecnológicas en salud humana y animal (diagnóstico de enfermedades, vacunas, terapia genética, identidad molecular, etc.). ● Biotecnología ambiental (biorremediación, manejo de residuos, biolixiviación, diagnóstico y detección de sustancias, etc.). ● Alimentos funcionales (nutracéuticos, suplementos alimentarios, alimentos diseñados, farmalimentos, alimentos enriquecidos, medicalimentos, vitaminalimentos, etc.).
Cadenas de valor (Incremento de la eficiencia de las cadenas de valor)	Aumento en la cantidad y/o valor de la producción o en los mercados como resultado del aprovechamiento de la biomasa residual y del desarrollo de vínculos de mercado para productos innovadores de base biológica.	● Prácticas para reducir las pérdidas de poscosecha (comercio para alimentos cercanos a perecer, venta de productos imperfectos). ● Aprovechamiento de residuos y desperdicios (energía para autoconsumo, venta de subproductos, materia prima para otras cadenas productivas, etc.). ● Circuitos cortos/nichos, encadenamientos con mercados sostenibles/nostálgicos/justos/orgánicos, etc.
Servicios ecosistémicos	Beneficios que los seres humanos obtienen de los ecosistemas sean económicos o culturales.	● Servicios de apoyo (ciclo de los nutrientes, polinización, simbiosis, mantenimiento de diversidad genética, pago por servicios ambientales, etc.).

-
- Servicios de aprovisionamiento (materia prima para construcción, productos químicos, biológicos, recursos genéticos, biofármacos para humanos y animales, etc.).
 - Servicios de regulación (climática, de enfermedades, hídrica, purificación del agua, créditos de carbono, tratamiento de aguas residuales, etc.).
 - Servicios culturales (espirituales y religiosos, recreación, diversión, ecoturismo, estética, inspiración, educación, ubicación, herencia cultural, ecoturismo, paisajismo, etc.).
-

Fuente: [Trigo et al. \(2013\)](#); [Chavarría \(2018\)](#).

Es importante señalar que este agrupamiento no es estricto, y algunas prácticas, desarrollos o aprovechamientos se pueden clasificar en dos o más senderos. Por ejemplo, en la metodología IICA (2019), en su «*etapa 4: análisis del potencial de negocios de bioeconomía*», de la «*Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía*» se subdivide el sendero de Servicios Ecosistémicos en «*servicios culturales*» y «*servicios ambientales, regulación y apoyo*», con base en las dimensiones que ocupa cada nuevo sendero: uno basado en los beneficios sobre las pautas de conducta de un grupo social, y otro sobre los beneficios que se perciben desde la naturaleza *per se*. No obstante, esta propuesta no fue tomada en cuenta en este estudio por cuanto en los negocios de la bioeconomía de café se pueden articular ambos sub-senderos: por ejemplo, en el ecoturismo en fincas cafetaleras.

Otras propuestas de clasificación de los senderos enunciadas por [Dietz et al. \(2018\)](#) y [Priefer et al. \(2017\)](#). [Dietz et al. \(2018\)](#) analizaron 41 estados en todo el mundo que actualmente persiguen estrategias políticas explícitas para expandir y promover sus bioeconomías. A través de cuatro senderos de transformación de base biológica estos autores revisaron sistemáticamente cómo eran acogidos por cada país, y las razones tras de ello. Los senderos propuestos fueron:

1. Sustitución de combustibles fósiles con materias primas de base biológica.
2. Aumento de la productividad en sectores primarios de base biológica.
3. Aumento en la eficiencia de utilización de la biomasa.
4. Creación y adición de valor mediante la aplicación de principios y procesos biológicos separados de la producción de biomasa a gran escala.

Los autores hallaron que los estados están dispuestos a apoyar sus bioeconomías a través de medios políticos integrales: los países de todo el mundo han aceptado el primer gran

desafío de gobernanza de permitir la transformación de base biológica. Sin embargo, el segundo desafío de desplegar medios políticos para abordar los riesgos potenciales y los conflictos de objetivos de la transformación de base biológica no parece abordarse a cabalidad. Solo una minoría de estados mencionan las implicaciones potencialmente negativas de la transformación de base biológica para el desarrollo sostenible. Aquellos estados que persiguen estrategias integrales dependen en gran medida de medios políticos blandos de mitigación de riesgos y gestión de conflictos.

Por su parte, [Priefer et al. \(2017\)](#), al evaluar las posiciones contrastantes tomadas sobre los temas clave: supuesto de sustentabilidad, rol futuro de la seguridad alimentaria, disponibilidad de biomasa producida de forma sostenible, rutas para aumentar los rendimientos agrícolas, perspectiva sobre la naturaleza, visión de una bioeconomía global contra una regional y el papel de los cambios de comportamiento, encontraron que surgen dos caminos o senderos diferentes para dar forma a la bioeconomía:

1. Un enfoque basado en la tecnología, que es el que prevalece actualmente.
2. Un enfoque socio ecológico.

El enfoque basado en la tecnología se apoya en los avances en las ciencias de la vida y el apoyo de la biotecnología como tecnología habilitadora en varios sectores. Una asociación sólida entre las políticas, la ciencia y la industria, la promoción de la cooperación internacional, el establecimiento de cadenas de valor mundiales y la concesión de patentes deberían mejorar la competitividad internacional y contribuir al crecimiento económico y el empleo. En el enfoque socio ecológico para dar forma a la bioeconomía, las preocupaciones de sostenibilidad tienen alta prioridad. Esto implica un cambio radical lejos de la agricultura intensiva convencional y una transición a una agricultura específica del sitio, en la que los conocimientos de la investigación científica y el conocimiento tácito de los agricultores locales juegan un papel igualmente importante.

Los autores concluyen que la crítica al concepto prevalente se refiere principalmente al fuerte enfoque en la tecnología, la falta de consideración dada a las vías alternativas de implementación, la diferenciación insuficiente de los requisitos de sostenibilidad subyacentes y la participación inadecuada de las partes interesadas de la sociedad. Dado que hoy no se puede predecir qué sendero será el más conveniente, el tomado o el propuesto, este documento sugiere seguir una estrategia de diversidad con respecto a los enfoques para dar forma a la bioeconomía, la financiación de temas de investigación y participación de las partes interesadas.

Ambas propuestas, de dos y cuatro senderos, no fueron seguidas en este estudio porque no han sido tenidas en cuenta en las estrategias nacionales y supranacionales de bioeconomía, como si es el caso de los seis senderos de Trigo et al (2013), en la UE y Colombia, siendo la pauta de varios escritos sobre el tema ([European Commission, 2012](#); [Henry et al., 2017](#); [Betancur et al., 2018](#)).

1.6. Cadenas de valor

Como herramienta de gestión creada por Michael Porter, la cadena valor permite realizar un análisis interno de una empresa (u organización), a través de su desagregación en sus principales actividades generadoras de valor ([Porter, 2004](#)). Así, considera las principales actividades de una empresa como los eslabones de una cadena de actividades (las cuales forman un proceso básicamente compuesto por el diseño, producción, promoción, venta y distribución del producto), las cuales van añadiendo valor al producto a medida que éste pasa por cada una de éstas ([Porter, 2004](#)). Por lo anterior, la cadena de valor despliega el valor total de un producto de una empresa ([Quintero y Sánchez, 2006](#))

1.6.1. Componentes

Las cadenas de valor consisten en las actividades de valor y del margen ([Porter, 2004](#)).

Margen: Es la diferencia entre el valor total y el costo colectivo de desempeñar las actividades de valor ([Porter, 2004](#); [Quintero y Sánchez, 2006](#)).

Actividades de Valor: Son las distintas actividades que realiza una empresa. Se dividen en dos amplios tipos:

Actividades Primarias: Son las implicadas en la creación física del producto, su venta y transferencia al comprador, así como la asistencia posterior a la venta. Se dividen a su vez en cinco categorías genéricas: logística interna, operaciones, logística externa, marketing y ventas, y servicios post ventas ([Porter, 2004](#); [Quintero y Sánchez, 2006](#)).

Actividades de Apoyo: Sustentan a las actividades primarias y se apoyan entre sí, proporcionando insumos comprados, tecnología, recursos humanos y varias funciones de toda la empresa. Abastecimiento –compras-, la tecnología y la gestión de recursos humanos pueden asociarse con actividades primarias específicas, así como el apoyo a la cadena completa. La infraestructura no está asociada a ninguna

de las actividades primarias, sino que apoya a la cadena completa ([Porter, 2004](#); [Quintero y Sánchez 2006](#)).

1.6.2. Conceptos claves

Los conceptos técnicos más usados en el desarrollo de acciones con enfoque de cadenas de valor son los siguientes ([Escobedo, 2012](#); [Lundy et al., 2014](#); [Gutiérrez Vizcaino et al., 2018](#)):

Eslabón: es el conjunto de actividades o funciones interdependientes por los que pasa un producto y que reflejan los intercambios y principales transformaciones. Los eslabones más comunes en la cadena de valor son insumo, producción, acopio, transformación primaria, transformación secundaria, comercialización y consumidor final ([Escobedo, 2012](#); [Lundy et al., 2014](#); [Gutiérrez Vizcaino et al., 2018](#)).

Mapeo de cadena: es una representación gráfica de la estructura y composición de una cadena determinada. En el mapeo se muestran los eslabones, actores (directos e indirectos), tipo de relaciones contractuales, oportunidades y limitaciones. Además, dependiendo del objetivo del análisis de la cadena, en el mapa se presenta información clave (cuantitativa) para el análisis ([Escobedo, 2012](#); [Lundy et al., 2014](#); [Gutiérrez Vizcaino et al., 2018](#)).

Puntos críticos o cuellos de botella: son las limitaciones por vencer para cumplir competitivamente las funciones o actividades dentro de un eslabón. La suma de cuellos de botella refleja la limitación de la cadena para que esta sea competitiva. Algunos ejemplos de cuellos de botella son la baja productividad, incumplimiento de calidad en la transformación, falta de financiamiento, falta de asistencia técnica ([Escobedo 2012](#); [Lundy et al., 2014](#); [Gutiérrez Vizcaino et al., 2018](#)).

Actores directos: son quienes están vinculados directa y completamente con el desarrollo de las actividades o funciones dentro de los eslabones de la cadena. Los actores pueden ser personas independientes, empresas privadas, empresas rurales asociativas u organizaciones de segundo nivel y denominados como gremios ([Escobedo, 2012](#); [Lundy et al., 2014](#); [Gutiérrez Vizcaino et al., 2018](#)).

Actores indirectos: son aquellos actores que brindan servicios de apoyo o fortalecimiento de las actividades o funciones en la cadena de valor. Por lo general, estos actores no se vinculan sólo con la cadena que apoya, sino que ofrece un

servicio demandado por otras cadenas. Algunos ejemplos son los transportistas, certificadoras, servicios contables, aduanas ([Escobedo, 2012](#); [Lundy et al., 2014](#); [Gutiérrez Vizcaino et al., 2018](#)).

1.6.3. Enfoque de cadenas de valor

Las cadenas productivas o cadenas de producción existen en todas partes, pero no siempre bajo un enfoque de cadena de valor. Este último constituye un marco de análisis integral (desde la provisión de insumos hasta la comercialización) orientado a mejorar la competitividad y equidad en las cadenas productivas. Analiza el contexto, los actores (el rol que juegan y sus relaciones), los puntos críticos, así como las principales barreras de participación, acceso a servicios de apoyo y recursos por parte de personas en riesgo de exclusión. A partir de ahí, se diseña una estrategia o plan de acción con el que se busca añadir un valor económico y social sostenible para las personas más pobres que forman parte de la cadena y lograr un impacto más sostenible ([Cifuentes et al., 2011](#)).

Según [Cifuentes et al. \(2011\)](#), este enfoque conlleva diferentes elementos, tales como:

- Altos niveles de confianza, voluntad y compromiso de todos los actores.
- Cooperación y visión conjunta de la cadena por parte de los actores para alcanzar metas y objetivos comunes, en un contexto de seguridad a la hora de negociar.
- Flujos de información entre todos los actores, que aseguren transparencia y buena comunicación.
- Organización de productores.
- Relación formal entre actores y existencia de acuerdos entre ellos (correspondientes a las relaciones horizontales y verticales respectivamente).
- Enfoque de mercado y orientación de la cadena a una demanda de mercado (y no de la oferta).
- Articulación más formal y contractual con el mercado, cumpliendo sus estándares de calidad, agregación de valor e innovación.
- Servicios especializados de apoyo (incluido el acceso a financiación) para todos los actores.
- Sostenibilidad social y ambiental.

Las cadenas productivas suelen tener una visión poco clara y bastante general del mercado al que se vinculan. Así es frecuente que los actores de una cadena productiva puedan hacer referencia a comportamientos globales del mercado en el que operan pero que no tienen por qué afectar directamente a su producto. Por ejemplo, una cadena productiva de café orgánico puede tener conocimiento de que la demanda nacional de café es creciente pero no conocer en detalle los tipos de café demandados o las características del cliente que lo

consume, ni la demanda concreta de café de cultivo orgánico. Esta información genérica no aporta datos relevantes que delimiten con claridad la demanda, ni el tamaño real del mercado. En cambio, en la producción bajo un enfoque de cadena de valor los actores manejan información concreta sobre el mercado del producto específico sobre el que trabajan, y han identificado a clientes finales que demandan unos productos concretos. Con el final de la cadena especificado, se articula la cadena de valor para, entre todos los actores, responder a las especificaciones de los clientes. En el momento en que las oportunidades comerciales son reales, hay un mayor incentivo para trabajar unidos en la cadena, mejorar la competitividad y desarrollar acciones coordinadas para asegurar calidad, mercado y sostenibilidad ([Cifuentes et al., 2011](#)).

En cuanto a la calidad, esta debe involucrar también los principios y criterios de sostenibilidad como elementos diferenciadores y de competitividad de la oferta de los productos. Sin duda, la identificación de nichos de mercado que reconozcan criterios de sostenibilidad ambiental y social es uno de los factores más importantes para el desarrollo de cadenas de valor ([Cifuentes et al., 2011](#)).

Por otro lado, una cadena de valor es más competitiva cuando sus diferentes actores han desarrollado relaciones eficientes y equitativas entre ellos. Esto significa que los diferentes actores se han organizado, coordinan y comparten información; tienen intereses diferentes, pero comparten una visión común del desarrollo de la cadena (trabajan hacia un `norte común`); producen en función de una demanda de mercado; se diferencian por elaborar productos de calidad e innovadores; aprovechan oportunidades de mercado y; son eficientes en costes. El enfoque de cadena de valor es un campo adecuado para cultivar todos estos retos, que no siempre se cumplen en una cadena productiva ([Cifuentes et al., 2011](#)).

En definitiva, el enfoque de cadena de valor trata de incorporar una mejora sistémica y sostenible al funcionamiento de una cadena productiva, de tal manera que no haya dependencia de agentes externos, y se deje capacidad instalada en los diferentes actores para que puedan asumir por sí solos los cambios del mercado. Está ligado a una visión de desarrollo sostenible, teniendo en cuenta la promoción de los Derechos Humanos, el cuidado del medio ambiente y la integración de colectivos excluidos ([Cifuentes et al., 2011](#)).

1.6.4. Diferencias entre cadena de valor y cadenas productivas

Según [Gutiérrez Vizcaino et al. \(2018\)](#), «la cadena productiva es el modelo de negocios que se basa en la oferta de productos tradicionales (sin tomar en consideración al consumidor final); se concentra en el volumen y el precio (menor precio posible), con actores independientes y con poca o nula interrelación. Cada actor se preocupa por su beneficio y competitividad individual y sólo se crean relaciones de corto plazo con otros actores. En cambio, el enfoque de cadenas de valor busca entender, en un primer momento, las necesidades del consumidor responsable (segmento de mercado) para ofrecerle productos diferenciados; asimismo, los actores son interdependientes y generan relaciones de cooperación para crear una competitividad sistémica a lo largo de la cadena...» (Tabla 4).

Tabla 4. Principales características y diferencias entre la cadena productiva y la cadena de valor.

Característica	Cadena productiva	Cadena de valor
Orientación	Liderado por la oferta	Liderado por el mercado (oferta demanda)
Enfoque principal	Volumen/precio (ingreso)	Valor/calidad (diferenciación)
Estructura organizacional formal	Actores independientes	Actores interdependientes
Tipo de relaciones	Bajo o nulo nivel de cooperación (competencia)	Nivel medio a alto de cooperación (alianzas)
Comportamiento de los actores	No hay compromiso ni colaboración	Compromiso y colaboración
Flujo de información	Ninguna o poco útil	Pertinente, útil, disponible
Filosofía	Competitividad individual	Competitividad de la cadena (grupal)
Visión	Corto plazo	Largo plazo (sostenible)

Fuente: [Gutiérrez Vizcaino et al. \(2018\)](#), a partir de los trabajos de [Hoobs et al. \(2000\)](#) y [Kaplinsky y Morris 2000](#)).

1.7. Café en República Dominicana

Uno de los principales cultivos del sector agrícola en República Dominicana es el café. El país ocupa el vigésimo séptimo puesto mundial en producción de café, con 24,000 toneladas métricas producidas durante el periodo 2017-2018 ([ICO, 2019](#)), lo que representa cerca del 0.3 % de la producción mundial ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)). Dicha producción proviene principalmente de pequeños minifundios menores a tres hectáreas en el 70 % de las unidades agrarias del país ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)). A nivel de cadena agrícola, el café se encuentra concentrado en 18 comercializadores, con un monopsonio que ocupa el 90 %

de las compras del grano, destinadas principalmente a consumo interno ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#))

1.7.1. Zonas de cultivo de café en la República Dominicana

El café de la República Dominicana se produce en las ocho regiones agropecuarias del país, principalmente en las regiones Norte, Central, Norcentral y Sur. Las regiones productoras más importantes se ubican en las principales zonas montañosas de las cordilleras Septentrional, Central, la Sierra de Neyba y la Sierra de Bahoruco ([Jiménez *et al.*, 2008](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)) (Figura 4). La zona cafetalera más extensa está ubicada en las regiones Central y Sur, al sur de la Cordillera Central y la Sierra de Neyba. La misma, con una superficie cultivada de 51,635 ha, representa el 44 % de la superficie cultivada total y concentra el 37 % de las fincas cafetaleras en comunidades de las provincias San Cristóbal, Peravia, Ocoa, Azua, San Juan de la Maguana y Elías Piña ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)).

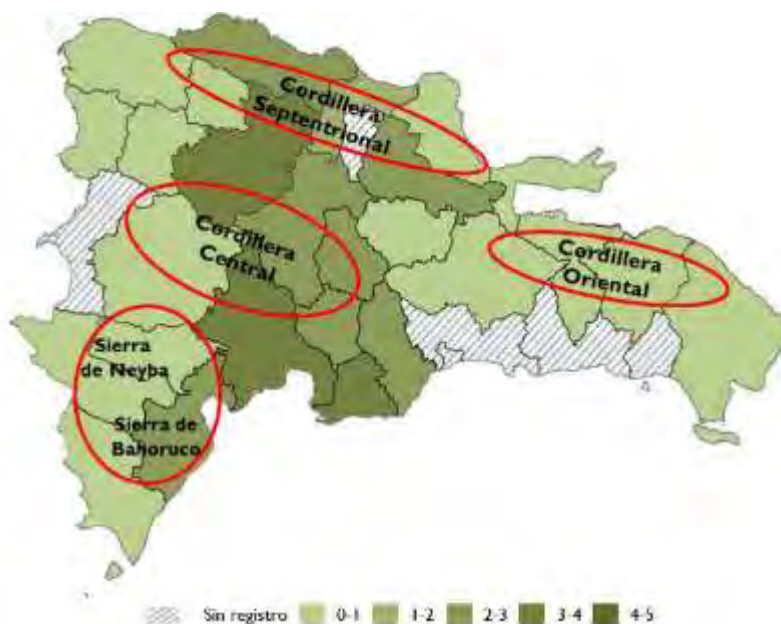


Figura 4. Zonas cafetaleras y producción de café en cientos de miles de sacos de 60 Kg por provincia, promedio anual de 1990 a 2015. Fuente: [CEPAL e INDOCAFE \(2018\)](#).

La zona cafetalera de la región Norte, ubicada en la Cordillera Septentrional y en la parte noroeste de la Cordillera Central ocupa una superficie cultivada de 28,358 ha y representa el 24 % de la superficie cultivada total, agrupando al 25 % de las fincas cafetaleras a nivel nacional (alrededor de 11,000 fincas). La región Norcentral, ubicada en la parte norte de la Cordillera Central, con una superficie de 15,447 ha, representa 13 % de la superficie

cultivada de café y agrupa al 14 % de las fincas cafetaleras, principalmente en las provincias Monseñor Nouel, La Vega y Hermanas Mirabal.

La región Suroeste, ubicada en la Sierra de Bahoruco y en el sur de la Sierra de Neyba, tiene una superficie de 10,585 ha, representa el 9 % de la superficie cultivada y agrupa al 9 % de las fincas cafetaleras (alrededor de 4,000 fincas). La zona cafetalera formada por las regiones agropecuarias noroeste, nordeste y este, que no tienen un peso muy importante en la producción de café, representa el 10 % del total de la superficie cultivada de café, con alrededor de 12,426 ha, donde se ubica el 14 % de las fincas. En general, esta zona no es muy apta para el cultivo ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)) .

El café es prioritario para el país debido a su aporte social y económico ([Escarraman, 2019](#)). Al presente hay varias iniciativas de renovación de cafetales con siembra que se están llevando a cabo en zonas productoras que han sido fuertemente afectadas por la roya, mientras que hay otras zonas en las cuales se han mantenido el cultivo del café ([Escarraman, 2019](#)). Actualmente las zonas que más producen café en República Dominicana son Juncalito, Rancho Arriba y Barahaona ([Escarraman, 2019](#)). La primera en la región norte, la segunda en la región central y la tercera en el Sur.

1.7.2. Contexto social de la producción de café en la República Dominicana

La producción de café contribuye de manera directa e indirecta a la economía del país y de las comunidades productoras. De esta actividad dependen alrededor de 28,224 familias, alrededor de 50,000 empleos directos permanentes y más de 70,000 empleos temporales. La cadena en su conjunto involucra a más de 500,000 personas ([IDIAF, 2013](#); [CODOCAFE, 2017](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)). El café es la fuente principal de ingresos para el 67 % de los miembros de hogares caficultores. El porcentaje disminuye a 48 % cuando el jefe del hogar no es caficultor ([Susaña, 2012](#)).

Existen factores sociales que tienen impactos sobre la producción cafetalera, algunos negativos como la migración de la población rural, el envejecimiento de los productores, el deficitario acceso a servicios sociales y educativos; y otros positivos como la mano de obra inmigrante haitiana, que es cuantitativamente mayor a la mano de obra dominicana y, dicho sea de paso, menor remunerada ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)).

Un análisis realizado por [Susaña \(2012\)](#) sugiere que el nivel de pobreza de los hogares cafetaleros de la República Dominicana pareciera no estar asociado a la producción de café. Los resultados de este análisis concluyen que los hogares cafetaleros pobres (67 %) son menos pobres que los hogares no cafetaleros de las mismas zonas (73 %). No obstante, este estudio sugiere que la pobreza de los productores está relacionada con la superficie

reducida del 90 % de los predios, cuya escala no permite obtener el ingreso mínimo para superar el umbral de pobreza. [Susaña \(2012\)](#) estima que el 74 % de los hogares que poseen menos de tres hectáreas son pobres, mientras que el 81 % de los hogares que poseen más de 12 hectáreas no lo son ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)).

Por su parte [Galtier et al. \(2008\)](#) mencionan que la baja rentabilidad del café está directamente relacionada con los bajos precios del producto en los mercados locales e internacionales, que provocan el abandono de los cafetales, la búsqueda de fuentes alternativas de ingreso y el aumento de la migración hacia los centros urbanos del país y el extranjero. El nivel de diversificación de los hogares cafetaleros pobres alcanza el 35 %, es decir, por cada diez tareas de la finca hay 6.5 tareas de café y 3.5 tareas dedicadas a otros productos como guineo (banano), cacao y aguacate ([CEPAL e INDOCAFE 2018](#)).

1.8. Metodología

1.8.1. Ubicación de la zona de estudio

La República Dominicana está situada entre los paralelos 17° 36' y 19° 58' latitud norte y 68° 17' y los 72° 00' longitud oeste, al borde de la zona tropical norte. Su territorio tiene una extensión de 48,670,82 km², de los que 1,575 km² corresponden a la costa con 526 km² en la costa norte, 374 km² en la costa este y 675 km² en la costa sur. El país está limitado al sur y al este por el Mar Caribe, al norte por el Océano Atlántico y al occidente con Haití ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)).

El café de la República Dominicana se produce en las ocho regiones agropecuarias del país, principalmente en las regiones Norte, Central, Norcentral y Sur. Las regiones productoras más importantes se ubican en las principales zonas montañosas de las cordilleras Septentrional, Central, la Sierra de Neyba y la Sierra de Bahoruco (Jiménez *et al.*, 2008; CEPAL y INDOCAFE 2018) (Figura 4).

1.8.2. Identificación del potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana

Identificar las materias primas, métodos, tecnologías, productos y condiciones para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía reportados en la cadena de café a nivel mundial

Se realizaron búsquedas de aprovechamientos de la bioeconomía en café en motores, bases de datos y metabuscadores científicos especializados (Scopus, Sciencedirect, CABDirect, etcétera), catálogos y tesauros de bibliotecas con acceso libre (v.g.: Orton, -CATIE-, BAC – AGROSAVIA-), bajo las palabras claves listadas en la Tabla 5, variable producto final, conforme a la metodología propuesta por [Peinado et al. \(2007\)](#). Con los documentos hallados se realizó una base de datos con los parámetros explicados en la Tabla 5. Se realizó estadística descriptiva (v.g.: sumatoria, frecuencias), medidas de tendencia central (media, mediana, moda), y análisis de agrupamientos con los resultados obtenidos (v.g.: conglomerados). Se seleccionaron aquellos senderos que tuvieron presencia en el país insular, con antecedentes de conformación de modelos productivos o con menciones de desarrollos promisorios, que no se vieron restringidos por la complejidad de su implementación o elevados costos asociados reportados, sin menoscabo de la ubicación geográfica de los casos estudiados.

Tabla 5. Ficha IICA para aprovechamientos de la bioeconomía en café y sus condiciones habilitantes.

Variable	Descripción		
Título	Es el nombre dado a la tecnología o proceso descrito, el cual se debe describir de forma comprensiva (ejemplo: [proceso] para [producto])		
Breve resumen de qué se trata	Es el texto descriptivo de la experiencia, muy breve. Máximo 300 caracteres (con espacios) o unas 50 palabras		
Resumen de tecnología / proceso	Es el texto que describe la tecnología o proceso de forma resumida. No debe contener la "receta completa" (para eso está el link), pero sí debe permitir comprender bien de qué se trata. Se debe incluir mención a requerimientos de equipo, de volúmenes mínimos, conocimiento especializado, etc. que se considere relevante. Máximo=200 palabras		
Tipo de proceso	<i>Físicos</i> Destilación Centrifugación Molienda Tamizaje Separación Filtración Decantación Evaporación Condensación Aireación Disolución Secado Pelletizado	<i>Biológicos</i> Fermentación Ensilaje Ingeniería Genética Digestión Compostaje Biorefinería Bioprocesos Inoculación	<i>Químicos</i> Oxidación Hidrólisis Combustión Pirolisis Gasificación Acidificación Catálisis
Materia prima	Es la materia prima específica del café o su proceso, de la que parte la tecnología		
Producto Final	Alcohol Alimento animal		

		Bactericida Biodiésel Bioetanol Biofermento Biofertilizante Biofungicida Biogás Biopelículas Bioplaguicida Bioplásticos Biopolímeros Bioremediador Carbohidratos Carbón activado Colorantes naturales Compost Ecoturismo Efluente purificado Energía eléctrica Energía térmica Ensilaje Films biodegradables Fosfolípidos Ingredientes para alimentos enriquecidos Lípidos Microcelulosa Nutracéuticos Pellets Proteína Reducción emisiones CO2
Problema oportunidad que responde	u al	Es una breve descripción del problema que resuelve esta tecnología o de la oportunidad que permite aprovechar. Máximo 30 palabras
Maduración		Es el nivel de avance de la tecnología: escala industrial, mercado, en trámites para mercado (v.g.: licenciamiento), piloto, prototipo o adaptación; investigación.
Condicionantes de escala / aplicabilidad		Se debe indicar si la aplicación de esta tecnología requiere volúmenes mínimos o equipo indispensable para poder implementarla. Máximo 20 palabras
Condicionante ambiental		Se debe indicar si existen condiciones ambientales específicas para poder aprovechar la tecnología. Máximo 20 palabras
Link		Es el enlace(s) a la(s) fuente(s) de información relevante(s)
País o región		Es la ubicación geográfica donde se implementó la tecnología o proceso
Sector		Centro(s) de investigación Organización de productores Sector académico Sector privado

Sector público	
Año	Se refiere al año de la referencia de la cual se tomó la información. Básicamente sirve para poder actualizar en un futuro, quitando los casos de más de 5 años de edad que no están en uso

Fuente: Chavarría/10/febrero/2019. Comunicación personal verbal, Turrialba, Costa Rica, CATIE².

La búsqueda incluyó los equivalentes en inglés de las palabras listadas y sus combinaciones. Se restringió la búsqueda a artículos científicos de revistas indexadas, informes de centros de investigación, organizaciones de productores, asociaciones o entes territoriales de café; libros, capítulos de libros, patentes, del año 2010 en adelante. Se excluyeron reportes de «literatura gris», tesis y notas de prensa.

Caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para aprovechar la bioeconomía

Se desarrolló un estudio en dos fases: 1. descriptivo basado principalmente en la revisión de información secundaria sobre el diagnóstico de la cadena. 2. Deductivo a partir del análisis de la cadena de café en el territorio Norcentral de la República Dominicana. Con el fin de llenar vacíos de información se hicieron entrevistas a actores clave. Las fases desarrolladas en este objetivo se presentan en la Figura 5.

² H. Chavarría, comunicación personal, 10 de febrero de 2019. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

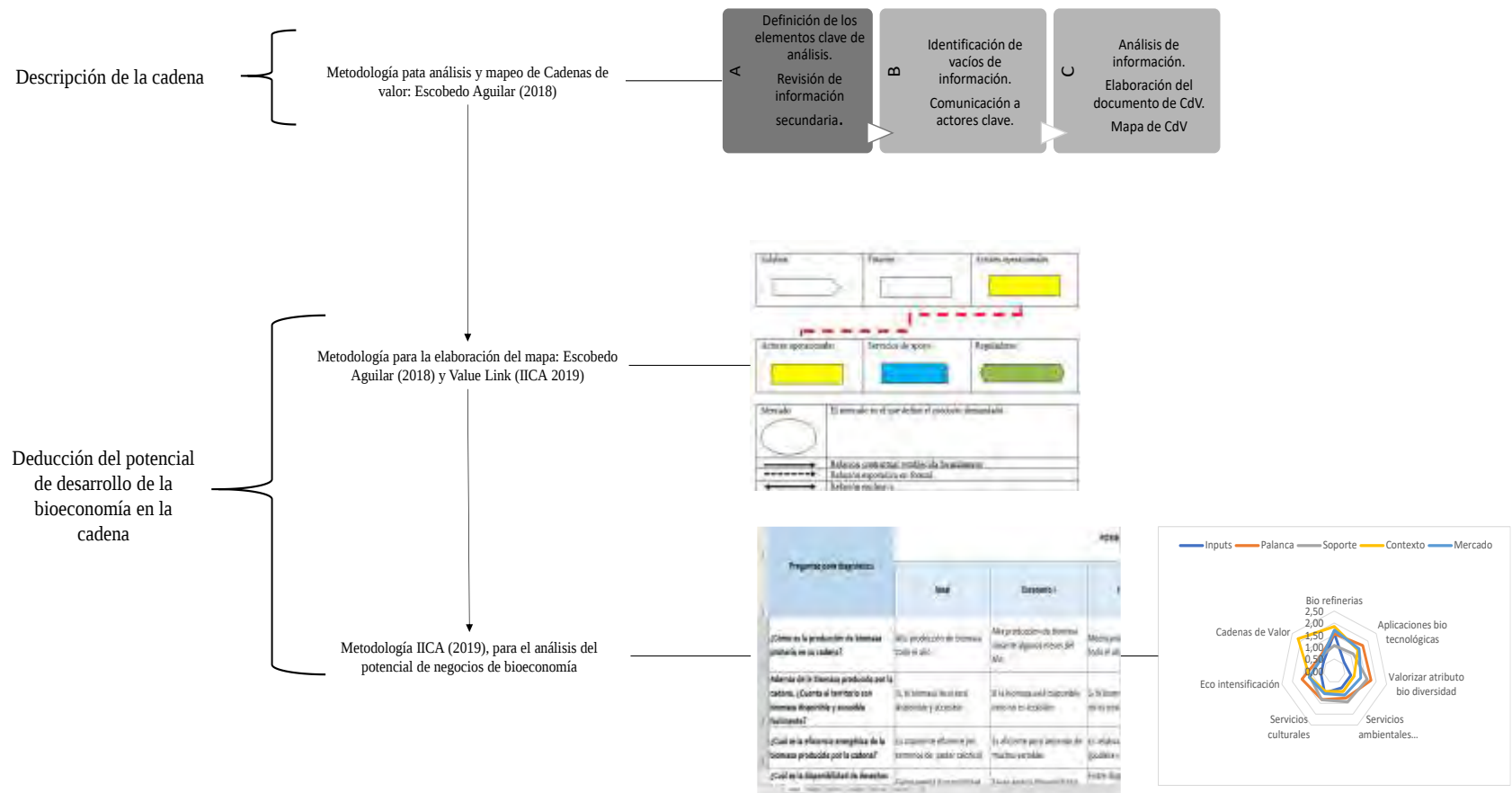


Figura 5. Fases propuestas para el desarrollo metodológico del estudio de cadena del café en República Dominicana. Fuente: [Escobedo Aguilar \(2018\)](#) e [IICA \(2019\)](#).

Fase descriptiva: se hizo una identificación de elementos clave que permitieron describir la condición actual de la cadena de café; estos se plantearon para cada eslabón de la cadena e involucraron aspectos como: actores directos e indirectos, precio, volumen, calidad. Posteriormente, se realizó un análisis de la información secundaria, de fuentes actualizadas y confiables de estudios publicados, así como de documentos de «*literatura gris*» de socios clave. Se identificaron los vacíos de información y se complementaron con comunicaciones a personas referentes que pertenecen a entidades concernientes del sector (v.g.: PROCAJICA; INDOCAFÉ; IDIAF) (Tabla 6).

Tabla 6. Ejemplo de preguntas orientadoras para determinar elementos clave del mapeo de cadena.

Eslabón	Insumo	Producción	Beneficiado húmedo	Beneficiado seco	Acopio	Mercado
¿Elemento clave?	¿Variedad? ¿Volumen? ¿Edad? ¿Suelo?	¿Rendimiento? ¿Área? ¿Poda? ¿Subproducto?	¿Despulpado? ¿Desmucilaginado?	¿Humedad? ¿Temperatura?	¿Transporte? ¿Descomposición? ¿Fermentación? ?	¿Nichos? ¿Nueva cadena?

Fuente: Escobedo/22/marzo/2019. Comunicación personal verbal, Turrialba, Costa Rica, CATIE³.

Para el análisis de la información (secundaria y primaria), se siguieron las metodologías desarrolladas y validadas por la Unidad de Desarrollo de Agronegocios del CATIE, siendo el mapeo de la cadena el eje conductor del análisis. Se usó la metodología de [Escobedo Aguilar \(2018\)](#).

Fase deductiva: comprendió la generación del mapa de la cadena de café en República Dominicana con énfasis en los recursos para aprovechar la bioeconomía y el análisis de potencial de negocios de bioeconomía. Para la generación del mapa se tuvo en cuenta los resultados de la fase descriptiva, y se siguieron las metodologías sugeridas por [Escobedo Aguilar \(2018\)](#) e [IICA \(2019\)](#), bajo la herramienta *Value Link*, mapeo general (Figura 6).

³ A. Escobedo, comunicación personal, 22 de marzo 2019. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

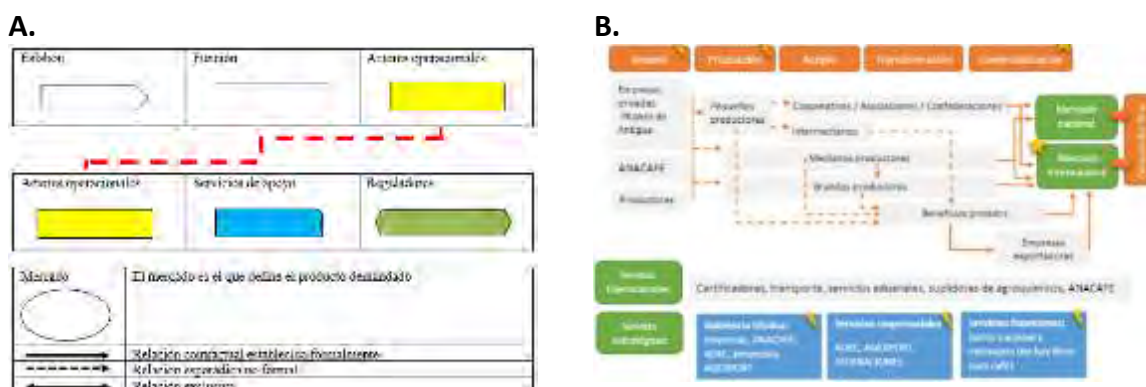


Figura 6. Representación gráfica de la cadena de valor: A. según la herramienta Value Link (IICA, 2019). B. según la metodología de Escobedo Aguilar (2018) , con un ejemplo de la cadena de valor de café de Guatemala. Fuente: IICA (2019) y Escobedo Aguilar (2018).

Para el análisis del potencial de negocios se siguió la metodología IICA (2019), en su «etapa 4: análisis del potencial de negocios de bioeconomía», de la «Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía». Esta plantea el análisis de cinco factores (Inputs o insumos, palanca, soporte, contexto y mercado) a través de 122 preguntas orientadoras divididas en 20 subcategorías (Tabla 7).

Tabla 7. Subcategorías por factor de análisis del potencial de la bioeconomía.

Factores de análisis del potencial de Bioeconomía					
	Inputs	Palanca	Soporte	Contexto	Mercado
Subcategorías	Biomasa primaria	Ciencia, tecnología e innovación	Servicios básicos	Aspectos económicos	Mercados actuales y potenciales
	Biomasa residual	Financiamiento	Políticas	Eficiencia y sostenibilidad	Incentivos para mercados
	Insumos	Capacidades	Regulación y normativa	Organización	
	Biodiversidad	Recursos humanos	Apoyos/incentivo		
		Infraestructura	Certificaciones		
			Cultura		

Fuente: IICA (2019).

Para cada pregunta hubo cinco posibles escenarios de respuesta: del escenario ideal (donde las condiciones exigidas para el aprovechamiento de la bioeconomía se cumplen totalmente) al escenario menos deseado (donde las condiciones son totalmente adversas). A cada variable se le asignó una ponderación que fluctuó entre 0 y 1, obtenida por el método Delphi (IICA 2019). Los resultados se analizaron por senderos en forma de gráficos de araña y barras.

Ilustración de las potencialidades y requerimientos para el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía seleccionados en la cadena del café de la República Dominicana

Para ilustrar las condiciones donde se aprovecha los senderos de la bioeconomía hallados se realizaron dos estudios de caso deterministas descriptivos que versaron sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales halladas en las localidades de estudio necesarias para habilitar y desplegar el aprovechamiento. Para este propósito se seleccionaron dos localidades de las regiones cafetalera Central y Norte (Figura 7), con base a los altos volúmenes de producción, el estado de los cultivos, la facilidad de acceso y la alta concentración de beneficios del café: Rancho Arriba y Juncalito ([Escarraman, 2019](#)). Se contempló trabajar en ambas localidades con base en la presencia de los eslabones industriales mayoritarios del país.

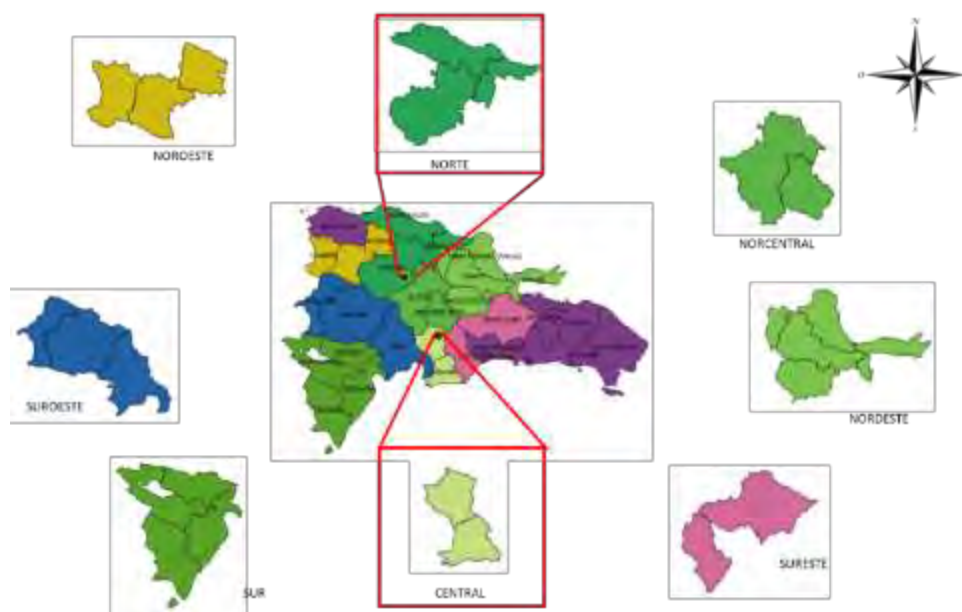


Figura 7. Regiones cafetaleras de República Dominicana reportadas por INDOCAFE (2019). En los recuadros se observan las regiones Norte y Central donde se ubican los municipios preseleccionados. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Se incluyeron datos bióticos (v.g.: estado del subproducto, composición,), abióticos (v.g.: porcentaje de agua, humedad relativa, temperatura, densidad), sociales (v.g.: grupos étnicos, género) y algunos valores de costos, que los actores de las localidades de estudio reportaron como valiosos para mantener la integridad del insumo o proceso tecnológico bioeconómico en las validaciones de los senderos identificados en campo. Cada uno de los aprovechamientos hallados fueron consignados conforme a la ficha de aprovechamientos de la bioeconomía en café y sus condiciones habilitantes (Tabla 5). Para el análisis del

potencial de negocios de los casos de estudio se siguió la metodología [IICA \(2019\)](#), en su «*etapa 4: análisis del potencial de negocios de bioeconomía*», de la «*Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía*».

1.9. Comentarios finales sobre el capítulo

Para conocer cuál es el potencial de aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía en la cadena de café en República Dominicana es preciso realizar un estudio secuencial de los aprovechamientos bioeconómicos mundiales actuales en café; para, posteriormente, identificar el potencial en la isla, a partir de una caracterización de la cadena de café con base en su constitución, potencialidades, condiciones habilitantes, condiciones limitantes, y cuellos de botella, así como la ilustración de aprovechamientos de la bioeconomía presentes en campo (capítulo-artículo III).

1.10. Agradecimientos

Este capítulo se deriva de la beca AGROSAVIA-CATIE I15-2018, entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA-, Colombia; y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE-, Costa Rica. Agradezco a la Dra., Leida Mercado, por la dirección del trabajo de grado que originó este escrito, así como a los miembros del Comité de Tesis Hugo Chavarría y Adriana Escobedo, por sus oportunas correcciones y orientaciones.

1.11. Bibliografía

Banco Central de la República Dominicana. (2025). La economía dominicana se expandió en 5.0 % en el año 2024. Recuperado de <https://www.bancentral.gov.do>

López-Escobar, L. A., Olivo-Alanís, D. S., & Nava-Valente, N. (2025). Subproductos del café (Coffea): desafíos ambientales y oportunidades para la bioeconomía. *Tendencias en Energías Renovables y Sustentabilidad*, 4(1), 45–49.

OECD. (2023). Café en el Comercio de República Dominicana. The Observatory of Economic Complexity. Recuperado de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/coffee/reporter/dom>

- Pulido Blanco, V. C. (2020). Análisis del potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10077>
- Vallejo, J. S. (2023). El café dominicano se encamina a la autosuficiencia. El Dinero. Recuperado de <https://eldinero.com.do>
- Aramendis, RH; Rodríguez, AG; Krieger Merico, LF. 2018. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía:
- Arundel, A; Sawaya, D. 2009. The Bioeconomy to 2030: designing a policy agenda:
- Betancur, C; Moñux, D; Canavie, G; Villanueva, D; García, J; Renza, L; Méndez, K; Zúñiga, A; Olaguer, E. 2018. Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia n.º 1240667, fase I. Priorización de los sectores estratégicos de bioeconomía para Colombia. Ed. BIOinTropic. Bogotá, DC, 120 p. (PRIORIZACIÓN DE LOS SECTORES ESTRATÉGICOS DE BIOECONOMÍA PARA COLOMBIA).
- BIOPLAT. 2019. Biomasa, elemento clave para la nueva bioeconomía. Ed. 2018, Byp. España,
- Bisang, R; Trigo, E. 2017. Bioeconomía argentina: modelos de negocios para una nueva matriz productiva. Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Agroindustria de Argentina,
- Carus, M. 2017. The bioeconomy is much more than a circular economy. Ed. Economy. BRAIN AG, (BLICKWINKEL).
- CEPAL, CEpALyEC; INDOCAFE, IDdCCNpeCCyMdDLC. 2018. Café y cambio climático en la República Dominicana • Impactos potenciales y opciones de respuesta. LC/MEX/TS.2018/24, Ciudad de México.
- CEPAL, N. 2020. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020:
- CEPAL; COSEFIN; CCAD-SICA; UKAI; DANIDA. 2012. La economía del cambio climático en Centroamérica - Síntesis (LC/MEX/L.1076). México, D. F. Publicación de las Naciones Unidas. (La economía del cambio climático en Centroamérica: impactos potenciales).
- Chavarría, H. 2018. Programa de bioeconomía y desarrollo productivo. Abordajes conceptuales y metodológicos para la cooperación técnica. Ed. IICA. 21 p. (Programa de bioeconomía).

- Cifuentes, W; Pérez, M; Gil-Casares, M. 2011. Metodología de análisis de cadenas productivas bajo el enfoque de cadenas de valor Fundación CODESPA. Recuperado de <http://www.codespa.org/blog/publicaciones-notas-tecnicas/metodologia-de-analisis-de-cadenas-productivas-bajo-un-enfoque-de-cadenas-de-valor>:
- CODOCAFE. 2017. Seminario sobre impactos potenciales del cambio climático sobre el cultivo del café en la República Dominicana. Ed. Café, CDd. Santo Domingo, República Dominicana, (Seminarios).
- D'Amato, D; Droste, N; Allen, B; Kettunen, M; Lähtinen, K; Korhonen, J; Leskinen, P; Matthies, B; Toppinen, A. 2017. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues Journal of Cleaner Production 168:716-734.
- Dietz, T; Börner, J; Förster, J; von Braun, J. 2018. Governance of the bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies Sustainability 10(9):3190.
- El Dinero. 2018. Sector agropecuario aportó RD\$205 mil millones al PIB en 2017. Ed. Dinero, RE. 29 de agosto, 2018 ed. Santo Domingo, República Dominicana, El Dinero. (AGRICULTURA).
- Escarraman, A. 2019. Proyecto en Bioeconomía (Correo). República Dominicana, Amadeo Escarraman.
- Escobedo Aguilar, A. 2018. Cadena de Valor de Café de Guatemala. doi 10.13140/RG.2.2.32152.65282
- Escobedo, A. 2012. Plan técnico y empresarial de intervención: desarrollo empresarial sostenible e inclusivo. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 38 p.
- European Commission, P. 2007. En route to the knowledge-based bio-economy Cologne Summit of the German Presidency, Cologne:
- European Commission. 2005. New perspectives on the knowledge-based bioeconomy. In. Conference Report. p. 15-16.
- Galtier, F; Del Rosario, PJ; Camilo, J; Santos, U; Romero, J; Jiménez, H; Contreras, T; Contreras, J. 2008. Caracterización socioeconómica de las empresas cafetaleras en la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).
- Georgescu-Roegen, N. 1975. Energía y mitos económicos El trimestre económico 42(168 (4):779-836.
- Giurca, A; Selter, A; Baycheva, T; Hoogstra-Klein, M; Hengeveld, G. 2015. Forest policy Integration in Europe: Lessons Learnt, Challenges Ahead, and Strategies to support sustainable forest management and multifunctional forestry in the Future. EU.

- González, CAZ; Zarabozo, OD; Moreno, MAG; Quiros, O; Palomares, RD; Gaviria, GdJM; Sanchez, AS. 2014. Estado del Arte de la Bioeconomía y el Cambio Climático. Editorial Universitaria, UNAN León.
- Gutiérrez Vizcaino, M; Navarro Monge, GA; Orozco Vílchez, L. 2018. Modelos de negocios para el manejo forestal en América Central: El enfoque de cadenas de valor de productos forestales como mecanismo para mejorar la competitividad, reducir la pobreza, garantizar la integridad ecológica y fortalecer la gobernanza forestal. CATIE, Turrialba (Costa Rica).
- Henry, G; Hodson, E; Aramendis, R; Trigo, E; Rankin Cortazar, S. 2017. La bioeconomía: Motor de desarrollo integral para Colombia. (CIAT-CIRAD).
- Hoobs, J; Cooney, A; Fulton, M. 2000. Value chains in the agri-food sector: What are they? How they work? Are they for me?. Saskatoon, Canada, University of Saskatchewan, 32 p.
- ICO. 2019. Países por producción de café. Ed. Data, H. (Statistics).
- IDIAF. 2013. Estrategia tecnológica para abordar la problemática de la roya del café (*Hemileiavastatrix*) y mejorar la capacidad productiva de las plantaciones de café de la República Dominicana. Ed. Forestales, IDdIAy. Santo Domingo, República Dominicana,
- IICA. 2018. Plan de Mediano Plazo 2018-2022 (en línea). San José, Costa Rica
- IICA. 2019. Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía. Contexto, conceptos básicos y orientaciones metodológicas para el trabajo de validación y aplicación piloto en territorios rurales y/o cadenas agrícolas. Ed. IICA. San José, Costa Rica, 71 p. (Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo).
- IICA. 2020. Curso de Bioeconomía. Potencial y retos para su aprovechamiento en América Latina y el Caribe. Figura estrategias e iniciativas en bioeconomía en ALC. (Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo). San José, Costa Rica.
- INIA. 2019. Los expertos consideran la biomasa procedente de cultivos forestales como un valioso activo de la bioeconomía. Ed. BIOECONOMIA. España,
- Jiménez, H; Galtier, F; Del Rosario, PJ; López, J; Valverde, L. 2008. Mercado interno del café en la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).
- Kaplinsky, R; Morris, M. 2000. A handbook for value chain research. University of Sussex, Institute of Development Studies.

- Lundy, M; Amrein, A; Hurtado Bermúdez, JJ; Becx, G; Zamierowski, N; Rodríguez, F; Mosquera Echeverry, EE. 2014. Metodología LINK: una guía participativa para modelos empresariales incluyentes con pequeños agricultores. Versión 2.0. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Mazoyer, M; Roudart, L. 2006. A history of world agriculture, from the Neolithic age to the current crisis. Membrez, TdFpJ (ed.). Monthly Press Review, New York, USA.
- OIC, OldC. 2017. Coffee Market Report: September 2017. Londres, Reino Unido, septiembre.,
- Peinado, PJB; Molina, VD; Montero, FJC; Lozano, ABP; Caro, CM; Sánchez, MÁ; Martínez, EM; Tejero, JP. 2007. La revisión bibliográfica sistemática en fisiología del ejercicio: recomendaciones prácticas. (Literature review in exercise physiology: practical recommendations practical recommendations) RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte. doi: 10.5232/ricyde 3(6):1-11.
- Ponce-Sánchez, J; Carrillo-González, G. 2017. Identificación del potencial de los países de américa latina para transitar hacia una bioeconomía basada en conocimiento. Ed. Gestión de la Innovación para la Competitividad: Sctores estratégicos, tye. Ciudad de México, (ALTEC 2017).
- Porter, M. 2004. Cadena de valor México: Editorial CECSA:
- Priefer, C; Jörissen, J; Frör, O. 2017. Pathways to shape the bioeconomy Resources 6(1):10.
- Quintero, J; Sánchez, J. 2006. La cadena de valor: Una herramienta del pensamiento estratégico Telos 8(3):377-389.
- Rodríguez, AG. 2017. La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe:
- Rodríguez, AG; Mondaini, AO; Hitschfeld, MA. 2017. Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas. CEPAL, NU (ed.). Naciones Unidas, Santiago. 96 p.
- Saucedo, A; Boza, S. 2011. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo En: Investigación y desarrollo e innovación para el desarrollo de los biocombustibles en América Latina y el Caribe. Santiago: CEPAL, 2011. LC/L. 3394. p. 49-80:
- Suhelis, T. 2019. Más de 10,000 empleos en el campo se perdieron en 2018. Ed. Libre, D. Santo Domingo, República Dominicana, (Economía).
- Susaña, S. 2012. Diagnóstico de pobreza de los hogares cafetaleros de la República Dominicana. Ed. Café, CDd. (Santo Domingo, República Dominicana).

Trigo, EJ; Henry, G; Sanders, J; Schurr, U; Ingelbrecht, I; Revel, C; Santana, C; Rocha, P. 2013. Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean Bioeconomy Working Paper 2013.

von Braun, J. 2015. Science and Technology Policy to Harmonize Biologization of Economies with Food Security. The Fight Against Hunger and Malnutrition: The Role of Food, Agriculture, and Targeted Policies 240.

CAPITULO II. APROVECHAMIENTOS DE LA BIOECONOMÍA EN CAFÉ A NIVEL MUNDIAL: UNA REVISIÓN ACTUALIZADA

Pulido-Blanco, Victor Camilo¹, Núñez Ramos, Pedro Antonio²

¹MSc Biología, MSc Agroforestería y Agricultura Sostenible. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. ORCID Id: <https://orcid.org/0000-0002-1217-6877>, <https://www.linkedin.com/in/victor-camilo-pulido-blanco-46842b97/>, https://www.researchgate.net/profile/Victor_Pulido_Blanco/publications.

Autor para correspondencia: vpulido@agrosavia.co; victor.pulido@catie.ac.cr

²Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias (FCAV), Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-7931>

pnunez@idiaf.gov.do pnunez25@uasd.edu.do pnunez58@gmail.com

Resumen

La bioeconomía (BE) es la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía. A la par del concepto de BE existen los enfoques de economía circular (EC) y economía verde (EV), que pueden ser conectados entre sí, si se parte de una base biológica para la consecución de sus objetivos. El café es un rubro que por su base biológica puede ejemplificar la aplicación de la BE, como una forma de reducir el impacto ambiental ocasionado por el rubro, y de incentivar los beneficios sociales y económicos que se desprenden de su uso. Se buscó determinar los senderos, materias primas, productos y condiciones de los aprovechamientos referidos en bases de datos científicas durante la última década. Se usó el marco de clasificación de los aprovechamientos de la BE propuesto por Trigo *et al.* (2013), a partir de la adopción de la BE por la Comisión Europea en 2012, como una forma de ordenamiento supranacional para incluir las estrategias de BE en los desarrollos productivos. Se halló que existe una tendencia creciente en el número de investigaciones con enfoques de BE, EC y EV en café. El sendero con mayor representación en investigaciones sobre los aprovechamientos de la BE en café

a nivel mundial es el de Bioproductos, con estrategias de BE para reutilizar los residuos de café como materias primas que se incluyen en emprendimientos de EC.

Palabras clave: bioeconomía, economía circular, economía verde, café.

Abstract

The bioeconomy (BE) is the intensive use of knowledge in biological resources, processes, technologies, and principles for the sustainable production of goods and services in all sectors of the economy. Alongside the BE concept are the circular economy (CE) and green economy (GE) approaches, which can be interconnected if they are based on a biological foundation to achieve their objectives. Coffee, due to its biological basis, can exemplify the application of the BE, as a way to reduce the environmental impact caused by the sector and to incentivize the social and economic benefits derived from its use. The aim was to determine the pathways, raw materials, products, and conditions of the uses reported in scientific databases during the last decade. The classification framework for TB uses proposed by Trigo *et al.* (2013) was used, following the adoption of the TB by the European Commission in 2012, as a form of supranational organization to include TB strategies in productive developments. A growing trend was found in the number of research projects focused on BE, CE, and GE in coffee. The most represented avenue in research on TB utilization in coffee worldwide is Bioproducts, with TB strategies to reuse coffee waste as raw materials that are included in CE ventures.

Key words: bioeconomy, circular economy, green economy, coffee.

2.1. Introducción

La bioeconomía (BE) es la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía ([Hodson de Jaramillo et al., 2019](#); [IICA, 2019](#)). Esta definición incluye los abordajes conceptuales y metodológicos para mejorar el desempeño competitivo y sustentable de las cadenas de valor agrícolas tanto en su conjunto como en cada uno de sus eslabones. Los abordajes se orientan hacia la gestión de políticas, el fortalecimiento institucional y la mejora de las capacidades público-privadas con la provisión de apoyo a procesos de innovación tecnológica ([Chavarría, 2018](#)). El mejoramiento parte de la base de la utilización de las nuevas ciencias y tecnologías para la aplicación de los principios y procesos biológicos en todos los sectores de la economía, y de reemplazar cada vez más las materias primas basadas en fósiles ([Dietz et al., 2018](#)). Un uso innovador y sostenible de estos recursos en diferentes sectores de la economía (es decir,

una transformación de base biológica) brinda oportunidades para lograr los diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); en particular, aquellos que buscan solucionar sustentablemente los riesgos actuales del cambio climático ([Dietz et al., 2018](#)), a la vez que generan oportunidades de emprendimiento en economías emergentes ([IICA, 2019](#)).

A la par del concepto de BE existen los enfoques de economía circular (EC), economía verde (EV) y bioeconomía circular (BC). La EC es una economía restauradora y regenerativa por diseño, cuya finalidad es mantener la utilidad de los productos, componentes y materiales, conservando su valor ([MacArthur, 2013](#)). La EV tiene como objetivo reorientar las economías para desacoplarlas del crecimiento económico derivado de la degradación ambiental a través de un amplio conjunto de medidas que involucran a diversos actores a través de escalas y paisajes, lo que resulta en un mejoramiento del bienestar humano y la equidad social, mientras se reducen los riesgos ambientales y las carencias ecológicas ([Swainson y Mahanty, 2018](#)). La BC es un innovador concepto basado en la investigación, destinado a aumentar la utilización y gestión completas de los recursos biológicos en una ruta de biorrefinería sostenible ([Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#)).

La EC sirve como un factor clave para lograr algunos de los ODS. Producción y consumo responsable es el décimo segundo ODS que se orienta en la reducción de la huella ecológica al cambiar los patrones de producción y consumo de bienes y recursos ([Programa de las Naciones Unidas, 2019](#); [Changwichan y Gheewala, 2020](#)). La EC pretende la consecución de este objetivo por medio del cambio de paradigma de producción: pasar de una elaboración y consumo lineal de materias a una circular, donde se logre la sostenibilidad y el crecimiento económico a través de la reutilización ([Changwichan y Gheewala, 2020](#)). Esta reutilización de materias puede tener una base biológica, por lo que se colige que es posible alcanzar el paradigma de la EC con la colaboración de la estrategia de la BE ([Carrez y Van Leeuwen, 2015](#); [Maina et al., 2017](#); [Zuin y Ramin, 2018](#)). Sobre esto, [Zuin y Ramin \(2018\)](#) señalan que se reemplaza la noción de fin de vida con regeneración, enfocándose en el uso de energía renovable, eliminación de químicos tóxicos, reutilización, retorno y erradicación de residuos a través del diseño superior de materiales, productos, sistemas y modelos de negocios. Dada esta interrelación, algunos autores han utilizado el término de BC como una forma de incluir lo concerniente a ambos abordajes ([Górriz y de Arano, 2017](#)). No obstante, el término es reciente y no goza de la misma diseminación de sus predecesores, por lo que se prefirió abordarlos por separado en este documento. A su vez, estos dos conceptos están incluidos en los alcances de la GE ([D'Amato et al., 2017](#)), dado que a la esfera ambiental y económica que involucran la BE y la EC, suma los compromisos sociales de igualdad, reducción de riesgo ambiental y mejora del bienestar humano ([Martínez y Porcelli, 2017](#)). Así, se colige que el concepto, estrategia o enfoque de BE puede interrelacionar los demás conceptos o enfoques siempre y cuando se parta de una base biológica.

El café es uno de los productos primarios más valiosos en el comercio mundial debido al alto consumo de bebidas de café ([Mussatto et al., 2011](#)). El mismo representa, después del agua, la segunda bebida más popular en todo el mundo y el segundo producto de mayor

importancia en la bolsa después del petróleo ([Mussatto et al., 2011](#); [San Martin et al., 2020](#)). Según las estadísticas de la Organización Internacional del Café (ICO) ([International Coffee Organization Statistics, 2019](#)), la producción mundial de café en 2018 fue de 9,50 millones de toneladas, de las cuales los países de la Unión Europea (UE) consumen alrededor del 26,5 % (2,52 millones de toneladas), con una tendencia creciente de consumo ([San Martin et al., 2020](#)). Se proyecta que la producción mundial de café en 2019/20 será de 167 millones de sacos, que comprende 95 millones de sacos de Arábica y 72 millones de sacos de Robusta, mientras que la demanda mundial de café será de 168 millones de sacos ([International Coffee Organization Statistics, 2019](#); [Favaro et al., 2020](#)). La mayor parte de la adición de valor en la industria del café se produce en los países importadores ([Favaro et al., 2020](#)), mientras que aún deben superarse muchos desafíos técnicos para expandir la industria del café soluble, especialmente en los países productores ([Favaro et al., 2020](#)).

En 2019 la industria del café enfrentó problemas de mercado; los precios del café cayeron a su punto más bajo en una década: US\$0,88 por libra de café. La caída se debió en gran parte a los dos años de excedentes por parte de Brasil, el mayor productor del mundo, lo cual tuvo un fuerte impacto en los cafetaleros de todo el mundo al introducir millones de kilogramos de granos en el mercado ([Prasad, 2019](#)). Los impactos se hicieron sentir con crisis sociales como, por ejemplo, las migraciones e inseguridad alimentaria en países de Centroamérica ([Prasad, 2019](#)), problema histórico ligado a los precios del café ([Samper et al., 2001](#); [Posada Carbó, 2012](#)), y el aumento en los residuos de café, con el subsecuente deterioro ambiental. Sobre esto último, debido a la gran demanda de este producto, se generan grandes cantidades de residuos en la industria del café, que son tóxicos y representan serios problemas ambientales ([Mussatto et al., 2011](#)). Los principales residuos de la industria del café son la piel plateada y el café molido usado, obtenidos durante el tostado de los granos, y el proceso para preparar el «café instantáneo», respectivamente ([Mussatto et al., 2011](#)). Recientemente, se han hecho algunos intentos para usar estos residuos para la producción de energía o compuestos de valor agregado, como estrategias para reducir sus niveles de toxicidad, mientras se les agrega valor ([Mussatto et al., 2011](#)). [Mendoza Martinez et al. \(2019\)](#) comentan que la cadena de producción de café genera una gran cantidad de residuos tanto de las bayas (granos) como del arbusto. Se estima que se producen más de diez millones de toneladas de residuos anuales (sólidos y líquidos). Además, existen otros residuos del cultivo (poda), que son difíciles de estimar debido a las diferencias en las prácticas de manejo agronómico. De las 2,78 millones de toneladas de granos de café que produjo Brasil en 2016-2017, se generaron cerca de 2,3 millones de toneladas de residuos ([Mendoza Martinez et al., 2019](#)). Actualmente, estos residuos; la pulpa de café, el pergamino, la madera de café y los efluentes no se utilizan de manera eficiente y pueden provocar graves impactos ambientales debido a su eliminación inadecuada ([Mendoza Martinez et al., 2019](#)). Este deterioro ambiental que ha sido una problemática recurrente en el rubro del café ([Granados, 2011](#)), es especialmente sensible en los países productores ([Samper et al., 2001](#)). Al día de hoy, la eliminación de los desechos

de café sigue siendo un desafío debido a la presencia de cafeína, fenoles libres y taninos (polifenoles), que son incluso tóxicos para muchas formas de vida ([Mendoza Martinez et al., 2019](#)).

Al respecto, el café es un rubro que por su base biológica puede ejemplificar la aplicación de la BE, como una forma de reducir este impacto ambiental, y de incentivar los beneficios sociales y económicos que se desprenden de su uso. A nivel mundial, fue la Comisión Europea, en 2012, el primer órgano legislativo supranacional en obligar a sus estados miembros a cambiar su estrategia de disposición y eliminación de los residuos biológicos con base en el enfoque de la BE ([European Commission, 2012](#); [Dietz et al., 2018](#)). En las regiones productoras de materias primas como Latinoamérica y el Caribe (LAC), África e Indochina el concepto ha ido calando poco a poco en forma de estrategias nacionales de BE. A nivel de café, las investigaciones en los últimos años se han caracterizado por un componente sustentable transversal que puede identificarse principalmente con la BE ([Zuin y Ramin, 2018](#); [del Pozo et al., 2019](#); [Vainio et al., 2019](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#)). No obstante, también es posible encontrar investigaciones con enfoque de EC ([Karmee, 2018](#); [Ktori et al., 2018](#); [Abuabara et al., 2019](#); [Lazzari et al., 2019](#); [Marconi et al., 2019](#); [Ozcariz-Fermoselle et al., 2019](#); [Winter et al., 2019](#); [Avraamidou et al., 2020](#); [Favaro et al., 2020](#); [Lopes et al., 2020](#); [Schmidt Rivera et al., 2020](#)), de GE ([Ferreira y Ferreira, 2018](#); [Swainson y Mahanty, 2018](#)) o, inclusive, de BC ([Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#)). Esto se debe a que, indistintamente de los abordajes usados, los aprovechamientos con estos enfoques buscan la solución de las problemáticas sociales (migración), económicas (valorización de materiales) o ambientales (eliminación o disposición de residuos biológicos) sin que los actores (países, entidades supranacionales, centros de investigación, instituciones, investigadores) se preocupen por como quedan circunscritos. Este hecho marcó la necesidad de realizar una búsqueda en literatura científica especializada sobre formas de aprovechamiento de la BE en café a nivel mundial, que incluyera los conceptos de EC y EV, para no perder aquella literatura especializada que menciona estos enfoques.

Así, la presente revisión tiene por objeto estudiar los aprovechamientos de la BE en café a nivel mundial, para determinar los senderos, materias primas, productos y condiciones de los aprovechamientos referidos en bases de datos científicas durante la última década. Dada la cantidad de aprovechamientos posibles, se usó el marco de clasificación de los aprovechamientos de la BE propuesto por Trigo *et al.* (2013), a partir de la adopción de la BE por la Comisión Europea en 2012, como una forma de ordenamiento supranacional para incluir las estrategias de BE en los desarrollos productivos ([Chavarría, 2018](#)). A esta serie de seis formas se les ha denominado «senderos», cada una de las cuales tiene un conjunto de prácticas asociadas para su implementación ([Trigo et al., 2013](#); [Chavarría, 2018](#); [IICA, 2019](#)).

2.2. Materiales y métodos

2.2.1. Búsqueda de literatura científica especializada

El estudio incluyó referencias entre el período 2011 y 2020. Se realizó una búsqueda con operadores booleanos, de artículos científicos, notas científicas, boletines técnicos y patentes sobre aprovechamientos con enfoque de BE en café, en motores, bases de datos y metabuscadores científicos especializados (SCOPUS, ScienceDirect, CABDirect, SIDALC, Scielo, Google Scholar, EBSCO), catálogos y tesauros de bibliotecas con acceso restringido (v.g.: biblioteca Orton, del CATIE, y biblioteca BAC, de AGROSAVIA), conforme a la metodología propuesta por Peinado *et al.* (2007), para la conformación de las frases de búsqueda («*query*») ([Villegas, 2003](#)). A partir de palabras claves registradas en tesauros, las frases de búsqueda usadas fueron:

(Bioeconomy OR "Circular economy" OR "Green economy") AND Coffee AND NOT (review)*

(Bioeconomy OR "Circular economy" OR "Green economy") AND Coffee AND ("Biodiversity resources" OR "Eco intensification" OR Biotechnology OR Biorefineries OR Bioproducts OR "Value chain" OR "Ecosystems services") AND NOT (review)*

Los campos de búsqueda en cada base de datos fueron el título del artículo, resumen y palabras claves.

2.2.2. Revisión de la literatura especializada recuperada

Recuperación de registros:

De los registros devueltos usando las frases de búsqueda en las bases de datos y metabuscadores científicos especializados (SCOPUS, ScienceDirect, CABDirect, SIDALC, Scielo, Google Scholar, EBSCO), no fueron tenidos en cuenta los que superaran, por orden de relevancia, la centésima casilla, con base al decaimiento en la similitud de búsqueda ([Rodríguez Cáceres et al., 2008](#)). Con los registros resultantes recuperados se procedió a realizar una revisión de la literatura especializada.

Primera revisión:

Se siguió la metodología propuesta por Thüerer *et al.* (2018), modificado por Zabaniotou y Kamaterou (2019), para la evaluación de los registros recuperados sobre BE en café. Se

inspeccionaron el título, resumen y palabras clave de los escritos, cuyo año de publicación fuera superior al 2010, con el ánimo de excluir los registros sin relación a la temática de estudio, las notas no científicas y los boletines técnicos sin evaluación por pares. Los duplicados entre bases de datos fueron eliminados comparando los campos de título, autor(es), año y revista. Se registraron el consecutivo, base de datos de donde se obtuvo, tipo, título y estado del análisis de los documentos. Aquellos que concordaron con la temática, y no estaban duplicados, pasaron a una segunda revisión.

Análisis de literatura especializada:

Se realizó una clasificación de la literatura especializada con atención a las variables listadas en la ficha de captura de información del programa en Bioeconomía y Desarrollo Productivo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) (2019), con la ampliación al registro de revista, enlace, contacto, país, sector y año del documento; y tipo de proceso, materia prima, producto final, estado de maduración, condicionante de escala / aplicabilidad, condicionante ambiental, método-técnica y sendero de aprovechamiento de la BE.

2.2.3. Senderos de la BE

La literatura especializada que cumplió con los requisitos anteriores fue analizada bajo la clasificación de los senderos de la BE propuestos por Trigo *et al.* (2013). Para ello se analizó a qué tipo de sendero correspondía el aprovechamiento con atención a las prácticas referidas en el documento, el producto o el beneficio percibido con el aprovechamiento (en el caso de los servicios ecosistémicos).

Se realizó un análisis de correspondencia de las variables categóricas de la base de datos resultante, previa construcción de las tablas de contingencia correspondientes. Se probó la asociación de variables categóricas pareadas contra los senderos de la bioeconomía usando las pruebas de chi cuadrado de Pearson y MV-G2 (máximo verosímil).

Las variables se categorizaron de la siguiente manera:

- Referencia: origen geográfico (región) del aprovechamiento en BE (América Anglosajona, Latinoamérica y el Caribe, Europa, Asia, África, Subcontinente Árabe).
- Tipo de proceso: físicos, biológicos, químicos, metodológicos.

- Materia prima: pulpa de café, piel plateada del café, tallos de café, cadena de café, café molido usado, cáscara de café, otras.
- Producto Final: aceite, bioenergías, biocombustibles, antioxidantes, fenoles, celulasa, alimentos, social, otros.
- Maduración: adaptación, investigación, mercado, piloto.
- Condicionantes de escala / aplicabilidad: ninguno, requiere conocimiento, equipo o software especializado; volumen, otros.
- Condicionante ambiental: cepas específicas, origen geográfico, condiciones del cultivo, ninguno, otros.
- Sector: académico, centro(s) de investigación, privado, público.
- Sendero de la bioeconomía: biodiversidad, bioproductos, biotecnologías, cadenas de valor, eco intensificación, servicios ecosistémicos.

Se categorizaron con base en la frecuencia, y el parecido en la naturaleza reportada para cada variable.

Se realizó el gráfico *biplot* de las variables asociadas resaltando los grupos hallados.

2.3. Resultados y Discusión

Se obtuvieron 2194 registros en seis de las siete bases de datos consultadas (Tabla 1). Estos resultados son comparativamente mayores a lo hallado por [D'Amato et al. \(2017\)](#), quienes reportaron un total de 1943 registros de publicaciones recuperadas en *Web of Science* con los términos de EC, EV y BE (864 publicaciones recuperadas para EC, 615 para GE y 464 entradas para BE), aun cuando ellos abarcaron un periodo de búsqueda más extenso de 1990 a 2017. Aunque de las bases de datos de la biblioteca ORTON se recuperaron cerca del 60 % de los registros, estos representaron menos del 13 % de los artículos que sobrepasaron la segunda revisión. Esto se debió a que la base de datos EBSCO no resolvió los operadores lógicos booleanos (“ $\wedge$ ”, “ $\vee$ ” y “ $\neg$ ”), aun cuando se usaron los referidos por el mismo buscador (“AND”, “OR” y “NOT”) que son los equivalentes usuales en la búsqueda por internet ([Villegas, 2003](#)). Esto fue especialmente cierto para el operador “NOT”, cuya irresolución devolvió aproximadamente 94 % de registros sin relación con la temática de estudio. Las bases de datos con el mejor comportamiento en ese apartado fueron SCOPUS,

ScienceDirect y Google Scholar (Anexo 1), cuyos escritos tuvieron entre el 72 % y el 83 % de relación con la temática estudiada.

Tabla 1. Número de registros recuperados durante la búsqueda de infografía especializada.

Biblioteca	Base de datos	Número de registros recuperados	Primera revisión	Análisis de literatura especializada
BAC	Google Scholar	19	12	10
	SCOPUS	24	24	20
	ScienceDirect	861	100	72
	Scielo	3	1	0
ORTON	CAB Direct	8	8	3
	EBSCO	1279	79	12
	SIDALC	0	0	0
Total	7	2194	224	117

Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Para el período de análisis 2011-2020, se evidencia una tendencia consistente al incremento anual del número de publicaciones con enfoque de BE, EC y GE en café, (Figura 1). Según [D'Amato et al. \(2017\)](#), los conceptos de CE y BE han visto un aumento en el material de publicación desde principios de la década de 2000, mientras que GE se ha vuelto popular después de 2010, lo cual es consistente con nuestros hallazgos. Esta situación puede deberse a que un número importante de países consumidores de café y sus derivados han adoptado nuevos enfoques tanto de consumo como de manejo de residuos ([Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#)), lo que jalona cambios consecuentes en los países productores. Un claro ejemplo de ello es la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones, donde se establece como política el desarrollo de una estrategia de BE coherente con los lineamientos de la Unión Europea ([European Commission, 2012](#)). [Zabaniotou y Kamaterou \(2019\)](#) señalan que uno de los objetivos más relevantes en la aplicación de este enfoque es convertir las corrientes / residuos / desechos secundarios de bajo valor en productos más valiosos. Para ello, la valorización del desperdicio de alimentos (FWpor Food waste) puede contribuir con el objetivo del desarrollo sostenible 12. Garantizar patrones de consumo y producción sostenibles, en su indicador y meta 12.3.1 Pérdida y desperdicio global de alimentos, por lo que ha ganado un gran interés en los últimos años, ya que muchos productos biológicos pueden derivarse de ellos ([Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#)). Como la FW depende directamente de las materias primas, las naciones productoras de café se están preocupando por asumir enfoques de BE, a través de estrategias nacionales de BE, que incluyen los enfoques de la EC y la GE ([Karmee, 2018](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Cho](#)

[et al., 2020](#); [Chojnacka et al., 2020](#)); situación que se refleja en el incremento en las investigaciones sobre la temática.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por [Zuin y Ramin \(2018\)](#), para quienes el establecimiento de biorrefinerías de vanguardia para la BE y la EC exige urgentemente innovación en la separación verde y sostenible para la recuperación de productos naturales de subproductos agroindustriales en todo el mundo. La separación sostenible incluye la idea de valorización integrada no solo en un sentido económico, sino que también fortalece otras dimensiones sociales y ambientales, desde escalas de producción pequeñas a grandes. [Zuin y Ramin \(2018\)](#) hallaron que el número de estudios en este campo ha crecido significativamente en los últimos años. Para ellos los nuevos enfoques que incorporan técnicas holísticas de extracción o purificación, que también integran la transformación química sistémica a través del diseño y el uso de materiales renovables y procesos optimizados, deben combinar las mejores cifras analíticas de mérito verde con la evaluación en línea de toda la cadena de producción. Estos enfoques deberían generar productos, métodos y procesos más saludables y eficientes a un costo asequible y justo.

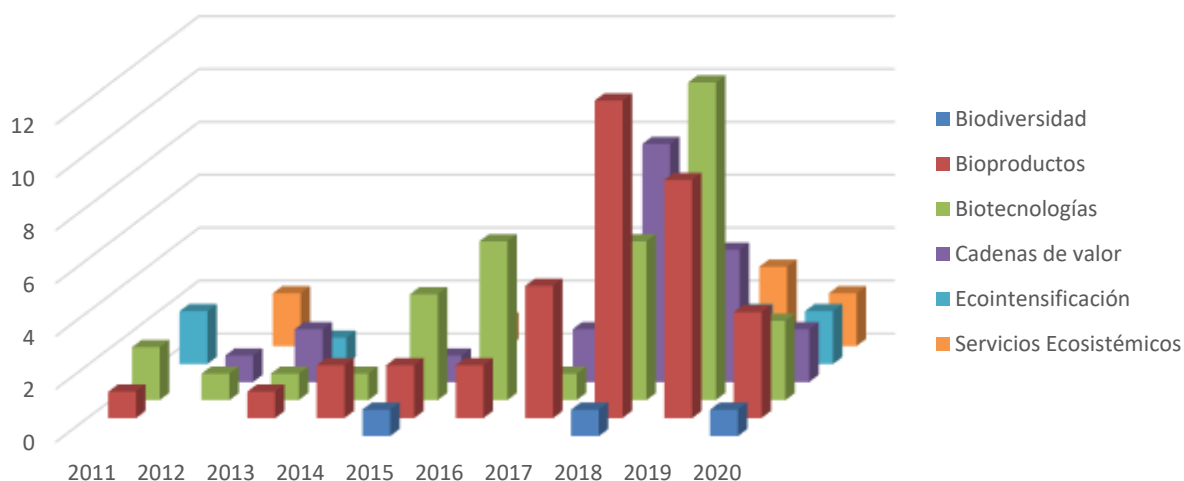


Figura 1. Número de publicaciones con enfoque de BE, EC o EV en café, durante el decenio 2011-2020, de los 117 artículos de investigación, notas científicas, capítulos de libro y revisiones consultadas. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

En un total de 70 revistas y dos libros se encontraron las 117 publicaciones componentes de la segunda revisión (Tabla 2). De estas, 97 son artículos científicos, 10 son revisiones, cuatro son estudios de caso, y los restantes son boletines técnicos, notas científicas y capítulos de libro con dos registros cada una. La revista con el mayor número de artículos

es *Bioresource Technology* (Q1, 251 h_index, Países Bajos), con nueve publicaciones, siete de ellas en el sendero de Bioproductos y dos en Biotecnologías. Con seis y cinco publicaciones, le sucedieron *Food Chemistry* (Q1, 221 h_index, Países Bajos) y *Cleaner Production* (Q1, 150 h_index, Países Bajos), la primera de las cuales es la revista donde más se publicaron artículos del sendero de Biotecnologías. Para el sendero de Cadenas de valor *Food Policy* (Q1, 85 h_index, Reino Unido) fue la revista con el mayor número de publicaciones, mientras que para los senderos de Eco intensificación y Servicios Ecosistémicos fueron *Crop Protection* (Q1, 87 h_index, Reino Unido) y *Resources, Conservation & Recycling* (Q1, 103 h_index, Países Bajos), respectivamente. Para el sendero de Biodiversidad no hubo una revista predilecta (Anexos 2 y 3). Destaca que las revistas donde se publican las temáticas sobre café con enfoque en BE, EC y EV son del 25 % superior del listado de revistas en el ranking Scimago Journal & Country Rank (SJR); con altos índices H (Anexo 3). Esto significa que el enfoque de BE, EC o GE en café es una temática en auge, con reconocimiento por la comunidad científica. Nuestros resultados son congruentes con la revisión llevada a cabo por [D'Amato et al. \(2017\)](#), quienes reconocieron que las plataformas de publicación más populares para EC son revistas dedicadas a la ecología industrial, la producción más limpia y el análisis de flujo de materiales; para GE son revistas de economía ambiental o ecológica y de recursos naturales, y para BE no existe una tendencia definida, publicándose a menudo en revistas dedicadas a campos orientados en el sector de la biotecnología, como la silvicultura y la agricultura (Anexo 3). Cabe notar que el ánimo por publicar parte tanto de las problemáticas que son priorizadas por las políticas públicas, como es el caso del comercio «verde» de café en Europa, como del prestigio y reconocimiento que se obtienen de un tema en boga, como son los enfoques de desarrollo sustentables.

Es importante señalar que en un escenario donde la frase de búsqueda se hubiera formulado como: *(Bioeconomy) OR (Circular economy) OR (Green economy) AND (Coffee) AND NOT (review)*; cabría esperar más resultados, pero con menor conexión con el tema principal. La razón es que los paréntesis hacen que el algoritmo de búsqueda incluya todo documento que contenga alguna de esas palabras por separado, y no sus combinaciones. Esto hubiera descontextualizado los términos, generando búsquedas inespecíficas, individuales y sin planteamiento booleano ([Villegas, 2003](#)). Lo anterior fue advertido por [D'Amato et al. \(2017\)](#), quienes usando una recopilación de términos directos («economía circular»; «economía verde»; «bioeconomía») hallaron que el resultado de su búsqueda fue limitado, con la posibilidad de superposición de artículos (que se encuentren los mismos artículos al buscar literatura de CE, GE y BE individualmente) ([D'Amato et al., 2017](#)). Al respecto [D'Amato et al. \(2017\)](#) reportaron siete artículos que contiene las cadenas de búsqueda «economía circular» y «bioeconomía»; seis artículos que contienen las cadenas de búsqueda «economía circular» y «economía verde», y cinco artículos que contienen las cadenas de búsqueda «economía verde» y «bioeconomía», para un total de 18 superposiciones. En este estudio se halló sólo una superposición de los tres términos, que

fue precisamente el artículo de [D'Amato et al. \(2017\)](#), el cual no hizo parte de la revisión de aprovechamientos en BE; y cinco de los términos «economía circular» y «bioeconomía» ([Zuin y Ramin, 2018](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Chojnacka et al., 2020](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#); [Schmidt Rivera et al., 2020](#)), con alguna mención de aprovechamientos en BE (Anexo 2, Tabla 7).

2.3.1. Análisis de la literatura según los seis senderos de la BE

Los senderos de la BE con mayor número de escritos fueron Bioproductos (38 publicaciones) ([Vignoli et al., 2011](#); [Rodríguez, 2013](#); [Chiari et al., 2014](#); [de Melo et al., 2014](#); [Brazinha et al., 2015](#); [Rendon et al., 2015](#); [Burniol-Figols et al., 2016](#); [Martó et al., 2016](#); [Ballesteros et al., 2017](#); [Cerdeira et al., 2017](#); [Kim et al., 2017](#); [Montero, 2017](#); [Puga et al., 2017](#); [Balseca-Sampedro et al., 2018](#); [Codignole Luz et al., 2018](#); [Collazo-Bigliardi et al., 2018](#); [de Cássia Neves Esteca et al., 2018](#); [dos Santos et al., 2018](#); [García et al., 2018](#); [Karmee, 2018](#); [Mata et al., 2018](#); [Procentese et al., 2018b](#); [Stylianou et al., 2018](#); [Zuin y Ramin, 2018](#); [Aristizábal-Marulanda et al., 2019](#); [Lazzari et al., 2019](#); [Mendoza Martinez et al., 2019](#); [Pettinato et al., 2019](#); [Ramos-Andrés et al., 2019](#); [Santos da Silveira et al., 2019](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Balzano et al., 2020](#); [Cho et al., 2020](#); [Chojnacka et al., 2020](#); [Coelho et al., 2020](#); [Lopes et al., 2020](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#); [San Martín et al., 2020](#)) y Biotecnologías (37 publicaciones) ([Djossou et al., 2011](#); [Ribeiro et al., 2011](#); [Pizzutti et al., 2012](#); [Durand et al., 2013](#); [Riaños Luna, 2013](#); [Arguedas Gamboa, 2014](#); [Guzzo et al., 2015](#); [Jiménez-Zamora et al., 2015](#); [Plaza et al., 2015](#); [Weschenfelder et al., 2015](#); [Contreras-Calderón et al., 2016](#); [Fernandez-Gomez et al., 2016](#); [Geremew et al., 2016](#); [Getachew y Chun, 2016](#); [Neu et al., 2016](#); [Pleissner et al., 2016](#); [Hien et al., 2017](#); [Bessada et al., 2018](#); [Costa et al., 2018](#); [Ktori et al., 2018](#); [Mora Alvarez et al., 2018](#); [Procentese et al., 2018a](#); [Souard et al., 2018](#); [Atabani et al., 2019](#); [Catalán et al., 2019](#); [del Pozo et al., 2019](#); [Ozcariz-Fermoselle et al., 2019](#); [Rosas de la Rosa, 2019](#); [Tsai et al., 2019](#); [Vakalis et al., 2019](#); [Winter et al., 2019](#); [Chen y Jhou, 2020](#); [Favaro et al., 2020](#); [Goh et al., 2020](#); [Santos et al., 2020](#); [Truzzi et al., 2020](#); [Zarantoniello et al., 2020](#)), seguidos de lejos por Cadenas de valor (22 publicaciones) ([Wollni y Brümmer, 2012](#); [Mujawamariya et al., 2013](#); [Rueda y Lambin, 2013](#); [Van Loo et al., 2015](#); [Allesina et al., 2017](#); [Topi y Bilinska, 2017](#); [Birkenberg y Birner, 2018](#); [Díaz y Hunsberger, 2018](#); [Ferreira y Ferreira, 2018](#); [Kookos, 2018](#); [Minten et al., 2018](#); [Neilson et al., 2018](#); [Swainson y Mahanty, 2018](#); [Abuabara et al., 2019](#); [Bosbach y Maietta, 2019](#); [Marconi et al., 2019](#); [Minten et al., 2019](#); [Vainio et al., 2019](#); [Worku et al., 2019](#); [Avraamidou et al., 2020](#); [Matrapazi y Zabaniotou, 2020](#); [Pereira et al., 2020](#)). El sendero con menor número de publicaciones con enfoque de BE en el cultivo de café fue Biodiversidad, con tan solo tres registros ([Olson et al., 2012](#); [Buechley et al., 2015](#); [Mohammed et al., 2019](#)). Por su parte, Eco intensificación y Servicios Ecosistémicos tuvieron ocho ([Dzung et al., 2011](#); [Giannetti et al., 2011](#); [Bucagu et al., 2013](#); [Bote y Jan, 2017](#); [Bigirimana et al., 2019a](#); [Bigirimana et al., 2019b](#); [Belan et al., 2020](#); [de Oliveira Pires et al., 2020](#)) y nueve registros ([Cerdán et al., 2012](#); [Ferrell y Cockerill, 2012](#); [Quan et al., 2015](#); [Ricciardi et al., 2017](#); [Coltri](#)

[et al., 2019](#); [Kamil et al., 2019](#); [Changwichan y Gheewala, 2020](#); [Narciso, 2020](#); [Schmidt Rivera et al., 2020](#)), respectivamente (Anexo 2, Tabla 7).

En siete de las ocho variables estudiadas se encontró una asociación significativa con los senderos de la BE propuestos por Trigo et al (2013) (Tabla 2).

Tabla 2. Prueba de asociación de variables categóricas con senderos de la bioeconomía de Trigo et al (2013).

Variable categórica	P_valor Cuadrado Pearson	Chi	P_valor Cuadrado MV-G2	Chi	Interpretación
Región	0.0001		0.0149		Asociada
Tipo de proceso	<0.0001		<0.0001		Asociada
Materia Prima	<0.0001		<0.0001		Asociada
Producto Final	<0.0001		<0.0001		Asociada
Maduración	0.0001		0.0002		Asociada
Condicionantes de escala	0.0004		<0.0001		Asociada
Condicionante ambiental	0.0038		0.0075		Asociada
Sector	0.4737		0,5387		No asociada

Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Al cruzar las variables asociadas (Tabla 2), sin tener en cuenta la región, se hallaron cinco grupos (Figura 2). A continuación, se analizan los senderos y sus correspondencias con las variables asociadas.

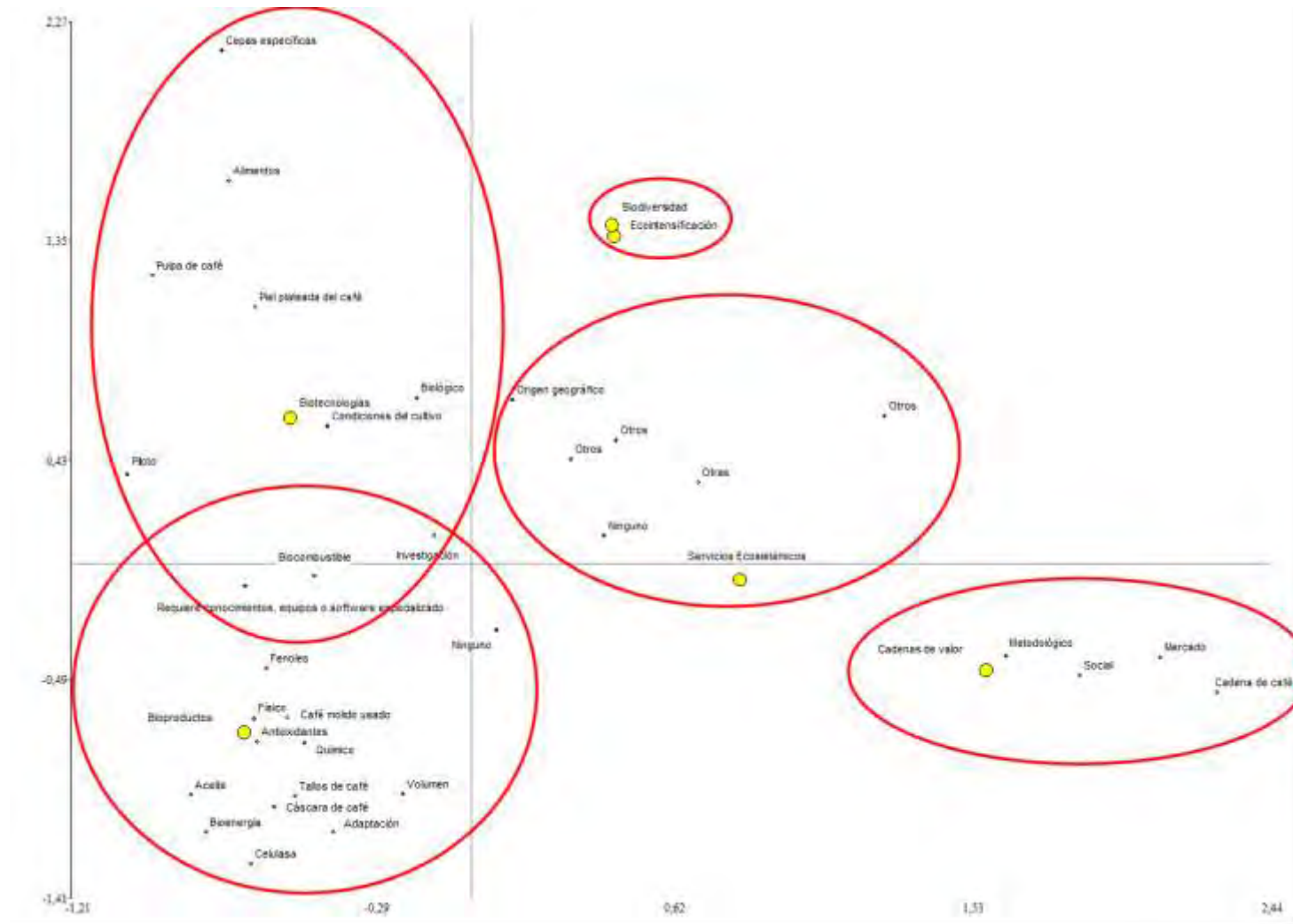


Figura 2. Análisis de correspondencia de las variables asociadas tipo de proceso, materia prima, producto final, maduraciones condicionantes de escala y condicionante ambiental con los senderos de la BE. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Sendero de los Bioproductos

No es de extrañar que el sendero de Bioproductos sea el mejor representado en la búsqueda de aprovechamientos con enfoque de BE en café a nivel mundial. El café es el segundo producto más comercializado en el mundo, y dada las formas de producción usadas, genera grandes cantidades de residuos ([Mussatto et al., 2011](#)). En 2017/2018, la producción mundial de café fue de 159.7 millones de sacos de 60 kg (9582000 toneladas) ([International Coffee Organization statistics, 2019](#)) y se generaron más de 2 mil millones de toneladas de subproductos ([Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Coelho et al., 2020](#)). Los principales subproductos del café son el café molido usado (*Spent Coffee Grounds (SCG)*) y la piel plateada del café, también conocida como película plateada del café (*Coffee silverskin (CSS)*) (Tabla 3, Figura 2). Se estima que, en promedio, se generan 650 kg de residuos de SCG por tonelada de granos de café verde, y que se obtienen alrededor de 2 kg de SCG húmedo por cada kilogramo de café soluble producido ([Karmee, 2018](#); [Mata et al., 2018](#)). Una parte significativa del SCG, alrededor del 50 %, es generada por la industria del café soluble y las cafeterías, especialmente en las cadenas como Starbucks; el consumo interno representa el resto ([Mata et al., 2018](#)). La producción mundial actual de SCG se estima en aproximadamente 8 millones de toneladas por año ([Kim et al., 2017](#)), la que mayormente se desecha como un residuo sin valor. Esto se debe en gran medida a la falta de métodos para abordar de manera eficiente la enorme cantidad de SCG producido ([Kim et al., 2017](#)). El manejo inadecuado de SCG puede causar una contaminación grave debido al alto consumo de oxígeno durante la descomposición de la materia orgánica fácilmente degradable y a la posible liberación de cafeína residual, taninos y polifenoles. En consecuencia, la gestión de SCG se ha convertido en un problema cada vez más desafiante ([Coelho et al., 2020](#)). En este estudio se encontraron 22 usos para el SCG, 12 de ellos en este sendero ([Marto et al., 2016](#); [Balseca-Sampedro et al., 2018](#); [Codignole Luz et al., 2018](#); [Stylianou et al., 2018](#); [Zuin y Ramin, 2018](#); [Lazzari et al., 2019](#); [Ramos-Andrés et al., 2019](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [San Martin et al., 2020](#)) (Tabla 3).

Tabla 3. Materias primas y sus productos reportados por la literatura consultada, según el sendero de BE analizado.

Materia Prima / Productos	Biod	Biop	Biot	Cad	Ecoi	Serv	Total
Aceite de café verde		1					1
Protector solar		1					1
Agua miel de café						1	1
Bioetanol						1	1
Árboles de sombra						1	1
Servicios Ecosistémicos						1	1
Arbustos de café		1					1
Pellets		1					1
Bebida de café						1	1
Social						1	1
Cadena de café				4			4
Certificación de los Estándares Voluntarios de Sostenibilidad (VSS)				1			1
Certificado según la Especificación disponible públicamente (PAS) 2060				1			1
Social-Migración				2			2
Café almendra defectuoso			1				1
Proteína			1				1
Café molido usado		22	11	4		2	39
Aceite		7					7
Alimento animal		1					1
Antioxidantes		1	1				2
Bioadsorbente			1				1
Biocombustible		3	3			2	8
Biofertilizante		1					1
Biogas		2					2
Biopolimeros		1					1
Biorremediador			1				1
Carbón			1				1
Carbono dopado con nitrógeno			1				1
Compost				1			1
Energía térmica				2			2
Fenoles		3					3
Hemicelulosas		1					1
Hongos comestibles			1				1
Ingrediente para alimentos enriquecidos			1				1
Pellets		1					1
Protector solar		1					1
Proteína			1				1

Social			1			1
Café tostado	1					1
Cafeína	1					1
Cafés especiales			1			1
Mejoras en los atributos sensoriales			1			1
Cafés solubles liofilizados	1					1
Actividad antioxidante	1					1
Cafés sostenibles			1			1
Mercados diferenciados			1			1
Capsulas de café			1			1
Capsulas de café			1			1
Cáscara de café	4	2				6
Biogas	1					1
Biorremediador		1				1
Celulasa	1	1				2
Fibras de celulosa	1					1
Mulching (Acolchado)	1					1
Cultivo de café	1		1	3	1	6
Atributos organolépticos				1		1
Diversidad de aves	1					1
Participación en los mercados especializados			1			1
Rendimiento				2		2
Sombra					1	1
Extracto de café soluble		1				1
Fenoles		1				1
Granos de café	1	2		2		5
Dinámica de hongos productores de ocratoxina A		1				1
Distribución espacial de Antestiopsis thunbergii				2		2
Niveles de contaminación por ocratoxina A		1				1
Perfil elemental de café	1					1
Granos de café defectuosos		1				1
Biocombustible		1				1
Granos de café verde		2				2
Atributos organolépticos		1				1
Trazas de plaguicidas		1				1
Granos defectuosos de café verde			1			1
Origen geográfico			1			1
Hojas de café		1				1
Extractos de hojas de café		1				1
Kahweol		1				1
Efecto anticonceptivo		1				1

Milpa	1			1
Biodiversidad	1			1
Muscilago		1		1
Ácido láctico fermentativo		1		1
Oligómero de Quitosano			1	1
Rendimiento			1	1
Pergamino	1			2
Aislante acústico			1	1
Antioxidantes	1			1
Piel plateada del café	1	8		9
Aceite		1		1
Alimento animal		1		1
Bioacumulación		1		1
Biocombustible		3		3
Carbohidratos	1			1
Ingrediente para alimentos enriquecidos		1		1
Perfil elemental de la piel plateada del café		1		1
Pulpa de café	4	4		8
Ácido láctico fermentativo		1		1
Bioetanol	1			1
Biogas		1		1
Compost	1			1
Fenoles	1			1
Hongos comestibles		1		1
Identificación de hongos productores de ocratoxina A		1		1
Pellets	1			1
Biofermento		1		1
Roya del café			2	2
Diagrama de área estándar (SAD) con fotografías en color (SADcp)			1	1
Distribución espacial de la roya			1	1
Social		9	1	10
Comercio justo: café		1		1
Membresía a una cooperativa		1		1
Migración			1	1
Social		7		7
Solución muy diluida de café soluble		1		1
Compuestos volátiles de café		1		1
Tallos de café	2			2
Bioetanol	1			1
Energía térmica	1			1
Tazas de café			1	1

Tazas de café						1	1
Total	3	38	37	22	8	9	117

Biod.: Biodiversidad; Biop.: Bioproductos; Biot.: Biotecnologías; Cadena.: Cadenas de valor; Eco.: Eco intensificación; Servicios.: Servicios Ecosistémicos. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Los principales productos obtenidos del SCG son los biocombustibles ([Burniol-Figols et al., 2016](#); [Ktori et al., 2018](#); [Atabani et al., 2019](#); [Kamil et al., 2019](#); [Cho et al., 2020](#); [Goh et al., 2020](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#); [Schmidt Rivera et al., 2020](#)), seguidos de los aceites ([de Melo et al., 2014](#); [Brazinha et al., 2015](#); [Karmee, 2018](#); [Mata et al., 2018](#); [Zuin y Ramin, 2018](#); [Lazzari et al., 2019](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#)) y los fenoles ([Ballesteros et al., 2017](#); [Stylianou et al., 2018](#); [Balzano et al., 2020](#)) (Tabla 3, Figura 2). Los métodos para la obtención de estos productos son, respectivamente, la extracción de aceite asistida por ultrasonidos, seguida por transesterificación ([Goh et al., 2020](#)), la extracción Soxhlet ([de Melo et al., 2014](#); [Karmee, 2018](#)) y la extracción con etanol ([Balzano et al., 2020](#)) (Anexo 2, Tabla 7).

Este subproducto contiene un 80 al 85 % de agua, con un tamaño de partícula fino y alta materia orgánica rica en azúcares, proteínas, aceite y lignina ([Mussatto et al., 2011](#)). [Zabaniotou y Kamaterou \(2019\)](#) mencionan que bioquímicamente SCG contiene del 9 al 16 % en peso seco de lípidos, del 5 al 15 % en peso seco de proteína y se considera una fuente importante de polisacáridos: casi la mitad del material (aproximadamente el 45 % en peso seco) son azúcares polimerizados en estructuras de celulosa y hemicelulosa ([Mussatto et al., 2011](#)). Se sabe que alrededor del 70 % en peso seco del total de polisacáridos del café tostado permanece en SCG ([Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#)), los cuales requieren un sistema adecuado para su eliminación. La digestión anaeróbica de SCG da como resultado la producción de gas metano como un producto de valor agregado. Mientras tanto, también se emite dióxido de carbono durante este proceso, que crea una plataforma para el calentamiento global y el cambio climático ([Rajesh Banu et al., 2020](#)). El relleno sanitario de SCG, por ende, conduce a la emisión de gas metano, lo que provoca un efecto negativo en el medio ambiente ([Rajesh Banu et al., 2020](#)). Es lamentable constatar que la mayoría de los países practica el relleno sanitario convencional para la gestión de SCG, aun cuando no es rentable ([Rajesh Banu et al., 2020](#)).

Para resolver los problemas enumerados anteriormente, muchos investigadores han sugerido la biorrefinería integrada de SCG, lo que resulta en más ganancias que los enfoques individuales y reduce varios impactos ambientales ([Rajesh Banu et al., 2020](#)). El diseño de una biorrefinería integrada para este subproducto no es fácil, debido a la dificultad de disponer frecuentemente del sustrato (SCG) y la necesidad de áreas locales y regionales para su acopio ([Rajesh Banu et al., 2020](#)). Para una BE, [Rajesh Banu et al. \(2020\)](#) proponen que la selección de materia prima para la biorrefinería integrada juegue un papel vital. Ello

dependerá del precio dispuesto a pagar por el insumo, y de la demanda del mercado del producto recuperado de la materia prima.

Estamos de acuerdo con [Kookos \(2018\)](#) en que el número de rutas alternativas para la valorización de los SCG aumenta constantemente, debido al gran interés tanto de la industria como de la academia, lo que exige dirigir la investigación en el campo hacia las tecnologías más prometedoras. En este sentido, nuestra revisión apunta a que la mejor ruta de valorización comprende la producción de bioenergías donde los biocombustibles obtenidos por métodos convencionales de destilación se reportan como las más factibles. De estos, es el biodiesel el que más evidencia acumula como prometedor ([Kookos, 2018](#); [Stylianou et al., 2018](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#)).

Además del sendero de Bioproductos, SCG se muestra como la materia prima más robusta para aprovechamientos en los senderos de Biotecnologías, Cadenas de valor y Servicios Ecosistémicos (Tabla 4). Esto da cuenta del enorme potencial de este subproducto que debe materializarse en la transición de la investigación al mercado.

Tabla 4. Productos del café molido usado (SCG) reportados por la literatura consultada, según el sendero de BE analizado.

	Bioproductos	Biotecnologías	Cadenas de valor	Servicios Ecosistémicos	Total
Café molido usado	22	11	4	2	39
Aceite	7				7
Alimento animal	1				1
Antioxidantes	1	1			2
Bioadsorbente		1			1
Biocombustible	3	3		2	8
Biofertilizante	1				1
Biogas	2				2
Biopolímeros	1				1
Bioremediador		1			1
Carbón		1			1
Carbono dopado con nitrógeno		1			1
Compost			1		1
Energía térmica			2		2
Fenoles	3				3
Hemicelulosas	1				1
Hongos comestibles		1			1

Ingrediente para alimentos enr.		1			1
Pellets	1				1
Protector solar	1				1
Proteína		1			1
Social			1		1
Total	22	11	4	2	39

Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Por su parte, CSS es un tegumento de granos de café obtenido como el mayor subproducto del proceso de tostado ([Costa et al., 2018](#); [Chen y Jhou, 2020](#)). [Mussatto et al. \(2011\)](#) reportan que contiene alta concentración de fibra dietética soluble (86 % de la fibra dietética total) y alta capacidad antioxidante. Los fenoles de CSS son libres o se incorporan a la cadena principal del polímero a través de enlaces éster con la fibra. Es necesario romper estos enlaces para separar los fenoles de manera eficiente, proceso que requiere energía ([del Pozo et al., 2019](#)). Al respecto, a menos que se use de forma directa como combustible, para compostaje o el suelo ([Bessada et al., 2018](#)), el procesamiento de esta materia prima requiere conocimientos y equipos de laboratorio. Lo anterior explicaría el menor número de usos en BE hallados, y que el sendero principal de las investigaciones sea Biotecnologías, con seis usos reportados (Tabla 3, Figura 2). Se encontró que todos los métodos usados buscan el rompimiento del enlace éster, bien sea por pirólisis ([Chen y Jhou, 2020](#)), hidrólisis alcalina ([Procentese et al., 2018a](#)), digestión con microondas ([Costa et al., 2018](#)) o enzimática ([Truzzi et al., 2020](#)), y que el principal producto de CSS es la generación de energía térmica como biocombustible.

Otras materias que sufren transformaciones para generar bioproductos son los granos verdes (usualmente deformes) (*Green coffee (GC)*) ([Ribeiro et al., 2011](#); [Pizzutti et al., 2012](#); [Ríaños Luna, 2013](#)), cuyo principal producto reportado es el aceite de café verde (GCO) obtenido por compresión mecánica ([Chiari et al., 2014](#)); la cáscara de café (*Coffee Husk (CH)*) ([Cerde et al., 2017](#); [Collazo-Bigliardi et al., 2018](#); [de Cássia Neves Esteca et al., 2018](#); [dos Santos et al., 2018](#); [Catalán et al., 2019](#)), de donde se obtiene frecuentemente celulosa ([Cerde et al., 2017](#); [Collazo-Bigliardi et al., 2018](#); [Catalán et al., 2019](#)) por fermentación en estado sólido (SSF) ([Cerde et al., 2017](#); [Catalán et al., 2019](#)); y pulpa de café (*Coffee Pulp (CP)*) ([Rodríguez, 2013](#); [Arguedas Gamboa, 2014](#); [Rendon et al., 2015](#); [Montero, 2017](#); [Ozcariz-Fermoselle et al., 2019](#); [Rosas de la Rosa, 2019](#); [Santos da Silveira et al., 2019](#)), en la que no predomina un producto, obteniéndose bioetanol por fermentación enzimática ([Rodríguez, 2013](#)), compost por lombricultura ([Rendon et al., 2015](#)), fenoles por SSF ([Santos da Silveira et al., 2019](#)) y pellets por extrusión mecánica ([Montero, 2017](#)) (Anexo 2, Tablas 3 y 7, Figura 2).

Los países donde más se implementaron desarrollos con enfoque de BE, EC y EV de café fueron, de mayor a menor, Brasil, Portugal, Colombia e Italia (Figura 3A); orden que coincide con los países que implementaron desarrollos en el sendero de Bioproductos.

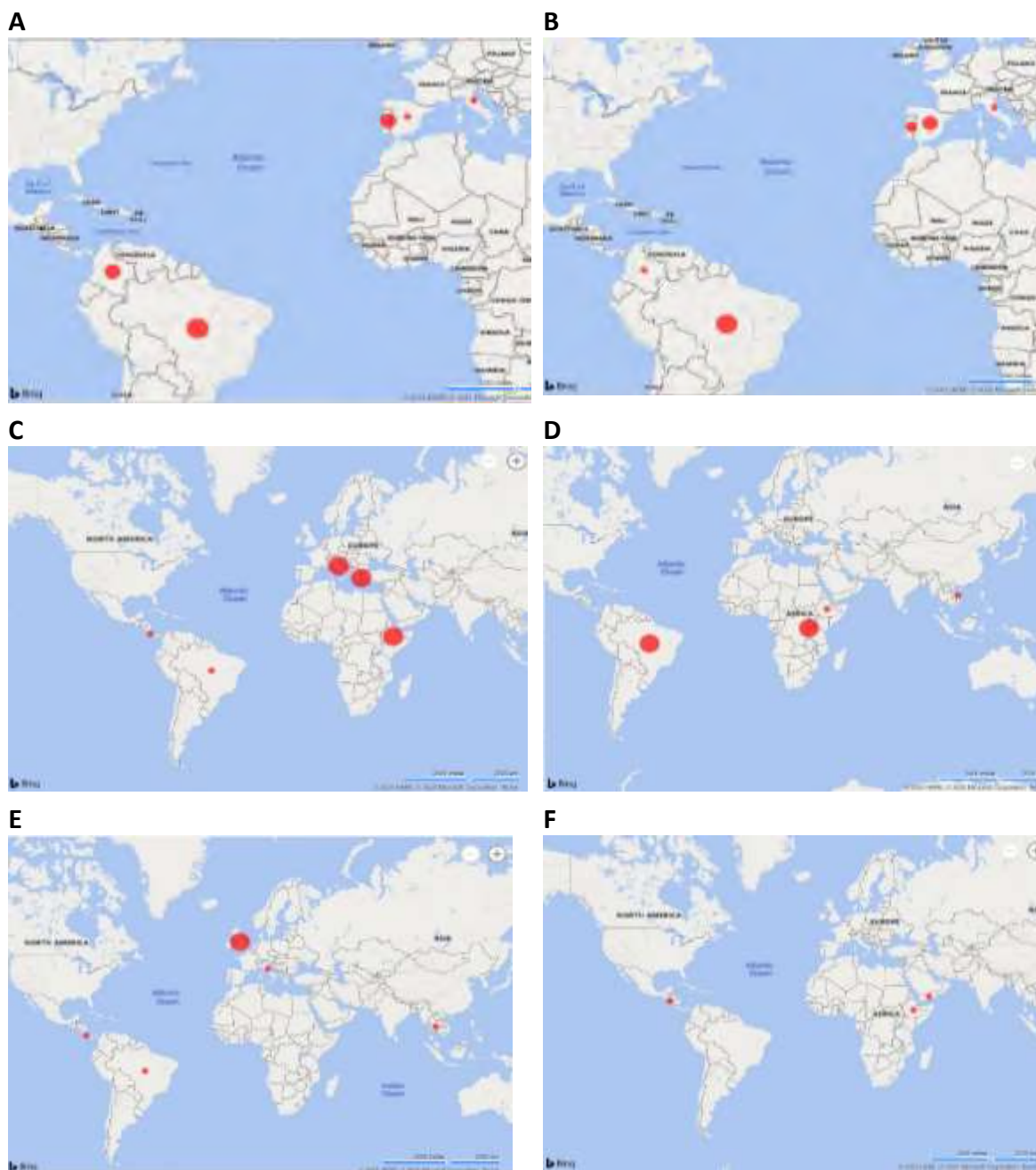


Figura 3. Número de publicaciones con enfoque de BE en café por país y por sendero. A. Bioproductos. B. Biotecnologías. C. Cadenas de valor. D. Eco intensificación. E. Servicios ecosistémicos. F. Biodiversidad. El tamaño de los círculos es proporcional al número de publicaciones halladas por país. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Sendero de la Biotecnología

En el sendero de la Biotecnología, destacan las transformaciones que requieren comúnmente un nivel de conocimientos y materiales superior al de Bioproductos (Anexo 2, Tablas 4 y 7, Figura 2). Como señalan [de Melo et al., 2014](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#), las biorrefinerías son, sobre todo aquellas con base en SCG para biocombustibles, una opción económicamente viable que, no obstante, demandan importantes flujos de capital, de formación y de diversificación para lograr valores presentes netos positivos. La generación de biocombustibles a partir tanto de SCG como de CSS implica tratamientos especializados con reactivos como hexano ([Goh et al., 2020](#)), y materiales de laboratorio como destiladores a escalas piloto e industrial ([Ktori et al., 2018](#); [Goh et al., 2020](#)) (Anexo 2). Incluso el uso de cepas de microorganismos como *Clostridium beijerinckii* DSM 6423, para producir butanol e isopropanol ([Procentese et al., 2018a](#)), demandan una capacidad instalada previa. Dichos condicionantes de aplicabilidad (Anexo 2) son más sensibles en países productores que consumidores de café, por lo que el sendero de las Biotecnologías se asocia más con países desarrollados que en vías de desarrollo (Tabla 5, Figura 3B).

Los senderos de Biotecnologías y Bioproductos están altamente interrelacionados (Figura 2), razón por la cual otros autores como [Dietz et al. \(2018\)](#) y [Priefer et al. \(2017\)](#) los han incluido como herramientas para la consecución en el aumento en la productividad, la eficiencia en la utilización de la biomasa, y la creación y adición de valor mediante la aplicación de principios y procesos propios de la BE. Así, [Priefer et al. \(2017\)](#) señalan que una de las rutas para alcanzar un desarrollo mediado por la BE está basada en el uso de la tecnología. Esta es actual, y está contrapuesta a una ruta basada en un enfoque socio ecológico, donde la sostenibilidad tiene un papel preponderante. Dado este hecho, no fue raro constatar que la principal limitación referida en los estudios consultados para los aprovechamientos en café con enfoque en BE, de los senderos de Bioproductos y Biotecnologías fueran la necesidad de conocimientos y equipos de laboratorio, que por su naturaleza son especializados (Anexo 2). Como era de esperarse, en la otra orilla las Cadenas de valor y los servicios ecosistémicos acusaron como limitaciones los volúmenes de materias primas y el equipamiento de software especializado para conllevar los aprovechamientos (Tabla 6).

Tabla 5. Número de publicaciones con enfoque de BE, CE o GE de café, por país donde se desarrolla la implementación.

País	Biod.	Biop.	Biot.	Cadenas	Eco.	Servicios	Total
Etiopía	1		1	3	1		6
Salvador	1						1
Yemen	1						1
Italia		4	3	3		1	11
República de Corea		2	1				3
Polonia		1					1
Chipre		1					1
Tailandia						1	1
Colombia		6	3	1			10
México			2				2
Costa Rica			1	2		1	4
Puerto Rico				1			1
Dinamarca		1					1
Brasil		7	6	2	3	1	19
Ecuador		1					1
Turquía			1				1
Emiratos Arabes						1	1
Malasia			1				1
España		4	5				9
Nicaragua						1	1
Estados Unidos				1			1
Portugal		6	4				10
Bélgica			1				1
Reino Unido				1		2	3
Finlandia				1			1
Ruanda				1	3		4
Francia		1	1				2
Sudáfrica		1					1
Grecia		1	2	3			6
Taiwan			2				2
Vietnam		1	1		1	1	4
China				1			1
Alemania			2				2
Guatemala		1					1
Indonesia				2			2
Total	3	38	37	22	8	9	117

Biod.: Biodiversidad; Biop.: Bioproductos; Biot.: Biotecnologías; Cadena.: Cadenas de valor; Eco.: Eco intensificación; Servicios.: Servicios Ecosistémicos. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Tabla 6. Limitantes de aplicación de los aprovechamientos de la BE referidos en la literatura de la última década consultada.

Limitante	Biod	Biop	Biot	Cadena	Eco	Servicios	Total
Ninguno	3	20	11	19	8	7	68
Requiere conocimientos y equipo de laboratorio		15	24				39
Volumen		3		1		1	5
Requiere software especializado				1		1	2
Necesita reactivos específicos			1				1
Política				1			1
Registro			1				1
Total	3	38	37	22	8	9	117

Biod.: Biodiversidad; Biop.: Bioproductos; Biot.: Biotecnologías; Cadena.: Cadenas de valor; Eco.: Eco intensificación; Servicios.: Servicios Ecosistémicos. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Sendero de Cadenas de Valor

Mientras los otros senderos se caracterizan por una base material para el uso del enfoque en BE en café, el sendero de Cadenas de valor se destaca porque sus aprovechamientos son de orden social, productivo, comercial o de mercado, y parten de la misma cadena objeto de los mejoramientos ([Minten et al., 2019](#)). No sólo son las certificaciones que involucran un manejo sostenible de los recursos, un compromiso ambiental y una responsabilidad social, tales como la Certificación de los Estándares Voluntarios de Sostenibilidad (VSS) ([Minten et al., 2018](#)), o el Certificado según la Especificación disponible públicamente (PAS) 2060 (carbono neutralidad) ([Birkenberg y Birner, 2018](#)) (Tabla 3), sino investigaciones en el rol histórico y social del café como motor de desarrollo de las naciones cafetaleras de Centro ([Wollni y Brümmer, 2012](#)), Sur América ([Abuabara et al., 2019](#)), el Caribe ([Diaz y Hunsberger, 2018](#)) y África ecuatorial ([Minten et al., 2019](#); [Worku et al., 2019](#)). Al respecto, [Narciso \(2020\)](#) encontró que los precios de venta del café afectan la probabilidad de migración de las personas con menor educación en la zona rural de Vietnam: a menor precio del café, mayor es la probabilidad de migrar. Este tipo de investigaciones robustecen el concepto de cadena de valor más allá de la cadena agrícola cuya finalidad es la venta de un producto en el mercado. En el sendero de Cadenas de valor no hubo un país dominante, repartiéndose la primera plaza Etiopía, Italia y Grecia, secundados por Brasil (Tabla 5, Figura 3C). El principal condicionante de aplicabilidad referido en este sendero fue la política (Tabla 6), pues se documenta un caso sobre economía verde en Indonesia que fracasó por intereses económicos y políticos dominantes de los actores del emprendimiento, la falta de coaliciones que debían conformar una cadena de valor, y el retiro del apoyo de los inversionistas verdes ante un panorama con más riesgos que recompensas ([Swainson y Mahanty, 2018](#)).

Sendero de la Eco intensificación

El sendero de Eco intensificación se caracterizó por las investigaciones en los ámbitos del Manejo Integrado de Plagas (MIP) ([Bigirimana et al., 2019a](#); [Bigirimana et al., 2019b](#); [Belan et al., 2020](#); [de Oliveira Pires et al., 2020](#)) y el rendimiento del cultivo ([Giannetti et al., 2011](#); [Bote y Jan, 2017](#)) (Anexo 2). Las principales plagas objeto de estudio fueron la roya del café (*Hemileia vastatrix* Berk. & Br) ([Belan et al., 2020](#); [de Oliveira Pires et al., 2020](#)) y la antestia (*Antestiopsis thunbergii* (Gmelin, 1970)) ([Bigirimana et al., 2019a](#); [Bigirimana et al., 2019b](#)), usando las imágenes satelitales, fotografías a color e inspecciones en campo para determinar de forma rápida la distribución de las plagas. En el rendimiento, se evaluó el desempeño ambiental del cultivo ([Giannetti et al., 2011](#)), los oligómeros de quitosano ([Dzung et al., 2011](#)) y la fertilidad del suelo ([Bucagu et al., 2013](#)) en el crecimiento de las plantas. Tanto en MIP como en rendimiento el enfoque de BE preveía la reutilización de materiales como fuentes de macronutrientes, y la promoción de los enemigos naturales de las plagas como una estrategia de manejo. Fueron Ruanda y Brasil los países donde se implementó principalmente el sendero de Eco intensificación de la BE (Figura 3D).

Sendero de los Servicios Ecosistémicos

Los Servicios ecosistémicos estuvieron divididos en dos grandes grupos: ambientales, de regulación y apoyo ([Ferrell y Cockerill, 2012](#); [Coltri et al., 2019](#); [Kamil et al., 2019](#); [Changwichan y Gheewala, 2020](#); [Schmidt Rivera et al., 2020](#)), por un lado, y culturales ([Cerdán et al., 2012](#); [Quan et al., 2015](#); [Ricciardi et al., 2017](#); [Narciso, 2020](#)), por otro. Las investigaciones, en el servicio ecosistémico ambiental, se centraron en la huella de carbono en los procesos de producción de biocombustibles ([Ferrell y Cockerill, 2012](#); [Kamil et al., 2019](#)), aislantes acústicos ([Ricciardi et al., 2017](#)) y tazas de café ([Changwichan y Gheewala, 2020](#)), por medio del análisis del ciclo de vida de los productos (Anexo 2). En el servicio ecosistémico de apoyo, se encontraron investigaciones en Brasil ([Coltri et al., 2019](#)) y Costa Rica ([Cerdán et al., 2012](#)) sobre el papel de la sombra en la producción, donde se constató una reducción en el rendimiento que es paleada por un incremento en la diversidad de fuentes de ingreso. Por otro lado, en los servicios culturales se revisó un caso sobre el papel de la cafeína en el desempeño de cirujanos laparoscopistas, donde la cafeína no tuvo un efecto marcado en la precisión, pero tuvo un efecto negativo en la economía de la tarea (movimientos de la mano) ([Quan et al., 2015](#)) (Anexo 2). Todos los países donde se hicieron investigaciones correspondientes con este sendero son productores: Vietnam, Brasil, Nicaragua y Costa Rica (Tabla 5, Figura 3E). No obstante, las investigaciones fueron lideradas por instituciones e investigadores del Reino Unido. Como condicionante de aplicabilidad se acusa el requerimiento de software especializado para modelar los análisis del ciclo de vida, la sombra o simular una laparoscopia (Tabla 6).

Sendero de la Biodiversidad

Solo tres investigaciones fueron reconocidas con temáticas que atañen al sendero de la Biodiversidad: el perfil elemental de muestras de café yemeníes, como una manera de diferenciar los cafés de Yemen y Etiopía a través del contenido de K y Ca ([Mohammed et al., 2019](#)); el contraste en la diversidad de aves entre un cafetal con sombra y el bosque en Costa Rica, a través de métodos tradicionales de ornitología ([Buechley et al., 2015](#)), y la diversidad de semillas de maíz en milpas manejadas por agricultores de café en El Salvador ([Olson et al., 2012](#)) (Anexo 2, Figura 3F). No se reconoció ningún condicionante de aplicabilidad, salvo el origen geográfico de los granos de café de Etiopía (Tabla 6). El reducido número de investigaciones correspondientes a este sendero recuperadas en este estudio pueden deberse a que la palabra «*biodiversidad*» es frecuentemente encontrada como un término subsidiario en temáticas bioeconómicas, cuya mención se supedita al cuerpo de las investigaciones y no a las palabras claves de los escritos.

2.3.2. Distribución de BE, EC y EV

Los senderos de la BE, y los enfoques relacionados de EC y EV, parecen tener una distribución que corresponden con el nivel de infraestructura, la riqueza en biodiversidad, los capitales humanos, financieros y normativos; pero, sobre todo, los eslabones mayoritarios de la cadena de producción de café a nivel mundial, que separan a países denominados en desarrollo y en vías de desarrollo, o consumidores y productores (Figura 4).



Figura 4. Número de publicaciones con enfoque de BE, EC (CE) y EV (GE) de café entre 2011 y 2020. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Dentro de los países productores de café con aprovechamientos de la BE, y con enfoques relacionados de EC y EV hallados en la revisión, encabezan un primer grupo Brasil, Colombia y Etiopía (Figura 4). Como se observa en la Figura 3A, estos países productores tienen aprovechamientos predominantemente en el sendero de Bioproductos, y las transformaciones referidas implican, en la mayoría de los casos, procesos naturales sin la intervención de equipos especializados: por ejemplo, producción de compost, lombricompost ([Rendon et al., 2015](#)), destilación simple de alcohol a partir de pulpa de café ([Santos et al., 2020](#)), alimento para animales ([San Martin et al., 2020](#)), extractos e infusiones de hojas de café ([Souard et al., 2018](#)), energía térmica a partir de restos de poda ([García, 2018](#)). Evidentemente, en estos países productores se reportan trabajos con biorrefinerías que conllevan un alto nivel técnico para su desarrollo ([dos Santos et al., 2018](#); [Aristizábal-Marulanda et al., 2019](#)), pero lo más frecuente es que la investigación en los senderos de Bioproductos y Biotecnologías que impliquen conocimientos y equipos especializados sea llevada a cabo desde un segundo grupo de países, los consumidores de café y promotores de la BE, como Grecia, Italia, Alemania, España y Portugal, en Europa, Estados Unidos en América y China en Asia. En estos últimos países se hallaron investigaciones en valorización de residuos de café con enfoques combinados de BE y EC. Por último, dos casos curiosos son Reino Unido, con instituciones e investigadores que encabezan investigaciones en aprovechamientos de la BE en el sendero de Servicios Ecosistémicos en Centro y Sur América, y Grecia con instituciones e investigadores que encabezan estudios de cadenas de valor en Etiopía, y biodiversidad en El Salvador.

Estos resultados concuerdan con lo hallado por ([D'Amato et al., \(2017\)](#)), quienes refieren un fuerte enfoque europeo en BE, un dominio chino en EC y una distribución global para EV. Al respecto comentan que EC es extremadamente próspera en la literatura china, mientras que en los EE. UU. la literatura sobre EV y BE son predominantes. En Europa, EC, EV y BE se investigan constantemente. Otras fuentes notables de literatura para EC, EV y BE que reportan estos investigadores incluyen: Australia, Brasil, Canadá, Rusia y Sudáfrica. EV es el discurso más extendido a nivel mundial, incluida la publicación de varios países en desarrollo. Por el contrario, EC y BE están más investigados en los institutos de economías en transición y desarrolladas ([D'Amato et al., 2017](#)).

2.4. Conclusiones

Existe una tendencia creciente en el número de investigaciones con enfoque de BE, EC y EV en café. Estos enfoques son conceptos en auge, con reconocimiento por la comunidad científica. Esta tendencia está influenciada por políticas públicas regionales supranacionales como es el caso de la Unión Europea que ha incluido los enfoques de BE y EC en sus planes de desarrollo regional. Una forma de clasificar la gran cantidad de investigaciones sobre los aprovechamientos de la BE en café a nivel mundial es el uso de los senderos de la BE reportados por Trigo *et al.* (2013). El sendero con mayor representación en investigaciones sobre los aprovechamientos de la BE en café a nivel mundial es el de Bioproductos, con

estrategias de BE para reutilizar los residuos de café como materias primas que se incluyen en emprendimientos de EC. Los principales productos reutilizados del café son el café molido usado (SCG) y la piel plateada del café (CSS), de los que se elabora principalmente biocombustibles, aceites y se extraen fenoles. Los países donde más se implementaron aprovechamientos con enfoque de BE y EC en café fueron, de mayor a menor, Brasil, Portugal, Colombia e Italia; orden que coincide con los países con investigaciones en aprovechamientos en el sendero de Bioproductos.

Los senderos de Biotecnologías y Bioproductos están altamente interrelacionados, razón por la cual autores como [Dietz *et al.* \(2018\)](#) y [Priefer *et al.* \(2017\)](#) los han incluido como herramientas para la consecución del aumento en la productividad, la eficiencia en la utilización de la biomasa, y la creación y adición de valor mediante la aplicación de principios y procesos propios de la BE. El sendero de las Biotecnologías secunda de cerca al sendero de los Bioproductos en el número de aprovechamientos con enfoque de BE y EC, donde destacan las transformaciones que requieren comúnmente un nivel de conocimientos y materiales superior a las reportadas en el sendero de Bioproductos, principalmente en biorrefinerías para la producción de biocombustibles y bioenergías. La necesidad de conocimientos y equipos de laboratorio, que por su naturaleza son especializados, fue la principal limitación referida en los estudios consultados para los aprovechamientos en café con enfoque de BE en los senderos de Bioproductos y Biotecnologías. La mayor frecuencia en investigaciones en el sendero de Biotecnologías provino del grupo de países consumidores de café y promotores de la BE, como Grecia, Italia, Alemania, España y Portugal, en Europa; Estados Unidos en América y China en Asia. En estos últimos países se hallaron investigaciones en valorización de residuos de café con enfoques combinados de BE y CE.

El sendero de Cadenas de valor se destaca porque sus aprovechamientos son de orden social, productivo, comercial o de mercado, y parten de la misma cadena objeto de los mejoramientos, dando reconocimiento al café como un motor de desarrollo de las naciones cafetaleras de Centroamérica, Sur América, el Caribe y África ecuatorial. En el sendero de Cadenas de valor no hubo un país dominante en investigaciones, compartiendo la primera plaza Etiopía, Italia y Grecia, seguidos por Brasil. Destaca que instituciones e investigadores de Grecia encabezaron estudios de cadenas de valor en Etiopía. El principal condicionante de aplicabilidad referido fue la política, pues se documenta un caso sobre EV en Indonesia que fracasó por intereses económicos y políticos dominantes de los actores del emprendimiento, la falta de coaliciones que debían conformar una cadena de valor, y el retiro del apoyo de los inversionistas verdes ante un panorama con más riesgos que recompensas.

Los senderos de Eco intensificación, Servicios ecosistémicos y, en especial, Biodiversidad, no tuvieron tan amplia representación en las investigaciones que entre 2011 y 2020 fueron revisadas en este estudio. El sendero de Eco intensificación se caracterizó por las investigaciones en los ámbitos del Manejo Integrado de Plagas (MIP) y el rendimiento del cultivo, en Ruanda y Brasil principalmente. No se reportó ninguna limitante en este sendero. El sendero de Servicios ecosistémicos estuvo dividido en dos grandes grupos: ambiental, de regulación y apoyo, por un lado, y cultural, por otro. Todos los países donde se hicieron investigaciones correspondientes con este sendero son productores: Vietnam, Brasil, Nicaragua y Costa Rica. No obstante, las investigaciones fueron lideradas por instituciones e investigadores del Reino Unido. Como condicionante de aplicabilidad se acusa el requerimiento de software especializado para modelar los análisis del ciclo de vida o la simulación de sombra. El sendero de Biodiversidad sólo estuvo representado por tres investigaciones sobre el perfil elemental de muestras de café yemeníes, la diversidad de aves entre un cafetal con sombra y el bosque en Costa Rica, y la diversidad de semillas de maíz en milpas manejadas por agricultores de café en El Salvador. No se reconoció ningún condicionante de aplicabilidad.

2.5. Agradecimientos

Este artículo se deriva de la beca AGROSAVIA-CATIE I15-2018, entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA-, Colombia; y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE-, Costa Rica. Agradezco a la Dra., Leida Mercado, por la dirección del trabajo de grado que originó este escrito, así como a los miembros del Comité de Tesis Hugo Chavarría y Adriana Escobedo, por sus oportunas correcciones y orientaciones.

2.6. Bibliografía

- Abuabara, L; Paucar-Caceres, A; Burrowes-Cromwell, T. 2019. Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: promoting circular economy International Journal of Production Research 57(23):7269-7288. doi <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1629664>
- Allesina, G; Pedrazzi, S; Allegretti, F; Tartarini, P. 2017. Spent coffee grounds as heat source for coffee roasting plants: Experimental validation and case study (Article). Applied Thermal Engineering 126:730-736. doi 10.1016/j.applthermaleng.2017.07.202
- Arguedas Gamboa, P. 2014. Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza) (Número especial). Tecnología en Marcha 27(1):38-49. doi <https://doi.org/10.18845/tm.v0i0.1654>

- Aristizábal-Marulanda, V; Cardona Alzate, CA; Martín, M. 2019. An integral methodological approach for biorefineries design: Study case of Colombian coffee cut-stems (Article). *Computers and Chemical Engineering* 126:35-53. doi 10.1016/j.compchemeng.2019.03.038
- Atabani, AE; Shobana, S; Mohammed, MN; Uğuz, G; Kumar, G; Arvindnarayan, S; Aslam, M; Al-Muhtaseb, AH. 2019. Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT-IR, TGA, DSC and NMR characterizations (Article). *Fuel* 244:419-430. doi 10.1016/j.fuel.2019.01.169
- Avraamidou, S; Baratsas, SG; Tian, Y; Pistikopoulos, EN. 2020. Circular Economy - A challenge and an opportunity for Process Systems Engineering *Computers & Chemical Engineering* 133:106629. doi https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106629
- Ballesteros, LF; Ramirez, MJ; Orrego, CE; Teixeira, JA; Mussatto, SI. 2017. Optimization of autohydrolysis conditions to extract antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds (Article). *Journal of Food Engineering* 199:1-8. doi 10.1016/j.jfoodeng.2016.11.014
- Balseca-Sampedro, OF; López-Ortiz, SA; Viteri-Núñez, EF; Analuisa-López, DS; Hernández-Gavilanes, EV. 2018. Elaboración, caracterización y posibles aplicaciones de briquetas de residuos de café (borra) como biocombustible sólido *Polo del Conocimiento* 3(7):420-452.
- Balzano, M; Loizzo, MR; Tundis, R; Lucci, P; Nunez, O; Fiorini, D; Giardinieri, A; Frega, NG; Pacetti, D. 2020. Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds (Article). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 59: doi 10.1016/j.ifset.2019.102254
- Belan, LL; Belan, LL; da Matta Rafael, A; Gonçalves Gomes, CA; Alves, FR; Cintra de Jesus Junior, W; Moraes, WB. 2020. Standard area diagram with color photographs to estimate the severity of coffee leaf rust in *Coffea canephora* (Article). *Crop Protection* 130: doi 10.1016/j.cropro.2020.105077
- Bessada, SMF; Alves, RC; Costa, ASG; Nunes, MA; Oliveira, MBPP. 2018. *Coffea canephora* silverskin from different geographical origins: A comparative study (Article). *Science of the Total Environment* 645:1021-1028. doi 10.1016/j.scitotenv.2018.07.201
- Bigirimana, J; Adams, CG; Gatarayiha, CM; Muhutu, JC; Gut, LJ. 2019a. Occurrence of potato taste defect in coffee and its relations with management practices in Rwanda (Article). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 269:82-87. doi 10.1016/j.agee.2018.09.022

- Bigirimana, J; Uzayisenga, B; Gut, LJ. 2019b. Population distribution and density of *Antestiopsis thunbergii* (Hemiptera: Pentatomidae) in the coffee growing regions of Rwanda in relation to climatic variables (Article). *Crop Protection* 122:136-141. doi 10.1016/j.cropro.2019.04.029
- Birkenberg, A; Birner, R. 2018. The world's first carbon neutral coffee: Lessons on certification and innovation from a pioneer case in Costa Rica (Article). *Journal of Cleaner Production* 189:485-501. doi 10.1016/j.jclepro.2018.03.226
- Bosbach, M; Maietta, OW. 2019. The Implicit Price for Fair Trade Coffee: Does Social Capital Matter? (Article). *Ecological Economics* 158:34-41. doi 10.1016/j.ecolecon.2018.12.010
- Bote, AD; Jan, V. 2017. Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality (Article). *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 83:39-46. doi 10.1016/j.njas.2017.09.002
- Brazinha, C; Cadima, M; Crespo, JG. 2015. Valorisation of spent coffee through membrane processing (Article). *Journal of Food Engineering* 149:123-130. doi 10.1016/j.jfoodeng.2014.07.016
- Bucagu, C; Vanlauwe, B; Giller, KE. 2013. Managing Tephrosia mulch and fertilizer to enhance coffee productivity on smallholder farms in the Eastern African Highlands (Article). *European Journal of Agronomy* 48:19-29. doi 10.1016/j.eja.2013.02.005
- Buechley, ER; Şekercioğlu, TH; Atickem, A; Gebremichael, G; Ndungu, JK; Mahamued, BA; Beyene, T; Mekonnen, T; Lens, L. 2015. Importance of Ethiopian shade coffee farms for forest bird conservation (Article). *Biological Conservation* 188:50-60. doi 10.1016/j.biocon.2015.01.011
- Burniol-Figols, A; Cenian, K; Skiadas, IV; Gavala, HN. 2016. Integration of chlorogenic acid recovery and bioethanol production from spent coffee grounds (Article). *Biochemical Engineering Journal* 116:54-64. doi 10.1016/j.bej.2016.04.025
- Carrez, D; Van Leeuwen, P. 2015. Bioeconomy: circular by nature *The European Files* 38:34-35.
- Catalán, E; Komilis, D; Sánchez, A. 2019. Environmental impact of cellulase production from coffee husks by solid-state fermentation: A life-cycle assessment (Article). *Journal of Cleaner Production* 233:954-962. doi 10.1016/j.jclepro.2019.06.100
- Cerda, A; Gea, T; Vargas-García, MC; Sánchez, A. 2017. Towards a competitive solid state fermentation: Cellulases production from coffee husk by sequential batch operation and role of microbial diversity (Article). *Science of the Total Environment* 589:56-65. doi 10.1016/j.scitotenv.2017.02.184

- Cerdán, CR; Rebolledo, MC; Soto, G; Rapidel, B; Sinclair, FL. 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems (Article). *Agricultural Systems* 110:119-130. doi 10.1016/j.agsy.2012.03.014
- Changwichan, K; Gheewala, SH. 2020. Choice of materials for takeaway beverage cups towards a circular economy *Sustainable Production and Consumption* 22:34-44. doi <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.02.004>
- Chavarría, H. 2018. Programa de bioeconomía y desarrollo productivo. Abordajes conceptuales y metodológicos para la cooperación técnica. Ed. IICA. 21 p. (Programa de bioeconomía).
- Chen, YC; Jhou, SY. 2020. Integrating spent coffee grounds and silver skin as biofuels using torrefaction (Article). *Renewable Energy* 148:275-283. doi 10.1016/j.renene.2019.12.005
- Chiari, BG; Trovatti, E; Pecoraro, T; Corrêa, MA; Cicarelli, RMB; Ribeiro, SJL; Isaac, VLB. 2014. Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application (Article). *Industrial Crops and Products* 52:389-393. doi 10.1016/j.indcrop.2013.11.011
- Cho, EJ; Trinh, LTP; Song, Y; Lee, YG; Bae, H-J. 2020. Bioconversion of biomass waste into high value chemicals *Bioresource technology* 298:122386. doi <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122386>
- Chojnacka, K; Moustakas, K; Witek-Krowiak, A. 2020. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy (Review). *Bioresource technology* 295: doi 10.1016/j.biortech.2019.122223
- Codignole Luz, F; Volpe, M; Fiori, L; Manni, A; Cordiner, S; Mulone, V; Rocco, V. 2018. Spent coffee enhanced biomethane potential via an integrated hydrothermal carbonization-anaerobic digestion process (Article). *Bioresource technology* 256:102-109. doi 10.1016/j.biortech.2018.02.021
- Coelho, GO; Batista, MJ; Ávila, AF; Franca, AS; Oliveira, LS. 2020. Development and characterization of biopolymeric films comprised mostly of galactomannans recovered from spent coffee grounds *Journal of Food Engineering*:110083. doi <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110083>
- Collazo-Bigliardi, S; Ortega-Toro, R; Chiralt Boix, A. 2018. Isolation and characterisation of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk (Article). *Carbohydrate Polymers* 191:205-215. doi 10.1016/j.carbpol.2018.03.022

- Coltri, PP; Pinto, HS; Gonçalves, RRDV; Zullo Junior, J; Dubreuil, V. 2019. Low levels of shade and climate change adaptation of Arabica coffee in southeastern Brazil (Article). *Heliyon* 5(2): doi 10.1016/j.heliyon.2019.e01263
- Contreras-Calderón, J; Mejía-Díaz, D; Martínez-Castaño, M; Bedoya-Ramírez, D; López-Rojas, N; Gómez-Narváez, F; Medina-Pineda, Y; Vega-Castro, O. 2016. Evaluation of antioxidant capacity in coffees marketed in Colombia: Relationship with the extent of non-enzymatic browning (Article). *Food Chemistry* 209:162-170. doi 10.1016/j.foodchem.2016.04.038
- Costa, ASG; Alves, RC; Vinha, AF; Costa, E; Costa, CSG; Nunes, MA; Almeida, AA; Santos-Silva, A; Oliveira, MBPP. 2018. Nutritional, chemical and antioxidant/pro-oxidant profiles of silverskin, a coffee roasting by-product (Article). *Food Chemistry* 267:28-35. doi 10.1016/j.foodchem.2017.03.106
- D'Amato, D; Droste, N; Allen, B; Kettunen, M; Lähtinen, K; Korhonen, J; Leskinen, P; Matthies, B; Toppinen, A. 2017. Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues *Journal of Cleaner Production* 168:716-734.
- de Cássia Neves Esteca, F; Rodrigues, LR; de Moraes, GJ; Júnior, ID; Klingen, I. 2018. Mulching with coffee husk and pulp in strawberry affects edaphic predatory mite and spider mite densities (Article). *Experimental and Applied Acarology* 76(2):161-183. doi 10.1007/s10493-018-0309-0
- de Melo, MMR; Barbosa, HMA; Passos, CP; Silva, CM. 2014. Supercritical fluid extraction of spent coffee grounds: Measurement of extraction curves, oil characterization and economic analysis (Article). *Journal of Supercritical Fluids* 86:150-159. doi 10.1016/j.supflu.2013.12.016
- de Oliveira Pires, MS; de Carvalho Alves, M; Pozza, EA. 2020. Multispectral radiometric characterization of coffee rust epidemic in different irrigation management systems *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 86:102016. doi <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102016>
- del Pozo, C; Bartrolí, J; Puy, N; Fàbregas, E. 2019. Converting coffee silverskin to value-added products under a biorefinery approach (Conference Paper). In. *European Biomass Conference and Exhibition Proceedings*. p. 1292-1296. Export Date: 7 May 2020 Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071067819&partnerID=40&md5=de86a826ba9c9c552ef5ccced527c51a>
- Díaz, II; Hunsberger, C. 2018. Can agroecological coffee be part of a food sovereignty strategy in Puerto Rico? *Geoforum* 97:84-94. doi <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.10.016>

- Dietz, T; Börner, J; Förster, J; von Braun, J. 2018. Governance of the bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies Sustainability 10(9):3190.
- Dietz, T; Börner, J; Förster, J; von Braun, J. 2018. Governance of the bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies Sustainability 10(9):3190.
- Djossou, O; Perraud-Gaime, I; Lakhal Mirleau, F; Rodriguez-Serrano, G; Karou, G; Niamke, S; Ouzari, I; Boudabous, A; Roussos, S. 2011. Robusta coffee beans post-harvest microflora: *Lactobacillus plantarum* sp. as potential antagonist of *Aspergillus carbonarius* (Article). Anaerobe 17(6):267-272. doi 10.1016/j.anaerobe.2011.03.006
- dos Santos, LC; Adarme, OFH; Baêta, BEL; Gurgel, LVA; de Aquino, SF. 2018. Production of biogas (methane and hydrogen) from anaerobic digestion of hemicellulosic hydrolysate generated in the oxidative pretreatment of coffee husks Bioresource technology 263:601-612. doi https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.037
- Durand, N; El Sheikha, AF; Suarez-Quiros, ML; Oscar, GR; Nganou, ND; Fontana-Tachon, A; Montet, D. 2013. Application of PCR-DGGE to the study of dynamics and biodiversity of yeasts and potentially OTA producing fungi during coffee processing (Article). Food Control 34(2):466-471. doi 10.1016/j.foodcont.2013.05.017
- Dzung, NA; Khanh, VTP; Dzung, TT. 2011. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee (Conference Paper). Carbohydrate Polymers 84(2):751-755. doi 10.1016/j.carbpol.2010.07.066
- European Commission. 2012. Innovating for Sustainable Growth: a Bioeconomy for Europe. Bruselas, (COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS).
- Export Date: 7 May 2020. Disponible en https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85033198599&doi=10.1007%2f978-3-319-50088-1_3&partnerID=40&md5=902707663bde5201cfe42ba1c72eb5a2
- Favaro, CP; Baraldi, IJ; Casciatori, FP; Farinas, CS. 2020. β -Mannanase Production Using Coffee Industry Waste for Application in Soluble Coffee Processing Biomolecules 10(2):227. doi doi:10.3390/biom10020227
- Fernandez-Gomez, B; Lezama, A; Amigo-Benavent, M; Ullate, M; Herrero, M; Martín, MÁ; Mesa, MD; del Castillo, MD. 2016. Insights on the health benefits of the bioactive compounds of coffee silverskin extract (Article). Journal of Functional Foods 25:197-207. doi 10.1016/j.jff.2016.06.001

- Ferreira, J; Ferreira, C. 2018. Challenges and opportunities of new retail horizons in emerging markets: The case of a rising coffee culture in China (Article). *Business Horizons* 61(5):783-796. doi 10.1016/j.bushor.2018.06.001
- Ferrell, J; Cockerill, K. 2012. Closing coffee production loops with waste to ethanol in Matagalpa, Nicaragua (Article). *Energy for Sustainable Development* 16(1):44-50. doi 10.1016/j.esd.2011.12.008
- García, CA; Peña, Á; Betancourt, R; Cardona, CA. 2018. Energetic and environmental assessment of thermochemical and biochemical ways for producing energy from agricultural solid residues: Coffee Cut-Stems case (Article). *Journal of Environmental Management* 216:160-168. doi 10.1016/j.jenvman.2017.04.029
- Geremew, T; Abate, D; Landschoot, S; Haesaert, G; Audenaert, K. 2016. Occurrence of toxigenic fungi and ochratoxin A in Ethiopian coffee for local consumption (Article). *Food Control* 69:65-73. doi 10.1016/j.foodcont.2016.04.025
- Getachew, AT; Chun, BS. 2016. Influence of hydrothermal process on bioactive compounds extraction from green coffee bean (Article). *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 38:24-31. doi 10.1016/j.ifset.2016.09.006
- Giannetti, BF; Ogura, Y; Bonilla, SH; Almeida, CMVB. 2011. Accounting energy flows to determine the best production model of a coffee plantation (Article). *Energy Policy* 39(11):7399-7407. doi 10.1016/j.enpol.2011.09.005
- Goh, BHH; Ong, HC; Chong, CT; Chen, WH; Leong, KY; Tan, SX; Lee, XJ. 2020. Ultrasonic assisted oil extraction and biodiesel synthesis of Spent Coffee Ground (Article). *Fuel* 261: doi 10.1016/j.fuel.2019.116121
- Górriz, E; de Arano, IM. 2017. Avanzando hacia una bioeconomía circular: el papel de los bosques Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales(43):151-162.
- Granados, C. 2011. El impacto ambiental del café en la historia costarricense Diálogos. *Revista Electrónica de Historia* 4(2):43.
- Guzzo, LS; Romero, TRL; Queiroz, CM; Caliar, MV; Azevedo, AO; Perez, AC; Duarte, IDG. 2015. Involvement of endogenous opioid peptides in the peripheral antinociceptive effect induced by the coffee specific diterpene kahweol (Article). *Pharmacological Reports* 67(5):1010-1015. doi 10.1016/j.pharep.2015.02.009
- Hien, TT; Thien, PH; Thanh, ND; Tuan, PD. 2017. Synthesis of novel magnetic adsorbents from coffee husks by hydrothermal carbonization Vietnam Journal of Science and Technology 55(4):526. doi <https://doi.org/10.15625/2525-2518/55/4/9016>

- Hodson de Jaramillo, E; Henry, G; Trigo, EJ. 2019. La bioeconomía. Marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Pontificia Universidad Javeriana.
- IICA. 2019. Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía. Contexto, conceptos básicos y orientaciones metodológicas para el trabajo de validación y aplicación piloto en territorios rurales y/o cadenas agrícolas. Ed. IICA. San José, Costa Rica, 71 p. (Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo).
- International Coffee Organization statistics. 2019. Inventories of green coffee in selected importing countries. Ed. ICO. (ICO).
- Jiménez-Zamora, A; Pastoriza, S; Rufián-Henares, JA. 2015. Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties (Article). LWT - Food Science and Technology 61(1):12-18. doi 10.1016/j.lwt.2014.11.031
- Kamil, M; Ramadan, KM; Olabi, AG; Shanableh, A; Ghenai, C; Al Naqbi, AK; Awad, OI; Ma, X. 2019. Comprehensive evaluation of the life cycle of liquid and solid fuels derived from recycled coffee waste Resources, Conservation and Recycling 150:104446. doi <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104446>
- Karmee, SK. 2018. A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites (Review). Waste Management 72:240-254. doi 10.1016/j.wasman.2017.10.042
- Kim, J; Kim, H; Baek, G; Lee, C. 2017. Anaerobic co-digestion of spent coffee grounds with different waste feedstocks for biogas production (Article). Waste Management 60:322-328. doi 10.1016/j.wasman.2016.10.015
- Kookos, I. 2018. Technoeconomic and environmental assessment of a process for biodiesel production from spent coffee grounds (SCGs) Resources, Conservation and Recycling 134:156-164. doi <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.02.002>
- Ktori, R; Kamaterou, P; Zabaniotou, A. 2018. Spent coffee grounds valorization through pyrolysis for energy and materials production in the concept of circular economy Materials Today: Proceedings 5(14):27582-27588. doi <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.09.078>
- Lazzari, E; Arena, K; Caramão, EB; Herrero, M. 2019. Quantitative analysis of aqueous phases of bio-oils resulting from pyrolysis of different biomasses by two-dimensional comprehensive liquid chromatography Journal of Chromatography A 1602:359-367. doi <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.06.016>
- Lopes, GR; Passos, CP; Rodrigues, C; Teixeira, JA; Coimbra, MA. 2020. Impact of microwave-assisted extraction on roasted coffee carbohydrates, caffeine, chlorogenic acids and

- coloured compounds Food Research International 129:108864. doi <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108864>
- MacArthur, E. 2013. Towards the circular economy, economic and business rationale for an accelerated transition Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK:21-34.
- Maina, S; Kachrimanidou, V; Koutinas, A. 2017. A roadmap towards a circular and sustainable bioeconomy through waste valorization Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry 8:18-23.
- Marconi, M; Germani, M; Mandolini, M; Favi, C. 2019. Applying data mining technique to disassembly sequence planning: a method to assess effective disassembly time of industrial products International Journal of Production Research 57(2):599-623. doi <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1472404>
- Martínez, AN; Porcelli, AM. 2017. Reflexiones sobre la economía verde. El New Deal Ecológico Mundial Lex: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas 15(19):361-408.
- Marto, J; Gouveia, L; Chiari, B; Paiva, A; Isaac, V; Pinto, P; Simões, P; Almeida, A; Ribeiro, H. 2016. The green generation of sunscreens: Using coffee industrial sub-products Industrial Crops and Products 80:93-100. doi <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.033>
- Mata, TM; Martins, AA; Caetano, NS. 2018. Bio-refinery approach for spent coffee grounds valorization (Review). Bioresource technology 247:1077-1084. doi [10.1016/j.biortech.2017.09.106](https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.106)
- Matrapazi, VK; Zabaniotou, A. 2020. Experimental and feasibility study of spent coffee grounds upscaling via pyrolysis towards proposing an eco-social innovation circular economy solution (Article). Science of the Total Environment 718: doi [10.1016/j.scitotenv.2020.137316](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137316)
- Mendoza Martinez, CL; Sermyagina, E; de Cassia Oliveira Carneiro, A; Vakkilainen, E; Cardoso, M. 2019. Production and characterization of coffee-pine wood residue briquettes as an alternative fuel for local firing systems in Brazil (Article). Biomass and Bioenergy 123:70-77. doi [10.1016/j.biombioe.2019.02.013](https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.02.013)
- Minten, B; Dereje, M; Engida, E; Kuma, T. 2019. Coffee value chains on the move: Evidence in Ethiopia (Article). Food Policy 83:370-383. doi [10.1016/j.foodpol.2017.07.012](https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.07.012)
- Minten, B; Dereje, M; Engida, E; Tamru, S. 2018. Tracking the Quality Premium of Certified Coffee: Evidence from Ethiopia (Article). World Development 101:119-132. doi [10.1016/j.worlddev.2017.08.010](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2017.08.010)

- Mohammed, F; Guillaume, D; Dowman, S; Abdulwali, N. 2019. An easy way to discriminate Yemeni against Ethiopian coffee (Article). *Microchemical Journal* 145:173-179. doi 10.1016/j.microc.2018.10.039
- Montero, E. 2017. Pelletizado de la broza (pulpa del café) para ser usada como recurso energético en el proceso de beneficiado *Boletín Promecafé*(150):3-7.
- Mora Alvarez, NM; Pastrana, JM; Lagos, Y; Lozada, JJ. 2018. Evaluation of mercury (Hg²⁺) adsorption capacity using exhausted coffee waste (Article). *Sustainable Chemistry and Pharmacy* 10:60-70. doi 10.1016/j.scp.2018.09.004
- Mujawamariya, G; D'Haese, M; Speelman, S. 2013. Exploring double side-selling in cooperatives, case study of four coffee cooperatives in Rwanda (Article). *Food Policy* 39:72-83. doi 10.1016/j.foodpol.2012.12.008
- Mussatto, SI; Machado, EMS; Martins, S; Teixeira, JA. 2011. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues (Review). *Food and Bioprocess Technology* 4(5):661-672. doi 10.1007/s11947-011-0565-z
- Narciso, G. 2020. Crop prices and the individual decision to migrate (Article). *Food Policy* 91: doi 10.1016/j.foodpol.2019.101812
- Neilson, J; Wright, J; Aklimawati, L. 2018. Geographical indications and value capture in the Indonesia coffee sector (Article). *Journal of Rural Studies* 59:35-48. doi 10.1016/j.jrurstud.2018.01.003
- Neu, AK; Pleissner, D; Mehlmann, K; Schneider, R; Puerta-Quintero, GI; Venus, J. 2016. Fermentative utilization of coffee mucilage using *Bacillus coagulans* and investigation of down-stream processing of fermentation broth for optically pure l(+)-lactic acid production (Article). *Bioresource technology* 211:398-405. doi 10.1016/j.biortech.2016.03.122
- Olson, MB; Morris, KS; Méndez, VE. 2012. Cultivation of maize landraces by small-scale shade coffee farmers in western El Salvador (Article). *Agricultural Systems* 111:63-74. doi 10.1016/j.agsy.2012.05.005
- Ozcariz-Fermoselle, MV; de Vega-Luttmann, G; de Jesús Lugo-Monter, F; Galhano, C; Arce-Cervantes, O. 2019. Promoting Circular Economy Through Sustainable Agriculture in Hidalgo: Recycling of Agro-Industrial Waste for Production of High Nutritional Native Mushrooms. Springer. 455-469 p.
- Pereira, LL; Guarçoni, RC; Pinheiro, PF; Osório, VM; Pinheiro, CA; Moreira, TR; ten Caten, CS. 2020. New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives *Food Chemistry* 310:125943. doi https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125943

- Pettinato, M; Casazza, AA; Perego, P. 2019. The role of heating step in microwave-assisted extraction of polyphenols from spent coffee grounds (Article). *Food and Bioproducts Processing* 114:227-234. doi 10.1016/j.fbp.2019.01.006
- Pizzutti, IR; de Kok, A; Dickow Cardoso, C; Reichert, B; de Kroon, M; Wind, W; Weber Righi, L; Caiel da Silva, R. 2012. A multi-residue method for pesticides analysis in green coffee beans using gas chromatography-negative chemical ionization mass spectrometry in selective ion monitoring mode (Article). *Journal of Chromatography A* 1251:16-26. doi 10.1016/j.chroma.2012.06.041
- Plaza, MG; González, AS; Pevida, C; Rubiera, F. 2015. Green coffee based CO₂ adsorbent with high performance in postcombustion conditions (Article). *Fuel* 140:633-648. doi 10.1016/j.fuel.2014.10.014
- Pleissner, D; Neu, AK; Mehlmann, K; Schneider, R; Puerta-Quintero, GI; Venus, J. 2016. Fermentative lactic acid production from coffee pulp hydrolysate using *Bacillus coagulans* at laboratory and pilot scales (Article). *Bioresource technology* 218:167-173. doi 10.1016/j.biortech.2016.06.078
- Posada Carbó, E. 2012. Café y democracia en Colombia: reflexiones desde la historia *Revista de Economía institucional* 14(27):241-254.
- Priefer, C; Jörissen, J; Frör, O. 2017. Pathways to shape the bioeconomy *Resources* 6(1):10.
- Procentese, A; Raganati, F; Navarini, L; Olivieri, G; Russo, ME; Marzocchella, A. 2018a. Coffee silverskin as a renewable resource to produce butanol and isopropanol (Article). *Chemical Engineering Transactions* 64:139-144. doi 10.3303/CET1864024
- Procentese, A; Raganati, F; Olivieri, G; Russo, ME; Rehmann, L; Marzocchella, A. 2018b. Deep Eutectic Solvents pretreatment of agro-industrial food waste *Biotechnology for biofuels* 11(1):37. doi <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1034-y>
- Programa de las Naciones Unidas. 2019. Sustainable development goals.
- Puga, H; Alves, RC; Costa, AS; Vinha, AF; Oliveira, MBPP. 2017. Multifrequency multimode modulated technology as a clean, fast, and sustainable process to recover antioxidants from a coffee by-product (Article). *Journal of Cleaner Production* 168:14-21. doi 10.1016/j.jclepro.2017.08.231
- Pulido Blanco, V. C. (2020). Análisis del potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10077>

- Quan, V; Alaraimi, B; Elbakbak, W; Bouhelal, A; Patel, B. 2015. Crossover study of the effect of coffee consumption on simulated laparoscopy skills (Article). *International Journal of Surgery* 14:90-95. doi 10.1016/j.ijssu.2015.01.004
- Rajesh Banu, J; Kavitha, S; Yukesh Kannah, R; Dinesh Kumar, M; Preethi; Atabani, AE; Kumar, G. 2020. Biorefinery of spent coffee grounds waste: Viable pathway towards circular bioeconomy (Review). *Bioresource technology* 302: doi 10.1016/j.biortech.2020.122821
- Ramos-Andrés, M; Andrés-Iglesias, C; García-Serna, J. 2019. Production of molecular weight fractionated hemicelluloses hydrolyzates from spent coffee grounds combining hydrothermal extraction and a multistep ultrafiltration/diafiltration *Bioresource technology* 292:121940. doi <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121940>
- Rendon, J; Garcia, J; Gonzalez, H; Ramirez, J. 2015. Análisis técnico económico del proceso de lombricultura en pulpa de café, para la producción de abono orgánico *Revista Cenicafé* 66(2):7-16.
- Ríaños Luna, CE. 2013. *Tecnología del café*. Ed. Universidad Abierta a Distancia, FdA. Universidad Abierta a Distancia, Facultad de Alimentos, UNAD. 244 p. (Curso de Tecnología del café). doi https://issuu.com/revistaelcafetalero/docs/tecnologia_del_cafe
- Ribeiro, FC; Borém, FM; Giomo, GS; De Lima, RR; Malta, MR; Figueiredo, LP. 2011. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂ (Article). *Journal of Stored Products Research* 47(4):341-348. doi 10.1016/j.jspr.2011.05.007
- Ricciardi, P; Torchia, F; Belloni, E; Lascaro, E; Buratti, C. 2017. Environmental characterisation of coffee chaff, a new recycled material for building applications (Article). *Construction and Building Materials* 147:185-193. doi 10.1016/j.conbuildmat.2017.04.114
- Rodríguez Cáceres, JV; Martínez Méndez, FJ; Rodríguez Muñoz, JV. 2008. ESTUDIO DE LA SIMILITUD DE LA RESPUESTA DE LOS PRINCIPALES MOTORES DE BÚSQUEDA EN LA WEB *Anales De Documentación* 11:197-218.
- Rodríguez, N. 2013. Producción de alcohol a partir de la pulpa de café *Revista Cenicafé* 64(2):78-93.
- Rosas de la Rosa, OA. 2019. Producción de biogás a partir de los residuos de pulpa de café. Ed. Puebla, UI. Puebla, México, Repositorio Institucional. 4 p. (Circulo de Escritores).
- Rueda, X; Lambin, EF. 2013. Linking Globalization to Local Land Uses: How Eco-Consumers and Gourmands are Changing the Colombian Coffee Landscapes (Article). *World Development* 41(1):286-301. doi 10.1016/j.worlddev.2012.05.018

- Samper, M; Roseberry, W; Gudmundson, L. 2001. *Café, sociedad y relaciones de poder en América Latina*. Universidad Nacional Costa Rica.
- San Martin, D; Orive, M; Iñarra, B; García, A; Goiri, I; Atxaerandio, R; Urkiza, J; Zufía, J. 2020. Spent coffee ground as second-generation feedstuff for dairy cattle Biomass Conversion and Biorefinery:1-11. doi <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00610-7>
- Santos da Silveira, J; Durand, N; Lacour, S; Belleville, MP; Perez, A; Loiseau, G; Dornier, M. 2019. Solid-state fermentation as a sustainable method for coffee pulp treatment and production of an extract rich in chlorogenic acids (Article). *Food and Bioproducts Processing* 115:175-184. doi 10.1016/j.fbp.2019.04.001
- Santos, CM; de Oliveira, LS; Alves Rocha, EP; Franca, AS. 2020. Thermal conversion of defective coffee beans for energy purposes: Characterization and kinetic modeling (Article). *Renewable Energy* 147:1275-1291. doi 10.1016/j.renene.2019.09.052
- Schmidt Rivera, XC; Gallego-Schmid, A; Najdanovic-Visak, V; Azapagic, A. 2020. Life cycle environmental sustainability of valorisation routes for spent coffee grounds: From waste to resources (Article). *Resources, Conservation and Recycling* 157: doi 10.1016/j.resconrec.2020.104751
- Souard, F; Delporte, C; Stoffelen, P; Thévenot, EA; Noret, N; Dauvergne, B; Kauffmann, JM; Van Antwerpen, P; Stévigny, C. 2018. Metabolomics fingerprint of coffee species determined by untargeted-profiling study using LC-HRMS (Article). *Food Chemistry* 245:603-612. doi 10.1016/j.foodchem.2017.10.022
- Stylianou, M; Agapiou, A; Omirou, M; Vyrides, I; Ioannides, IM; Maratheftis, G; Fasoula, D. 2018. Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource *Environmental Science and Pollution Research* 25(36):35776-35790. doi <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2359-6>
- Swainson, L; Mahanty, S. 2018. Green economy meets political economy: Lessons from the “Aceh Green” initiative, Indonesia (Article). *Global Environmental Change* 53:286-295. doi 10.1016/j.gloenvcha.2018.10.009
- Topi, C; Bilinska, M. 2017. The economic case for the circular economy: From food waste to resource. 25-41 p. Cited By :6
- Trigo, EJ; Henry, G; Sanders, J; Schurr, U; Ingelbrecht, I; Revel, C; Santana, C; Rocha, P. 2013. Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean Bioeconomy Working Paper 2013:
- Truzzi, C; Giorgini, E; Annibaldi, A; Antonucci, M; Illuminati, S; Scarponi, G; Riolo, P; Isidoro, N; Conti, C; Zarantoniello, M. 2020. Fatty acids profile of black soldier fly (*Hermetia illucens*): Influence of feeding substrate based on coffee-waste silverskin enriched

- with microalgae *Animal Feed Science and Technology* 259:114309. doi <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114309>
- Tsai, SY; Muruganantham, R; Tai, SH; Chang, BK; Wu, SC; Chueh, YL; Liu, WR. 2019. Coffee grounds-derived carbon as high performance anode materials for energy storage applications (Article). *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 97:178-188. doi 10.1016/j.jtice.2019.01.020
- Vainio, A; Ovaska, U; Varho, V. 2019. Not so sustainable? Images of bioeconomy by future environmental professionals and citizens (Article). *Journal of Cleaner Production* 210:1396-1405. doi 10.1016/j.jclepro.2018.10.290
- Vakalis, S; Moustakas, K; Benedetti, V; Cordioli, E; Patuzzi, F; Loizidou, M; Baratieri, M. 2019. The “COFFEE BIN” concept: centralized collection and torrefaction of spent coffee grounds *Environmental Science and Pollution Research* 26(35):35473-35481. doi <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04919-3>
- Van Loo, EJ; Caputo, V; Nayga, RM; Seo, HS; Zhang, B; Verbeke, W. 2015. Sustainability labels on coffee: Consumer preferences, willingness-to-pay and visual attention to attributes (Article). *Ecological Economics* 118:215-225. doi 10.1016/j.ecolecon.2015.07.011
- Vignoli, JA; Bassoli, DG; Benassi, MT. 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material (Article). *Food Chemistry* 124(3):863-868. doi 10.1016/j.foodchem.2010.07.008
- Villegas, B. 2003. Rápida y pertinente búsqueda por Internet mediante operadores Booleanos *Universitas Scientiarum* 8:51-54.
- Weschenfelder, TA; Lantin, P; Viegas, MC; De Castilhos, F; Scheer, ADP. 2015. Concentration of aroma compounds from an industrial solution of soluble coffee by pervaporation process (Article). *Journal of Food Engineering* 159:57-65. doi 10.1016/j.jfoodeng.2015.03.018
- Winter, A; Pedro, E; Ślasko, J; Battaglini, J; Faelker, M; Kivipelto, R; Duarte, AJ; Malheiro, B; Ribeiro, C; Justo, J. 2019. Waste to Fungi: An EPS@ ISEP 2019 Project. In. *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. ACM. p. 115-122.
- Wollni, M; Brümmer, B. 2012. Productive efficiency of specialty and conventional coffee farmers in costa rica: Accounting for technological heterogeneity and self-selection (Article). *Food Policy* 37(1):67-76. doi 10.1016/j.foodpol.2011.11.004

- Worku, M; Upadhayay, HR; Latruwe, K; Taylor, A; Blake, W; Vanhaecke, F; Duchateau, L; Boeckx, P. 2019. Differentiating the geographical origin of Ethiopian coffee using XRF- and ICP-based multi-element and stable isotope profiling (Article). *Food Chemistry* 290:295-307. doi 10.1016/j.foodchem.2019.03.135
- Zabaniotou, A; Kamaterou, P. 2019. Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy - A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery *Journal of Cleaner Production* 211:1553-1566. doi <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.230>
- Zarantonello, M; Zimbelli, A; Randazzo, B; Compagni, MD; Truzzi, C; Antonucci, M; Riolo, P; Loreto, N; Osimani, A; Milanović, V; Giorgini, E; Cardinaletti, G; Tulli, F; Cipriani, R; Gioacchini, G; Olivotto, I. 2020. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) reared on roasted coffee by-product and *Schizochytrium* sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production *Aquaculture* 518:734659. doi <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734659>
- Zuin, VG; Ramin, LZ. 2018. Green and sustainable separation of natural products from agro-industrial waste: Challenges, potentialities, and perspectives on emerging approaches. Springer. 229-282 p.

2.7. Anexos

Anexo 1. Listado de artículos del primer análisis.

BASE DE DATOS	Tipo de documento	Título original	¿Para segundo análisis?
Google Scholar	Artículo de revisión	Food Waste valorization advocating Circular Bioeconomy -A critical review of potentialities and perspectives of Spent Coffee Grounds Biorefinery	Si
Google Scholar	Artículo científico	Synthesis of novel magnetic adsorbents from coffee husks by hydrothermal carbonization	Si
Google Scholar	Artículo científico	Producción de alcohol a partir de la pulpa de café	Si
Google Scholar	Nota científica	Producción de biogás a partir de los residuos de pulpa de café	Si
Google Scholar	Artículo científico	Análisis técnico del proceso de lombricultura en pulpa de café para la producción de abono orgánico	Si
Google Scholar	Boletín técnico	Pelletizado de la broza (pulpa del café) para ser usada como recurso energético en el proceso de beneficiado	Si
Google Scholar	Artículo científico	Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza)	Si
Google Scholar	Artículo científico	The green generation of sunscreens: Using coffee industrialsub-products	Si

Google Scholar	Artículo científico	Elaboración, caracterización y posibles aplicaciones de briquetas de residuos de café (borra) como biocombustible sólido	Si
Google Scholar	Boletín técnico	Tecnología del Café	Si
SCOPUS	Artículo científico	Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i>) reared on roasted coffee by-product and <i>Schizochytrium</i> sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production	Si
SCOPUS	Artículo científico	Impact of microwave-assisted extraction on roasted coffee carbohydrates, caffeine, chlorogenic acids and coloured compounds	Si
SCOPUS	Artículo científico	Circular Economy - A challenge and an opportunity for Process Systems Engineering	Si
SCOPUS	Artículo científico	β -Mannanase Production Using Coffee Industry Waste for Application in Soluble Coffee Processing	Si
SCOPUS	Artículo científico	Spent coffee ground as second-generation feedstuff for dairy cattle	Si
SCOPUS	Artículo científico	Consumers' values and behaviour in the Brazilian coffee-in-capsules market: promoting circular economy	Si
SCOPUS	Artículo científico	The "COFFEE BIN" concept: centralized collection and torrefaction of spent coffee grounds	Si
SCOPUS	Artículo científico	Waste to fungi: An EPS@ISEP 2019 Project	Si
SCOPUS	Artículo científico	Quantitative analysis of aqueous phases of bio-oils resulting from pyrolysis of different biomasses by two-dimensional comprehensive liquid chromatography	Si
SCOPUS	Artículo científico	Applying data mining technique to disassembly sequence planning: a method to assess effective disassembly time of industrial products	Si
SCOPUS	Artículo científico	Promoting Circular Economy Through Sustainable Agriculture in Hidalgo: Recycling of Agro-Industrial Waste for Production of High Nutritional Native Mushrooms	Si
SCOPUS	Artículo científico	Converting coffee silverskin to value-added products under a biorefinery approach	Si
SCOPUS	Artículo científico	<i>Coffea canephora</i> silverskin from different geographical origins: A comparative study	Si
SCOPUS	Artículo científico	Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource	Si
SCOPUS	Artículo científico	Toward multipurpose agriculture: Food, fuels, flex crops, and prospects for a bioeconomy	No
SCOPUS	Artículo científico	Deep Eutectic Solvents pretreatment of agro-industrial food waste	SI
SCOPUS	Artículo científico	Green and Sustainable Separation of Natural Products from Agro-Industrial Waste: Challenges, Potentialities, and Perspectives on Emerging Approaches	SI

SCOPUS	Artículo científico	Spent coffee grounds valorization through pyrolysis for energy and materials production in the concept of circular economy	Si
SCOPUS	Artículo científico	Sustainable approach to recycling of multilayer flexible packaging using switchable hydrophilicity solvents	No
SCOPUS	Artículo científico	Coffee silverskin as a renewable resource to produce butanol and isopropanol	Si
SCOPUS	Artículo científico	The economic case for the circular economy: From food waste to resource (Book Chapter)	Si
SCOPUS	Artículo científico	Spent coffee grounds as heat source for coffee roasting plants: Experimental validation and case study	Si
SCOPUS	Artículo científico	Analysis of spatial variability of force detachment of coffee fruits in central pivot	No
SCOPUS	Artículo científico	British investments in Brazil: Edward Ashworth, a case study	No
ScienceDirect	Artículo científico	Experimental and feasibility study of spent coffee grounds upscaling via pyrolysis towards proposing an eco-social innovation circular economy solution	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Analysing material and embodied environmental flows of an Australian university — Towards a more circular economy	No
ScienceDirect	Artículo científico	Not so sustainable? Images of bioeconomy by future environmental professionals and citizens	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Building a circular plastics economy with informal waste pickers: Recyclate quality, business model, and societal impacts	No
ScienceDirect	Artículo científico	Developing a circular strategies framework for manufacturing companies to support circular economy-oriented innovation	
ScienceDirect	Artículo científico	Black Soldier Fly (<i>Hermetia illucens</i>) reared on roasted coffee by-product and <i>Schizochytrium</i> sp. as a sustainable terrestrial ingredient for aquafeeds production	Repetido
ScienceDirect	Artículo científico	Impact of microwave-assisted extraction on roasted coffee carbohydrates, caffeine, chlorogenic acids and coloured compounds	Repetido
ScienceDirect	Artículo científico	Choice of materials for takeaway beverage cups towards a circular economy	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Comprehensive evaluation of the life cycle of liquid and solid fuels derived from recycled coffee waste	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Circular business models in biological cycles: The case of an Italian spin-off	No
ScienceDirect	Artículo científico	New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Production of molecular weight fractionated hemicelluloses hydrolyzates from spent coffee grounds combining hydrothermal extraction and a multistep ultrafiltration/diafiltration	Si

ScienceDirect	Artículo científico	Green economy meets political economy: Lessons from the “Aceh Green” initiative, Indonesia	No
ScienceDirect	Artículo científico	Differentiating the geographical origin of Ethiopian coffee using XRF- and ICP-based multi-element and stable isotope profiling	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Coffee grounds-derived carbon as high performance anode materials for energy storage applications	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Multi-frequency multimode modulated technology as a clean, fast, and sustainable process to recover antioxidants from a coffee by-product	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Towards a circular economy: A comprehensive study of higher heat values and emission potential of various municipal solid wastes	No
ScienceDirect	Artículo científico	Multispectral radiometric characterization of coffee rust epidemic in different irrigation management systems	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Fatty acids profile of black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>): Influence of feeding substrate based on coffee-waste silverskin enriched with microalgae	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Can agroecological coffee be part of a food sovereignty strategy in Puerto Rico?	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Influence of hydrothermal process on bioactive compounds extraction from green coffee bean	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Production and characterization of coffee-pine wood residue briquettes as an alternative fuel for local firing systems in Brazil	Si
ScienceDirect	Artículo científico	The world's first carbon neutral coffee: Lessons on certification and innovation from a pioneer case in Costa Rica	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Solid-state fermentation as a sustainable method for coffee pulp treatment and production of an extract rich in chlorogenic acids	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Infection model for analyzing biological control of coffee rust using bacterial anti-fungal compounds	No
ScienceDirect	Artículo científico	Product design in the circular economy: Users' perception of end-of-life scenarios for electrical and electronic appliances	No
ScienceDirect	Artículo científico	Ultrasonic assisted oil extraction and biodiesel synthesis of Spent Coffee Ground	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Standard area diagram with color photographs to estimate the severity of coffee leaf rust in <i>Coffea canephora</i>	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Technoeconomic and environmental assessment of a process for biodiesel production from spent coffee grounds (SCGs)	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Spent coffee enhanced biomethane potential via an integrated hydrothermal carbonization-anaerobic digestion process	Si

ScienceDirect	Artículo científico	Decreasing driver speeding with feedback and a token economy	No
ScienceDirect	Artículo científico	Environmental characterisation of coffee chaff, a new recycled material for building applications	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Occurrence of potato taste defect in coffee and its relations with management practices in Rwanda	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Tracking the Quality Premium of Certified Coffee: Evidence from Ethiopia	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Integrated valorization of waste cooking oil and spent coffee grounds for biodiesel production: Blending with higher alcohols, FT-IR, TGA, DSC and NMR characterizations	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Coffee value chains on the move: Evidence in Ethiopia	Si
ScienceDirect	Artículo científico	An easy way to discriminate Yemeni against Ethiopian coffee	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Livelihood sustainability assessment of coffee and cocoa producers in the Amazon region of Ecuador using household types	No
ScienceDirect	Artículo científico	Population distribution and density of <i>Antestiopsis thunbergii</i> (Hemiptera: Pentatomidae) in the coffee growing regions of Rwanda in relation to climatic variables	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Fermentative lactic acid production from coffee pulp hydrolysate using <i>Bacillus coagulans</i> at laboratory and pilot scales	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Challenges and opportunities of new retail horizons in emerging markets: The case of a rising coffee culture in China	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Geographical indications and value capture in the Indonesia coffee sector	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Evaluation of mercury (Hg^{2+}) adsorption capacity using exhausted coffee waste	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Environmental impact of cellulase production from coffee husks by solid-state fermentation: A life-cycle assessment	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Occurrence of toxigenic fungi and ochratoxin A in Ethiopian coffee for local consumption	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Crossover study of the effect of coffee consumption on simulated laparoscopy skills	Si
ScienceDirect	Artículo científico	A multi-residue method for pesticides analysis in green coffee beans using gas chromatography–negative chemical ionization mass spectrometry in selective ion monitoring mode	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Low levels of shade and climate change adaptation of Arabica coffee in southeastern Brazil	Si

ScienceDirect	Artículo científico	Tree management and environmental conditions affect coffee (<i>Coffea arabica</i> L.) bean quality	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Accounting energy flows to determine the best production model of a coffee plantation	Si
ScienceDirect	Artículo científico	From trash to treasure: The impact of consumer perception of bio-waste products in closed-loop supply chains	No
ScienceDirect	Artículo científico	Geographical and genotypic segmentation of arabica coffee using self-organizing maps	No
ScienceDirect	Artículo científico	Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO ₂	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Microwave processes: A viable technology for obtaining xylose from walnut shell to produce lactic acid by <i>Bacillus coagulans</i>	No
ScienceDirect	Artículo científico	The role of heating step in microwave-assisted extraction of polyphenols from spent coffee grounds	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Evaluation of antioxidant capacity in coffees marketed in Colombia: Relationship with the extent of non-enzymatic browning	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Thermal conversion of defective coffee beans for energy purposes: Characterization and kinetic modeling	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Insights on the health benefits of the bioactive compounds of coffee silverskin extract	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Energetic and environmental assessment of thermochemical and biochemical ways for producing energy from agricultural solid residues: Coffee Cut-Stems case	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Fermentative utilization of coffee mucilage using <i>Bacillus coagulans</i> and investigation of down-stream processing of fermentation broth for optically pure l(+)-lactic acid production	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Integration of chlorogenic acid recovery and bioethanol production from spent coffee grounds	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Green coffee based CO ₂ adsorbent with high performance in postcombustion conditions	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Isolation and characterisation of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk	Si
ScienceDirect	Artículo científico	The Implicit Price for Fair Trade Coffee: Does Social Capital Matter?	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Application of PCR-DGGE to the study of dynamics and biodiversity of yeasts and potentially OTA producing fungi during coffee processing	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Land sharing not sparing in the “green economy”: The role of livelihood bricolage in conservation and development in the Philippines	No

ScienceDirect	Artículo científico	Production and characterization of lignin and cellulose fractions obtained from pretreated vine shoots by microwave assisted alkali treatment	No
ScienceDirect	Artículo científico	Site suitability and the analytic hierarchy process: How GIS analysis can improve the competitive advantage of the Jamaican coffee industry	No
ScienceDirect	Artículo científico	Concentration of aroma compounds from an industrial solution of soluble coffee by pervaporation process	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Robusta coffee beans post-harvest microflora: <i>Lactobacillus plantarum</i> sp. as potential antagonist of <i>Aspergillus carbonarius</i>	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Importance of Ethiopian shade coffee farms for forest bird conservation	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Metabolomics fingerprint of coffee species determined by untargeted-profiling study using LC-HRMS	Si
ScienceDirect	Artículo científico	A novel strain of <i>Pseudomonas</i> inhibits <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> and <i>Fusarium oxysporum</i> infections and promotes germination of coffee	No
ScienceDirect	Artículo científico	Chitosan coated calcium alginate beads for covalent immobilization of acrylamidase: Process parameters and removal of acrylamide from coffee	No
ScienceDirect	Artículo científico	Exploring double side-selling in cooperatives, case study of four coffee cooperatives in Rwanda	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Closing coffee production loops with waste to ethanol in Matagalpa, Nicaragua	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Crop prices and the individual decision to migrate	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Optimization of autohydrolysis conditions to extract antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Valorisation of spent coffee through membrane processing	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Automated high resolution mapping of coffee in Rwanda using an expert Bayesian network	No
ScienceDirect	Artículo científico	Cultivation of maize landraces by small-scale shade coffee farmers in western El Salvador	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Centralized and decentralized utilization of organic residues for lactic acid production	No
ScienceDirect	Artículo científico	Turning ocean garbage into products – Consumers' evaluations of products made of recycled ocean plastic	No
ScienceDirect	Artículo científico	Exploring barriers to implementing different circular business models	No
ScienceDirect	Artículo científico	Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems	Si

ScienceDirect	Artículo científico	Nutritional, chemical and antioxidant/pro-oxidant profiles of silverskin, a coffee roasting by-product	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Landscape change in Guatemala: Driving forces of forest and coffee agroforest expansion and contraction from 1990 to 2010	No
ScienceDirect	Artículo científico	Productive efficiency of specialty and conventional coffee farmers in Costa Rica: Accounting for technological heterogeneity and self-selection	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Towards a competitive solid state fermentation: Cellulases production from coffee husk by sequential batch operation and role of microbial diversity	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Coffea canephora silverskin from different geographical origins: A comparative study	Repetido
ScienceDirect	Artículo científico	Linking Globalization to Local Land Uses: How Eco-Consumers and Gourmands are Changing the Colombian Coffee Landscapes	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Supercritical fluid extraction of spent coffee grounds: Measurement of extraction curves, oil characterization and economic analysis	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Green supply chains: A perspective from an emerging economy	No
ScienceDirect	Artículo científico	Involvement of endogenous opioid peptides in the peripheral antinociceptive effect induced by the coffee specific diterpene kahweol	Si
ScienceDirect	Artículo científico	Kaleidoscopic shades of grey: The shifting (in)formalities of Rome's street markets	No
ScienceDirect	Artículo científico	Managing Tephrosia mulch and fertilizer to enhance coffee productivity on smallholder farms in the Eastern African Highlands	Si
Scielo	Artículo científico	Os cisnes cantam e a onda verde passa Os congressos agrícolas de 1878 e a demanda da lavoura por capitais Facebook Twitter	No
Scielo	Artículo científico	Impacto y oportunidades de biorrefinería de los desechos agrícolas del cultivo de piña (<i>Ananas comosus</i>) en Costa Rica	No
Scielo	Artículo científico	Verificação intralaboratorial da performance obtida em método de determinação de ocratoxina A por purificação em coluna de imunoafinidade e cromatografia líquida de alta eficiência usando café	No
CAB Direct	Artículo científico	A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites	Si
CAB Direct	Artículo científico	Analysis of spatial variability of force detachment of coffee fruits in central pivot	Repetido

CAB Direct	Artículo científico	Impact of microwave-assisted extraction on roasted coffee carbohydrates, caffeine, chlorogenic acids and coloured compounds	Repetido
CAB Direct	Artículo científico	Anaerobic co-digestion of spent coffee grounds with different waste feedstocks for biogas production	Si
CAB Direct	Artículo científico	Bio-refinery approach for spent coffee grounds valorization	Si
CAB Direct	Artículo científico	Deep eutectic solvents pretreatment of agro-industrial food waste	Repetido
CAB Direct	Artículo científico	Coffea canephora silverskin from different geographical origins: a comparative study	Repetido
CAB Direct	Artículo científico	Cocoa bean shell waste valorisation; extraction from lab to pilot-scale cavitation reactors	No
EBSCO	Artículo científico	Biorefinery of spent coffee grounds waste: Viable pathway towards circular bioeconomy	Si
EBSCO	Artículo científico	Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy - A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery	Repetido
EBSCO	Artículo científico	Sustainable production of bio-based chemicals and polymers via integrated biomass refining and bioprocessing in a circular bioeconomy context	No
EBSCO	Artículo científico	Integrating spent coffee grounds and silver skin as biofuels using torrefaction	Si
EBSCO	Artículo científico	Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds	Si
EBSCO	Artículo científico	Effective bioeconomy? a MRIO-based socioeconomic and environmental impact assessment of generic sectoral innovations	No
EBSCO	Artículo científico	Biorefineries in circular bioeconomy: A comprehensive review	No
EBSCO	Artículo científico	Development and characterization of biopolymeric films comprised mostly of galactomannans recovered from spent coffee grounds	Si
EBSCO	Artículo científico	Bioconversion of waste (water)/residues to bioplastics- A circular bioeconomy approach	No
EBSCO	Artículo científico	An evaluation of thermal characteristics of bacterium <i>Actinobacillus succinogenes</i> for energy use and circular bioeconomy	No
EBSCO	Artículo científico	Life cycle environmental sustainability of valorisation routes for spent coffee grounds: From waste to resources	Si
EBSCO	Artículo científico	Food waste and social acceptance of a circular bioeconomy: the role of stakeholders	No
EBSCO	Artículo científico	An integral methodological approach for biorefineries design: Study case of Colombian coffee cut-stems	Si
EBSCO	Artículo científico	Production of biogas (methane and hydrogen) from anaerobic digestion of hemicellulosic hydrolysate generated in the oxidative pretreatment of coffee husks	Si

EBSCO	Artículo científico	The significance of biomass in a circular economy	No
EBSCO	Artículo científico	Innovation potentials triggered by glycoscience research	No
EBSCO	Artículo científico	Engineering aspects of hydrothermal pretreatment: From batch to continuous operation, scale-up and pilot reactor under biorefinery concept	No
EBSCO	Artículo científico	Toward Multipurpose Agriculture: Food, Fuels, Flex Crops, and Prospects for a Bioeconomy.	No
EBSCO	Artículo científico	Supply chain and logistic optimization of industrial Spent Microbial Biomass distribution as a soil amendment for field crop production	No
EBSCO	Artículo científico	Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts	No
EBSCO	Artículo científico	Sustainable production of nanoporous carbons: Kinetics and equilibrium studies in the removal of atrazine	No
EBSCO	Artículo científico	Organic fraction of municipal solid waste for the production of L-lactic acid with high optical purity	No
EBSCO	Artículo científico	Production of molecular weight fractionated hemicelluloses hydrolyzates from spent coffee grounds combining hydrothermal extraction and a multistep ultrafiltration/diafiltration	Repetido
EBSCO	Artículo científico	Recent developments in key biorefinery areas	No
EBSCO	Artículo científico	Bioconversion of biomass waste into high value chemicals	Si
EBSCO	Artículo científico	Conversion of waste cooking oil into biodiesel using heterogenous catalyst derived from cork biochar	No
EBSCO	Artículo científico	Catalytic activity of heterogeneous acid catalysts derived from corn cob in the esterification of oleic acid with methanol	No
EBSCO	Artículo científico	Environmental and socio-economic assessment of cork waste gasification: Life cycle and cost analysis	No
EBSCO	Artículo científico	Anaerobic granulation: A review of granulation hypotheses, bioreactor designs and emerging green applications	No
EBSCO	Artículo científico	Changes in global trends in food waste composting: Research challenges and opportunities	No
EBSCO	Artículo científico	An urban biorefinery for food waste and biological sludge conversion into polyhydroxyalkanoates and biogas	No
EBSCO	Artículo científico	Transforming exploitative land-based economy: The case of Borneo	No
EBSCO	Artículo científico	Current perspective on pretreatment technologies using lignocellulosic biomass: An emerging biorefinery concept	No

EBSCO	Artículo científico	Cleaner production in the Indonesian pulp and paper sector: Improving sustainability and legality compliance in the value chain	Si
EBSCO	Artículo científico	A comprehensive review of industrial symbiosis	No
EBSCO	Artículo científico	Biohythane production from food processing wastes – Challenges and perspectives	No
EBSCO	Artículo científico	Recycling strategies for polyhydroxyalkanoate-based waste materials: An overview	No
EBSCO	Artículo científico	EU bioenergy development to 2050	No
EBSCO	Artículo científico	Fruit and vegetable waste management: Conventional and emerging approaches	No
EBSCO	Artículo científico	Realising blue growth in the fishing industry in Iceland and Norway: Industry perceptions on drivers and barriers to blue growth investments and policy implications	No
EBSCO	Artículo científico	High-efficiency cogeneration systems for the food industry	No
EBSCO	Artículo científico	Cropland footprints from the perspective of productive land scarcity, malnutrition-related health impacts and biodiversity loss	No
EBSCO	Artículo científico	Gaining momentum: Popularization of <i>Epilobium angustifolium</i> as food and recreational tea on the Eastern edge of Europe	No
EBSCO	Artículo científico	Development of sustainable approaches for converting the organic waste to bioenergy	No
EBSCO	Artículo científico	Restoration of soil quality using biochar and brown coal waste: A review	No
EBSCO	Artículo científico	Sequential subcritical water process applied to orange peel for the recovery flavanones and sugars	No
EBSCO	Artículo científico	Towards sequential bioethanol and l-lactic acid co-generation: Improving xylose conversion to l-lactic acid in presence of lignocellulosic ethanol with an evolved <i>Bacillus coagulans</i>	No
EBSCO	Artículo científico	Deliberating over the rural: Pluralism in Swedish political discourse	No
EBSCO	Artículo científico	A review of the role of bioenergy modelling in renewable energy research & policy development	No
EBSCO	Artículo científico	Enzymes revolutionize the bioproduction of value-added compounds: From enzyme discovery to special applications	No
EBSCO	Artículo científico	Techno-economic evaluation of a biorefinery applying food waste for sophorolipid production – A case study for Hong Kong	No
EBSCO	Artículo científico	Evaluation of bioenergy potential from citrus effluents through anaerobic digestion	No

EBSCO	Artículo científico	Food waste leachate treatment using an Upflow Anaerobic Sludge Bed (UASB): Effect of conductive material dosage under low and high organic loads	No
EBSCO	Artículo científico	The circular economy and cascading: towards a framework	No
EBSCO	Artículo científico	Recent advances in polyhydroxyalkanoate production: Feedstocks, strains and process developments	No
EBSCO	Artículo científico	Carrier-Bound and Carrier-Free Immobilization Of Type A Feruloyl Esterase from <i>Aspergillus niger</i> : Searching For An Operationally Stable Heterogeneous Biocatalyst For	No
EBSCO	Artículo científico	Status of filamentous fungi in integrated biorefineries	No
EBSCO	Artículo científico	An efficient multiphase bioprocess for enhancing the renewable energy production from almond shells	No
EBSCO	Artículo científico	Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy	Si
EBSCO	Artículo científico	Polyhydroxy butyrate production by <i>Acinetobacter junii</i> BP25, <i>Aeromonas hydrophila</i> ATCC 7966, and their co-culture using a feast and famine strategy	No
EBSCO	Artículo científico	Production of biofuel precursors and value-added chemicals from hydrolysates resulting from hydrothermal processing of biomass: A review	No
EBSCO	Artículo científico	Economic production of thermo-active endo β -mannanase for the removal of food stain and production of antioxidant manno-oligosaccharides	No
EBSCO	Artículo científico	Technical and social knowledge discontinuities in the multi-objective management of private forests in Finland	No
EBSCO	Artículo científico	Mechanical, thermal, viscoelastic performance and product application of PP- rice husk Colombian biocomposites	No
EBSCO	Artículo científico	Renewable hydrogen anaerobic fermentation technology: Problems and potentials	No
EBSCO	Artículo científico	Prognostication of lignocellulosic biomass pyrolysis behavior using ANFIS model tuned by PSO algorithm	No
EBSCO	Artículo científico	Exploiting new biorefinery models using non-conventional yeasts and their implications for sustainability	No
EBSCO	Artículo científico	Multiobjective optimization for the design of phase III biorefinery sustainable supply chain	No
EBSCO	Artículo científico	Protein extraction from agri-food residues for integration in biorefinery: Potential techniques and current status	No
EBSCO	Artículo científico	Advances of macroalgae biomass for the third generation of bioethanol production	No
EBSCO	Artículo científico	Strategic spatial and temporal design of renewable diesel and biojet fuel supply chains: Case study of California, USA	No

EBSCO	Artículo científico	Total replacement of dietary fish meal with black soldier fly (<i>Hermetia illucens</i>) larvae does not impair physical, chemical or volatile composition of farmed Atlantic salmon (<i>Salmo salar</i> L.).	No
EBSCO	Artículo científico	Green and Sustainable Separation of Natural Products from Agro-Industrial Waste: Challenges, Potentialities, and Perspectives on Emerging Approaches.	No
EBSCO	Artículo científico	Climate-Smart Forestry: the missing link	No
EBSCO	Artículo científico	Mulching with coffee husk and pulp in strawberry affects edaphic predatory mite and spider mite densities.	Si
EBSCO	Artículo científico	Sustainability labels on coffee: Consumer preferences, willingness-to-pay and visual attention to attributes.	Si
EBSCO	Artículo científico	Recent Advances in d-Lactic Acid Production from Renewable Resources: Case Studies on Agro-Industrial Waste Streams.	No
EBSCO	Artículo científico	Fungal isolate and crop cultivar influence the beneficial effects of root inoculation with entomopathogenic fungi in strawberry.	No
EBSCO	Artículo científico	Limited life cycle and cost assessment for the bioconversion of lignin-derived aromatics into adipic acid.	No

Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Anexo 2. Tabla 7. Publicaciones entre el 2011 y 2020 con enfoque en BE en café, revisadas.

Referencia	Tipo de proceso	Materia prima	Producto Final	Maduración	Condicionantes de escala / aplicabilidad	Condicionante ambiental	Sector	Método-Técnica	Sendero de la bioeconomía
(Zabaniotou y Kamaterou, 2019)	Separación	Café molido usado	Aceite	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Extracción de solvente	Bioproductos
(Hien et al., 2017)	Hidrólisis	Cáscara de café	Biorremediador	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Carbonización hidrotermal (HTC)	Biotecnologías
(Rodríguez, 2013)	Fermentación	Pulpa de café	Bioetanol	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Materia residual fresca	Centro(s) de investigación	Fermentación enzimática - Destilación Simple	Bioproductos
(Rosas de la Rosa, 2019)	Digestión	Pulpa de café	Biogas	Piloto	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Digestión bacteriana	Biotecnologías
(Rendon et al., 2015)	Compostage	Pulpa de café	Compost	Piloto	Ninguno	Sombra, 80% de humedad relativa	Centro(s) de investigación	Compostage	Bioproductos
(Montero, 2017)	Pelletizado	Pulpa de café	Pellets	Piloto	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Humedad	Público	Extrusión mecánica	Bioproductos
(Arguedas Gamboa, 2014)	Fermentación	Pulpa del café	Biofermento	Piloto	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Materia residual fresca	Académico	Fermentación enzimática - <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Biotecnologías
(Marto et al., 2016)	Separación	Café molido usado	Protector solar	Adaptación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Extracción de aceite con CO2 supercrítico	Bioproductos
(Balseca-Sampedro et al., 2018)	Pelletizado	Café molido usado	Pellets	Adaptación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Humedad	Académico	Compactación mecánica	Bioproductos
(Ríaños Luna, 2013)	Destilación	Café almendra defectuoso	Proteína	Investigación	Necesita reactivos específicos	Ninguno	Académico	Precipitación de proteína desde alícuotas de extracto de café	Biotecnologías
(Zarantoniello et al., 2020)	Bioprocesos	Piel plateada del café	Ingrediente para alimentos enriquecidos	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Molienda	Biotecnologías
(Lopes et al., 2020)	Separación	Café tostado	Cafeína	Investigación	Requiere conocimientos y	Ninguno	Académico	Extracción asistida por microondas (MAE)	Bioproductos

<u>(Avraamidou et al., 2020)</u>	Ingeniería de sistemas de procesos (PSE)	Social	Social	Investigación	equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Académico	Ingeniería de sistemas de procesos (PSE)	Cadenas de valor
<u>(Favaro et al., 2020)</u>	Hidrólisis	Café molido usado	Proteína	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Centro(s) de investigación	Fermentación en estado sólido (SSF)	Biotecnologías
<u>(San Martin et al., 2020)</u>	Bioprocesos	Café molido usado	Alimento animal	Piloto	Ninguno	Ninguno	Privado	Molienda	Bioproductos
<u>(Abuabara et al., 2019)</u>	Entrevistas	Capsulas de café	Capsulas de café	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico	Rich Picture	Cadenas de valor
<u>(Vakalis et al., 2019)</u>	Pirólisis	Café molido usado	Carbón	Adaptación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Académico	Torrefacción	Biotecnologías
<u>(Winter et al., 2019)</u>	Inoculación	Café molido usado	Hongos comestibles	Investigación	Ninguno	Cepas específicas	Académico	Inoculación de sustrato	Biotecnologías
<u>(Lazzari et al., 2019)</u>	Pirólisis	Café molido usado	Aceite	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Académico	Cromatografía líquida bidimensional integral cuantitativa en línea (LC × LC)	Bioproductos
<u>(Marconi et al., 2019)</u>	Desmontado	Social	Social	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Desmontaje de máquina cafetera	Cadenas de valor
<u>(Ozcariz-Fermoselle et al., 2019)</u>	Inoculación	Pulpa de café	Hongos comestibles	Investigación	Ninguno	Cepas específicas	Académico	Inoculación de sustrato	Biotecnologías
<u>(del Pozo et al., 2019)</u>	Pirólisis	Piel plateada del café	Aceite	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Académico	Pirólisis	Biotecnologías
<u>(Bessada et al., 2018)</u>	Bioprocesos	Piel plateada del café	Biocombustible	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio Ninguno	Origen geográfico	Académico	HPLC-DAD-FLD, GC-FID y HPLC-DAD	Biotecnologías
<u>(Stylianou et al., 2018)</u>	Bioprocesos	Café molido usado	Fenoles	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Revisión	Bioproductos
<u>(Procentese et al., 2018b)</u>	Disolución	Piel plateada del café	Carbohidratos	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Público	Solventes eutécticos profundos (DES) (cloruro de colina-glicerol y cloruro de colina-etilenglicol)	Bioproductos
<u>(Zuin y Ramin, 2018)</u>	Biorrefinería	Café molido usado	Aceites	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Microondas, ultrasonido y tratamientos con fluidos supercríticos	Bioproductos
<u>(Ktori et al., 2018)</u>	Pirólisis	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Requiere conocimientos y	Ninguno	Académico	Pirólisis	Biotecnologías

(Procentese et al., 2018a)	Inoculación	Piel plateada del café	Biocombustible	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Cepas específicas	Académico	Hidrólisis alcalina en soluciones de NaOH	Biotecnologías
(Topi y Bilinska, 2017)	Bioprocesos	Café molido usado	Compost	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Escenarios futuros	Cadenas de valor
(Allesina et al., 2017)	Pirólisis	Café molido usado	Energía térmica	Adaptación	Ninguno	Ninguno	Académico	Torrefacción	Cadenas de valor
(Matrapazi y Zabaniotou, 2020)	Pirólisis	Café molido usado	Energía térmica	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Torrefacción	Cadenas de valor
(Vainio et al., 2019)	Entrevistas	Social	Social	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Entrevistas	Cadenas de valor
(Changwichan y Gheewala, 2020)	Análisis del ciclo de vida	Tazas de café	Tazas de café	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Análisis del ciclo de vida	Servicios Ecosistémicos
(Kamil et al., 2019)	Análisis del ciclo de vida	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Volumen	Ninguno	Académico	Análisis del ciclo de vida	Servicios Ecosistémicos
(Pereira et al., 2020)	Bioprocesos	Cafés especiales	Mejoras en los atributos sensoriales	Investigación	Ninguno	Origen geográfico	Académico	Parámetros de calidad para cafés especiales (SCA)	Cadenas de valor
(Ramos-Andrés et al., 2019)	Filtración	Café molido usado	Hemicelulosas	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	CO2 supercrítico y un tratamiento hidrotérmico	Bioproductos
(Worku et al., 2019)	Catálisis	Granos defectuosos de café verde	Origen geográfico	Adaptación	Ninguno	Origen geográfico	Académico	Plasma basado en inductivo (ICP) y técnicas basadas en espectrometría de fluorescencia de rayos X (XRF)	Cadenas de valor
(Tsai et al., 2019)	Bioprocesos	Café molido usado	Carbono dopado con nitrógeno	Piloto	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Se usó hexametilentetramina (C 6 H 12 N 4, HMT) para sintetizar el CGC modificado con nitrógeno	Biotecnologías
(Puga et al., 2017)	Separación	Pergamino	Antioxidantes	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Técnica de vibración multimodo modulada multimodal (MMM)	Bioproductos
(de Oliveira Pires et al., 2020)	Bioprocesos	Roya del café	Distribución espacial de la roya	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Radiometría multiespectral	Ecointensificación
(Truzzi et al., 2020)	Inoculación	Piel plateada del café	Alimento animal	Investigación	Ninguno	Inoculación de algas	Académico	Enriquecimiento de sustrato de piel plateada del café con algas	Biotecnologías
(Diaz y Hunsberger, 2018)	Entrevistas	Social	Social	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Entrevistas semiestructuradas	Cadenas de valor
(Getachew y Chun, 2016)	Hidrólisis	Extracto de café soluble	Fenoles	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Hidrólisis de agua subcrítica (SCWH)	Biotecnologías

(Mendoza Martinez et al., 2019)	Pelletizado	Arbustos de café	Pellets	Adaptación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Humedad	Académico	Compresión mecánica	Bioproductos
(Birkenberg y Birner, 2018)	Certificado de carbono neutralidad Evaluación del ciclo de vida	Cadena de café	Certificado según la Especificación disponible públicamente (PAS) 2060 Fenoles	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Análisis de redes sociales: Process Net-Map	Cadenas de valor
(Santos da Silveira et al., 2019)	Fermentación	Pulpa de café	Fenoles	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Fermentación en estado sólido (SSF)	Bioproductos
(Goh et al., 2020)	Separación	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Extracción de aceite asistida por ultrasonidos, seguida por transesterificación	Biotecnologías
(Belan et al., 2020)	Bioprocesos	Roya del café	Diagrama de área estándar (SAD) construido con fotografías en color (SADcp)	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Diagrama de área estándar (SAD) construido con fotografías en color (SADcp)	Ecointensificación
(Kookos, 2018)	Bioprocesos	Café molido usado	Social	Investigación	Volumen	Ninguno	Académico	Evaluación de ciclo de vida (LCI) "puerta a puerta"	Cadenas de valor
(Codignole Luz et al., 2018)	Fermentación	Café molido usado	Biogas	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Digestión anaerobia	Bioproductos
(Ricciardi et al., 2017)	Molienda	Pergamino	Aislante acústico	Adaptación	Ninguno	Ninguno	Académico	Análisis del ciclo de vida	Servicios Ecosistémicos
(Chiari et al., 2014)	Separación	Aceite de café verde	Protector solar	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Tubo de impedancia Compresión mecánica	Bioproductos
(Bigirimana et al., 2019a)	Bioprocesos	Granos de café	Distribución espacial de Antestiopsis thunbergii	Investigación	Ninguno	Defecto del sabor de la papa (PTD)	Académico	Incidencia de plagas	Ecointensificación
(Minten et al., 2018)	Censo	Cadena de café	Certificación de los Estándares Voluntarios de Sostenibilidad (VSS)	Mercado	Ninguno	Ninguno	Público	Censo único de datos de transacciones a nivel de exportación y datos a gran escala a nivel de producción	Cadenas de valor
(Atabani et al., 2019)	Separación	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Uso de mezclas binarias de (D80B70) y (D70B30) y tres mezclas ternarias de (D80B10But10), (D80B10Pen10) y (D80B10Hex10)	Biotecnologías
(Minten et al., 2019)	Revisión	Social	Social	Investigación	Ninguno	Ninguno	Público	Revisión	Cadenas de valor

(Mohammed et al., 2019)	Bioprocesos	Granos de café	Perfil elemental de café	Investigación	Ninguno	Origen geográfico	Académico	Espectroscopía de emisión óptica (OES) de plasma inductivo acoplado (ICP)	Biodiversidad
(Bigirimana et al., 2019b)	Bioprocesos	Granos de café	Distribución espacial de <i>Antestiopsis thunbergii</i>	Investigación	Ninguno	Origen geográfico	Académico	Incidencia de plagas	Ecointensificación
(Pleissner et al., 2016)	Inoculación	Pulpa de café	Ácido láctico fermentativo	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Cepas específicas	Académico	Inoculación de sustrato	Biotechnologías
(Ferreira y Ferreira, 2018)	Entrevistas	Social	Social	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico	Entrevistas	Cadenas de valor
(Neilson et al., 2018)	Redes de producción global	Social	Social	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico	Captura de valor y acoplamiento estratégico de la literatura de las Redes de Producción Global (GPN)	Cadenas de valor
(Mora Alvarez et al., 2018)	Lavado Tamizado Secado	Café molido usado	Bioremediador	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Adsorción de metales pesados	Biotechnologías
(Catalán et al., 2019)	Evaluación del ciclo de vida atribucional (LCA)	Cáscara de café	Celulosa	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Fermentación en estado sólido (SSF)	Biotechnologías
(Geremew et al., 2016)	Bioprocesos	Granos de café	Niveles de contaminación por ocratoxina A	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Aislamiento, caracterización y pruebas in vitro de producción de acratoxina A	Biotechnologías
(Quan et al., 2015)	Bioprocesos	Bebida de café	Social	Investigación	Ninguno	Ninguno	Privado	Estudio cruzado simple ciego	Servicios Ecosistémicos
(Pizzutti et al., 2012)	Cromatografía de gases-espectrometría de masas	Granos de café verde	Trazas de plaguicidas	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS), utilizando el modo muy selectivo de ionización química negativa (NCI)	Biotechnologías
(Coltri et al., 2019)	Bioprocesos	Cultivo de café	Sombra	Investigación	Requiere software especializado	Ninguno	Académico	Simulación numérica de microclima con software Envi-met	Servicios Ecosistémicos
(Bote y Jan, 2017)	Bioprocesos	Cultivo de café	Atributos organolépticos	Investigación	Ninguno	Altitud, nitrógeno, sombra	Académico	Diseño experimental en campo con niveles de sombra, nitrógeno, altitud como tratamientos de estudio	Ecointensificación
(Giannetti et al., 2011)	Bioprocesos	Cultivo de café	Rendimiento	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Síntesis de emergencia	Ecointensificación
(Ribeiro et al., 2011)	Bioprocesos	Granos de café verde	Atributos organolépticos	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Tipos de envases para almacenamiento	Biotechnologías

<u>(Pettinato et al., 2019)</u>	Separación	Café molido usado	Antioxidantes	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Extracción asistida por microondas	Bioproductos
<u>(Contreras-Calderón et al., 2016)</u>	Separación	Café molido usado	Antioxidantes	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Método ABTS (capacidad de eliminación de radicales libres) y FRAP (poder antioxidante reductor férrico).	Bioteecnologías
<u>(Santos et al., 2020)</u>	Termogravimetría	Granos de café defectuosos	Biocombustible	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Métodos termogravimétricos: Ozawa-Flynn-Wall (OFW), Kissinger-Akahira-Sunose (KAS) y Friedman.	Bioteecnologías
<u>(Fernández-Gómez et al., 2016)</u>	Bioprocesos	Piel plateada del café	Bioacumulación	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Privado	Disección in situ	Bioteecnologías
<u>(García et al., 2018)</u>	Gasificación	Tallos de café	Energía térmica	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Producción de bioenergía (fermentación de etanol y gasificación) utilizando CCS como materia prima	Bioproductos
<u>(Jiménez-Zamora et al., 2015)</u>	Separación	Café molido usado	Ingrediente para alimentos enriquecidos	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Ultrafiltración	Bioteecnologías
<u>(Neu et al., 2016)</u>	Fermentación	Muscilago	Ácido láctico fermentativo	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Cepas específicas	Académico	Inoculación de sustrato	Bioteecnologías
<u>(Burniol-Figols et al., 2016)</u>	Biorrefinería	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Hidrólisis ácida diluida	Bioproductos
<u>(Plaza et al., 2015)</u>	Bioprocesos	Café molido usado	Bioadsorbente	Investigación	Ninguno	Ninguno	Público	Adsorción de CO2	Bioteecnologías
<u>(Collazo-Bigliardi et al., 2018)</u>	Hidrólisis	Cáscara de café	Fibras de celulosa	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Tratamientos alcalinos y de blanqueo e hidrólisis final de ácido sulfúrico	Bioproductos
<u>(Bosbach y Maietta, 2019)</u>	Entrevistas	Social	Comercio justo: café	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico	Precio hedónico de los aspectos éticos del consumo de café	Cadenas de valor
<u>(Durand et al., 2013)</u>	Bioprocesos	Granos de café	Dinámica de hongos productores de ocratoxina A	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	PCR-DGGE	Bioteecnologías
<u>(Weschenfelder et al., 2015)</u>	Concentración	Solución muy diluida de café soluble	Compuestos volátiles de café	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Pervaporación para concentrar compuestos aromáticos del café soluble	Bioteecnologías
<u>(Djossou et al., 2011)</u>	Inoculación	Pulpa de café	Identificación de hongos	Investigación	Requiere conocimientos y	Ninguno	Académico	Secuenciación del DNA ribosomal 16s	Bioteecnologías

(Buechley et al., 2015)	Bioprocesos	Cultivo de café	productores de ocratoxina A Diversidad de aves	Investigación	equipo de laboratorio Ninguno	Café con sombra	Académico	Redes de niebla en sitios de muestreo fijos, por lapso de tres años	Biodiversidad
(Souard et al., 2018)	Metabolómica	Hojas de café	Extractos de hojas de café	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Sistema LC de resolución rápida de la serie 1200 (RRLC) acoplado a un espectrómetro de masas de alta resolución de tiempo de vuelo (QTOF) Modelo Probit	Bioteecnologías
(Mujawamariya et al., 2013)	Análisis de redes	Social	Membresía a una cooperativa	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico		Cadenas de valor
(Ferrell y Cockerill, 2012)	Encuestas	Agua miel de café	Bioetanol	Investigación	Ninguno	Fermentaciones esporádicas	Privado	Encuestas de campo Fermentaciones con <i>Saccharomyces cerevisiae</i> and <i>Zymomonas mobilis</i>	Servicios Ecosistémicos
(Dzung et al., 2011)	Bioprocesos	Oligómero de Quitosano	Rendimiento	Investigación	Ninguno	Concentración del oligómero de quitosano	Académico	Experimentos en campo con niveles de oligómeros de quitosano como tratamientos	Ecointensificación
(Narciso, 2020)	Encuestas	Social	Migración	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico	Econometría: la ecuación econométrica, con sus parámetros, se puede encontrar desarrollada en el paper	Servicios Ecosistémicos
(Ballesteros et al., 2017)	Hidrólisis	Café molido usado	Fenoles	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Autohidrólisis, que es una tecnología ecológica que emplea solo agua como solvente de extracción	Bioproductos
(Brazinha et al., 2015)	Separación	Café molido usado	Aceite	Piloto	Ninguno	Ninguno	Académico	Las extracciones a escala de laboratorio se llevaron a cabo en un globo sumergido en un baño de aceite calentado por una placa con condiciones controladas de agitación y temperatura	Bioproductos
(Olson et al., 2012)	Bioprocesos	Milpa	Biodiversidad	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	ANOVA y prueba de chi-cuadrado de Pearson . Regresión logística	Biodiversidad
(Cerdán et al., 2012)	Encuestas	Árboles de sombra	Servicios Ecosistémicos	Investigación	Ninguno	Ninguno	Centro(s) de investigación	Encuestas de campo	Servicios Ecosistémicos
(Costa et al., 2018)	Digestión	Piel plateada del café	Perfil elemental de la piel plateada del café	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Digestión con microondas (MLS-1200 Mega microwave digestion unit)	Bioteecnologías
(Wollni y Brümmer, 2012)	Bioprocesos	Cultivo de café	Participación en los mercados especializados	Mercado	Requiere software especializado	Ninguno	Académico	Análisis de frontera estocástica para estimar una función de producción	Cadenas de valor
(Cerda et al., 2017)	Fermentación	Cáscara de café	Celulosa	Investigación	Requiere conocimientos y	Ninguno	Académico	Fermentación en estado sólido (SSF)	Bioproductos

(Rueda y Lambin, 2013)	Revisión	Cafés sostenibles	Mercados diferenciados	Mercado	equipo de laboratorio Ninguno	Ninguno	Académico	Revisión	Cadenas de valor
(de Melo et al., 2014)	Biorrefinería	Café molido usado	Aceite	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Ninguno	Académico	Extracción Soxhlet Análisis económico Análisis de sensibilidad	Bioproductos
(Vignoli et al. 2011)	Bioprocesos	Cafés solubles liofilizados	Actividad antioxidante	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Técnicas ABTS, Folin, DPPH y FRAP	Bioproductos
(Guzzo et al., 2015)	Bioprocesos	Kahweol	Efecto anticonceptivo	Investigación	Registro	Permiso ético	Privado	Prueba de presión de la pata de la rata, y se indujo hiperalgesia por inyección intraplantar de prostaglandina E2 (2 µg / pata). Experimentos en campo con diseños de siembra de Tephrosia vogelii y aplicaciones de NPK	Biotecnologías
(Bucagu et al., 2013)	Bioprocesos	Cultivo de café	Rendimiento	Investigación	Ninguno	Fertilidad	Académico	Revisión Extracción Soxhlet Dióxido de carbono supercrítico Codigestión anaeróbica	Ecointensificación
(Karmee, 2018)	Biorrefinería	Café molido usado	Aceite	Investigación	Volumen	Ninguno	Académico	Revisión Extracción Soxhlet	Bioproductos
(Kim et al., 2017)	Digestión	Café molido usado	Biogas	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Dióxido de carbono supercrítico Codigestión anaeróbica	Bioproductos
(Mata et al., 2018)	Biorrefinería	Café molido usado	Aceite	Investigación	Volumen	Ninguno	Académico	Revisión	Bioproductos
(Rajesh Banu et al., 2020)	Biorrefinería	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Volumen	Ninguno	Académico	Revisión Análisis económico de la producción de biocombustibles	Bioproductos
(Chen y Jhou, 2020)	Pirólisis	Piel plateada del café	Biocombustible	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Torrefacción	Biotecnologías
(Balzano et al., 2020)	Separación	Café molido usado	Fenoles	Investigación	Requiere conocimientos y equipo de laboratorio	Origen geográfico	Académico	Extracción etanólica	Bioproductos
(Coelho et al., 2020)	Separación	Café molido usado	Biopolimeros	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Inversión de fase	Bioproductos
(Schmidt Rivera et al., 2020)	Análisis del ciclo de vida	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Ninguno	Emisiones de CO2 equivalente	Académico	Análisis del ciclo de vida	Servicios Ecosistémicos
(Aristizábal-Marulanda et al., 2019)	Biorrefinería	Tallos de café	Bioetanol	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Diseño conceptual y optimización	Bioproductos
(dos Santos et al., 2018)	Separación	Cáscara de café	Biogas	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Pretratamiento con ozono, hidrólisis y digestión anaeróbica	Bioproductos
(Cho et al., 2020)	Separación	Café molido usado	Biocombustible	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Revisión	Bioproductos

(Swainson y Mahanty, 2018)	Bioprocesos	Cadena de café	Social	Investigación	Política	Ninguno	Académico	Revisión	Cadenas de valor
(Chojnacka et al., 2020)	Combustión	Café molido usado	Biofertilizante	Investigación	Ninguno	Ninguno	Académico	Solubilización de desechos	Bioproductos
(de Cássia Neves Esteca et al., 2018)	Secado	Cáscara de café	Mulching (Acolchado)	Adaptación	Ninguno	Deshidratación de la cáscara y pulpa de café	Académico	Degradación, secado y maduración del acolchado de cáscara y pulpa de café	Bioproductos
(Van Loo et al., 2015)	Encuestas	Cadena de café	Social	Mercado	Ninguno	Ninguno	Académico	Elecciones realizadas durante el CE, medidas de seguimiento ocular y encuesta	Cadenas de valor

Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Anexo 3. Revistas y capítulos de libro donde se alojan las publicaciones analizadas, por senderos del enfoque en BE en café

REVISTA	Biod.	Biop.	Biot.	Cadena	Eco.	Servicio s.	Total
Agricultural Systems	1					1	2
Agriculture, Ecosystems and Environment					1		1
Anaerobe			1				1
Animal Feed Science and Technology			1				1
Applied Thermal Engineering				1			1
Aquaculture			1				1
Biochemical Engineering Journal		1					1
Biological Conservation	1						1
Biomass and Bioenergy		1					1
Biomass Conversion and Biorefinery		1					1
Biomolecules			1				1
Bioresource Technology		7	2				9
Biotechnology for Biofuels		1					1
Business Horizons				1			1
Carbohydrate Polymers		1			1		2
Cenicafé		2					2
Chemical Engineering Transactions			1				1
Cleaner Production		2	1	2			5
Climate Change-Resilient Agriculture and Agroforestry			1				1
Computers and Chemical Engineering		1		1			2
Construction and Building Materials						1	1
Crop Protection					2		2
Ecological Economics				2			2
Energy for Sustainable Development						1	1
Energy Policy					1		1
Environmental Science and Pollution Research		1	1				2

European Biomass Conference and Exhibition Proceedings	1			1
European Journal of Agronomy	1			1
Experimental and Applied Acarology	1	1		
Food and Bioproducts Processing	2	2		
Food Chemistry	1	3	2	6
Food Control	2			2
Food Policy	3		1	4
Food Research International	1	1		
Food Waste Reduction and Valorisation	1			1
Fuel	3			3
Geoforum	1			1
Global Environmental Change	1			1
Heliyon	1			1
Industrial Crops and Products	2	2		
Innovative Food Science and Emerging Technologies	1	1	2	
International Journal of Applied Earth Observation	1			1
International Journal of Production Research	2			2
International Journal of Surgery	1			1
Journal of Chromatography A	1	1	2	
Journal of Environmental Management	1	1		
Journal of Food Engineering	3	1	4	
Journal of Functional Foods	1			1
Journal of Rural Studies	1			1
Journal of Science and Technology	1			1
Journal of Stored Products Research	1			1

Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers		1					1
LWT - Food Science and Technology		1					1
Materials Today: Proceedings		1					1
Microchemical Journal	1						1
NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences				1			1
Pharmacological Reports		1					1
Polo del Conocimiento	1						1
Promecafé	1						1
Renewable Energy		2					2
Resources, Conservation & Recycling			1		2		3
Science of the Total Environment	1	1	1				3
Sustainable Chemistry and Pharmacy		1					1
Sustainable Production and Consumption					1		1
Tecnología en Marcha		1					1
TEEM'19: Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality		1					1
The Journal of Supercritical Fluids	1						1
Topics in Current Chemistry	1						1
Universidad Iberoamericana Puebla		1					1
Universidad Nacional Abierta y a Distancia		1					1
Waste Management	2						2
World Development			2				2
Total	3	38	37	22	8	9	117

Biod.: Biodiversidad; Biop.: Bioproductos; Biot.: Biotecnologías; Cadena.: Cadenas de valor; Eco.: Eco intensificación; Servicios.: Servicios Ecosistémicos. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

CAPITULO III. POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA EN LA CADENA DE VALOR DE CAFÉ DE REPÚBLICA DOMINICANA

Pulido-Blanco, Victor Camilo¹, Núñez Ramos, Pedro Antonio²

¹MSc Biología, MSc Agroforestería y Agricultura Sostenible. Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE. ORCID Id: <https://orcid.org/0000-0002-1217-6877>, <https://www.linkedin.com/in/victor-camilo-pulido-blanco-46842b97/>, https://www.researchgate.net/profile/Victor_Pulido_Blanco/publications.

Autor para correspondencia: vpulido@agrosavia.co; victor.pulido@catie.ac.cr

²Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias (FCAV), Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), República Dominicana. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7580-7931>

pnunez@idiaf.gov.do pnunez25@uasd.edu.do pnunez58@gmail.com

Resumen

El café es el principal cultivo en las zonas de montaña de la República Dominicana (RD). El país ocupa el vigésimo séptimo puesto mundial en producción de café, y debido a varias crisis ha tenido una pérdida sostenida de área sembrada, productividad, productores y empleos directos e indirectos. Dada esta situación, una forma de ayudar a la generación de empleo, ingresos y alternativas de desarrollo en el sector cafetalero es el tránsito hacia formas de progreso sustentables con enfoques basados en las estrategias de la bioeconomía (BE). Este estudio identificó las oportunidades de desarrollo de la BE a partir de la cadena de café de la República Dominicana, desde el estado actual de la cadena, de las condiciones habilitantes de los senderos de la BE con potencial de implementación, y de la ilustración de sus beneficios con dos estudios de caso. Se halló que la cadena de café de la RD es una cadena de valor conformada por siete eslabones: 1. Insumos, 2. Producción, 3. Acopio, 4. Transformación (beneficiado), 5. Industrialización, 6. Comercialización y 7. Consumo. La cadena de valor (CdV) del café está fuertemente concentrada en los eslabones

de Industrialización y Comercio, donde una empresa domina el 90 % del mercado. Esta empresa, INDUBAN, se caracteriza por ofrecer mejores precios locales que los precios de bolsa. La CdV de café de RD tiene potencial interno para desarrollar aprovechamientos con enfoque de BE principalmente en el sendero de Bioproductos (Biorrefinerías), a partir de la materia residual del beneficiado del café, en especial de la pulpa de café, el café molido usado y la piel plateada del café. La CdV de café de RD está inmersa en un ambiente de soporte institucional desfavorable, principalmente porque la provisión de los capitales financieros, humano calificados, de infraestructura, normativa, incentivos y políticas son deficientes o inexistentes. Se hallaron en el país diez aprovechamientos con enfoques de BE en el sendero de Bioproductos, que son más adaptaciones de infraestructuras preexistentes a escala piloto que innovaciones de BE.

Palabras claves: bioeconomía, cadenas de valor, café, República Dominicana, biorrefinerías, economía circular.

Abstract

Coffee is the main crop in the mountain areas of the Dominican Republic (DR). The country occupies twenty-seventh place in the world in coffee production, and due to various crises has had a sustained loss of planted area, productivity, producers, and direct and indirect jobs. Given this situation, one way to help generate employment, income and development alternatives in the coffee sector is the transition to sustainable forms of progress with approaches based on bioeconomy (BE) strategies. This study set out to identify BE development opportunities from the coffee chain of the Dominican Republic, from the current state of the chain, from the enabling conditions of BE trails with implementation potential, and from the illustration of its benefits with two field case studies. It was found that the coffee chain in the Dominican Republic is a value chain made up of seven links: 1. Inputs, 2. Production, 3. Collection, 4. Transformation (beneficiary), 5. Industrialization, 6. Marketing and 7. Consumer final. The coffee value chain (VC), is strongly concentrated in the Industrialization and Commerce links, where a company dominates 90% of the market. It is characterized by offering better local prices than stock prices. It has internal potential to develop exploitations with a BE focus on the Bioproducts pathway (Biorefineries), from the residual material of the coffee beneficiary, especially the coffee pulp, the used ground coffee and the silver skin of the coffee; but it is immersed in an environment of unfavorable institutional support, mainly because the provision of financial capital, qualified human resources, infrastructure, regulations, incentives and policies are deficient or non-existent. In the country there are already uses with BE approaches on the Bioproducts path, which are more adaptations of pre-existing infrastructure on a pilot scale than innovations of circular economy.

Key words: bioeconomy, value chains, coffee, Dominican Republic, biorefineries, circular economy.

3.1. Introducción

Por café se conoce tanto a las plantas, como al producto (*commoditie*) de dos especies comercializadas del género *Coffea*: *C. canephora* (Robusta) y *C. arabica* (Árabea) ([Vignoli et al., 2011](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#)). A nivel mundial, el 70 % de las personas consume Árabea y el 30 % restante consume Robusta ([Rajesh Banu et al., 2020](#)). Individualmente o en mezcla, el café es uno de los productos primarios más valiosos en el comercio mundial debido al alto consumo de la infusión que se produce de los granos tostados y molidos ([Mussatto et al., 2011](#)). Es, después del agua, la segunda bebida más popular en todo el mundo y el segundo producto más grande en la bolsa después del petróleo ([Mussatto et al., 2011](#); [San Martin et al., 2020](#)). Actualmente, el consumo de café supera los tres mil millones de tazas por día a nivel mundial ([Ferreira y Ferreira, 2018](#)). Según las estadísticas de la Organización Internacional del Café (ICO), la producción mundial de café en 2018 fue de 9,50 millones de toneladas ([ICO, 2019](#); [San Martin et al., 2020](#)); es decir, unos 158 millones de sacos de 60 Kg. Se proyecta que la producción mundial de café en 2019/20 será de 167 millones de sacos, que comprende 95 millones de sacos de Árabea y 72 millones de sacos de Robusta ([ICO, 2019](#); [Favaro et al., 2020](#)). El café se cultiva en 11 millones de hectáreas en 4 continentes y en más de 60 países ([CEPAL, 2019](#); [Favaro et al., 2020](#)). El 50 % de la producción mundial de café se produce en América, el 33 % en África y el 22 % en Asia ([CEPAL, 2019](#)). Entre ellos, Brasil es el principal productor de café con una producción anual promedio de 53 millones de sacos, seguido de Vietnam (28 millones de sacos), Colombia (14 millones de sacos), Indonesia (12 millones de sacos) y Etiopía (7 millones de sacos) ([Rajesh Banu et al., 2020](#)).

El café, principalmente Árabea, es el principal cultivo en las zonas de montaña de la República Dominicana ([CEPAL, 2019](#)). El país ocupa el vigésimo séptimo puesto mundial en producción de café, con 24,000 toneladas métricas producidas durante el periodo 2017-2018 ([ICO, 2019](#)), lo que representa cerca del 0.3 % de la producción mundial ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)); se cultiva en pequeños minifundios cercanos a tres hectáreas en el 70 % de las unidades agrarias ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)). El área cultivada de café se estima en cerca de 95.000 hectáreas (1,520,000 tareas), con unos 28,000 productores en 2018 ([CEPAL, 2019](#)). El número de productores de café se ha ido reduciendo de 70,000 en 1981, 50,000 en 2007, a los actuales 28,000 productores ([CEPAL, 2019](#)). El sector cafetalero ha pasado por diversas crisis que han provocado reducciones en la producción del país: de 1995 a 2004, debido al ataque de la broca del café (*Hypothenemus hampei*); en 1998 por el huracán Georges; de 1999 a 2004 por los bajos precios internacionales, y de 2009 a 2013, por el ataque de la roya del café (*Hemileia vastatrix*) ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). De

hecho, la cosecha de café del año 2015 ha sido la peor en los últimos 15 años, con apenas 218,000 quintales de café ([CEPAL, 2019](#)). En consecuencia, el área sembrada también se ha reducido: la superficie neta cultivada de café decreció alrededor del 16 % en la década de 1990, alcanzando las 550,000 ha en 1999 ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)), y pasó de 131,250 ha que quedaban en 2001, a 95,000 ha en 20018. Es decir, en los últimos 17 años la República Dominicana perdió 36,250 hectáreas (580,000 tareas) de café. En términos laborales, 105.500 empleos directos e indirectos se han perdido por las crisis, especialmente la de la roya de 2009 a 2013, con una afectación de 250,000 personas en total ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)). Actualmente, se estima que la actividad cafetalera genera 50,000 empleos directos permanentes y más de 70,000 empleos temporales ([CEPAL, 2019](#)).

Aunado a esto, República Dominicana pertenece al grupo de países con ingresos medio-bajos, con sectores agrícolas grandes cuyo sector primario contribuye de forma sustancial al total de valor agregado nacional, con alrededor del 6 % del producto interno bruto – PIB- ([El Dinero, 2018](#)); presentan una escasa actividad de innovación en biotecnología y una pequeña proporción de empleo en ciencia y tecnología ([Ponce y Azamar, 2017](#); [Ponce y Carrillo-González, 2017](#)). [Ponce y Carrillo-González \(2017\)](#) afirman que debido a la relación de ingresos per cápita relativamente bajo y a la correlación de sus actividades económicas globales, República Dominicana es una nación dependiente de la provisión tecnológica desde países desarrollados.

Dada esta situación, una forma de ayudar a la urgente generación de empleo, ingresos y alternativas de desarrollo en el sector cafetalero de la República Dominicana, ha sido el tránsito hacia formas de progreso sustentables con enfoques basados en las estrategias de la bioeconomía (BE), caracterizada por producir cadenas de valor alternas con una fuerte demanda ocupacional ([Aramendis et al., 2018](#)), que reducen el riesgo económico por la diversificación de las fuentes de ingreso ([Chavarría, 2018](#)), y la provisión de apoyo a procesos de innovación tecnológica ([Hodson de Jaramillo et al., 2019](#); [IICA, 2019](#)), así como encadenamientos con industrias y empresas de otros sectores. Conjuntamente, el enfoque de BE disminuye la generación de desechos y minimiza el uso de combustibles y recursos de origen fósil en los mismos eslabones de la cadena de la que parten las prácticas de los denominados senderos de la BE, llegando a otros eslabones de otras cadenas ([Trigo et al., 2013](#); [Ponce y Carrillo-González, 2017](#); [Rodríguez et al., 2017](#); [Aramendis et al., 2018](#); [Chavarría, 2018](#); [Dietz et al., 2018](#); [IICA, 2018](#); [IICA, 2019](#)).

Basados en lo anterior, este estudio se centró en la identificación de las oportunidades de desarrollo de la BE a partir de la cadena de valor de café de la República Dominicana, analizando el estado actual de la cadena, las condiciones habilitantes de los senderos de la BE con potencial de implementación, y la ilustración de sus beneficios con dos estudios de caso. Se pretende que los resultados sirvan como una línea base para futuras iniciativas

que busquen la generación de políticas, modelos o tecnologías necesarias para incentivar el desarrollo de cadenas de valor alternas al cultivo principal del grano que ayuden a paliar el decaimiento del sector cafetalero dominicano.

3.2. Materiales y Métodos

3.2.1. Ubicación de la zona de estudio

Se realizaron entrevistas semiestructuradas y estudios de caso en el territorio de la República Dominicana. Las entrevistas fueron realizadas a los actores clave de la cadena de café dispersos en el territorio insular, situado entre los paralelos 17º 36' - 19º 58' latitud norte (N), y 68º 17' - 72º 00' longitud oeste (O) ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#)).

Los estudios de caso fueron realizados en los sistemas productivos de Café Monte Alegre® (Monte Alegre Holding), a los 19º13'10" N, 70º49,6'18" O; y café Samir® (Samir SRL), a los 18º40'53" N, 70º23'12" O (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de las zonas de estudio en la República Dominicana, conforme a las regiones cafetaleras reportadas por [CEPAL \(2019\)](#). Fuente: Pulido-Blanco (2020).

3.2.2. Caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para desarrollar BE

La caracterización de la cadena se desarrolló en dos fases:

1. Fase descriptiva: se realizó una identificación de los elementos clave para cada eslabón de la cadena de café siguiendo la metodología de [Escobedo \(2018\)](#). Se realizó un análisis de información secundaria proveniente de fuentes actualizadas y confiables, como estudios publicados por actores claves de soporte de la cadena en el territorio, incluyendo: Instituto Dominicano del Café –INDOCAFÉ (antes CODOCAFÉ)–, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales –IDIAF–, Programa Centroamericano para la Gestión Integral de la Roca del Café –PROCAGICA–. Se identificaron los vacíos de información y se complementaron con entrevistas semiestructuradas a personas referentes de las entidades mencionadas (Anexo 1). Las entrevistas fueron realizadas con base en las preguntas orientadoras de la metodología [IICA \(2019\)](#).

2. Fase deductiva: se generó el mapa de la cadena de café en República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para aprovechamiento de la BE. Para la generación del mapa se tuvo en cuenta los resultados de la fase descriptiva, y se siguieron las metodologías de [Escobedo \(2018\)](#) e [IICA \(2019\)](#), bajo la herramienta *Value Link*, mapeo general.

También, se realizó el análisis del potencial de aprovechamiento de la BE siguiendo la metodología [IICA \(2019\)](#), versión 3 de la plantilla de captura de información, parágrafo «...Análisis del potencial de negocios de bioeconomía», de la «Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía». Esta plantea el análisis de cinco factores (Inputs o insumos, palanca, soporte, contexto y mercado) a través de 122 preguntas orientadoras divididas en 20 subcategorías (Tabla 1).

Tabla 1. Subcategorías por factor de análisis del potencial de la BE.

Factores de análisis del potencial de Bioeconomía					
Subcategorías	Inputs	Palanca	Soporte	Contexto	Mercado
	Biomasa primaria	Ciencia, tecnología e innovación	Servicios básicos	Aspectos económicos	Mercados actuales y potenciales
	Biomasa residual	Financiamiento	Políticas	Eficiencia y sostenibilidad	Incentivos para mercados
	Insumos	Capacidades	Regulación y normativa	Organización	
	Biodiversidad	Recursos humanos Infraestructura	Apoyos/incentivo Certificaciones Cultura		

Fuente: [IICA \(2019\)](#)

Para cada pregunta se plantearon cinco posibles escenarios de respuesta: del escenario ideal (donde las condiciones exigidas para el aprovechamiento de la BE se cumplen totalmente) al escenario menos deseado (donde las condiciones son totalmente adversas). A cada variable se le asignó una ponderación que fluctuó entre 0 y 1, obtenida por el método Delphi ([IICA, 2019](#)). Los resultados cuantitativos se establecieron por senderos de la BE conforme a la clasificación de [Trigo et al. \(2013\)](#), y se graficaron para su interpretación.

3.2.3. Estudios de caso de implementación de la BE en la cadena de café de la República Dominicana

Se realizaron dos estudios de caso deterministas descriptivos sobre las condiciones sociales, económicas y ambientales necesarias para habilitar y desplegar la BE ([Antonio et al., 2015](#); [Cura et al., 2015](#)). Se seleccionaron los sistemas productivos de Café Monte Alegre® (Monte Alegre Holding), ubicado en el distrito Juncalito de la municipalidad de Jánico, Provincia de Santiago, y café Samir® (Samir SRL), ubicado en el distrito Mahoma de la municipalidad de Rancho Arriba, Provincia de San José de Ocoa (Figura 1).

Se incluyeron los datos de la ficha de tecnologías de la BE usadas en café y sus condiciones habilitantes (Tabla 2), de la «*Caracterización de Iniciativas de la Bioeconomía*» de la «*Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía*» [IICA \(2019\)](#). Para el análisis del potencial de aprovechamiento se siguió la metodología [IICA \(2019\)](#).

Tabla 2. Ficha de tecnologías de la BE usadas en café en República Dominicana y sus condiciones habilitantes.

Variable	Descripción		
Título	Es el nombre dado a la tecnología o proceso descrito, el cual se debe describir de forma comprensiva (ejemplo: [proceso] para [producto])		
Breve resumen de qué se trata	Es el texto descriptivo de la experiencia, muy breve. Máximo 300 caracteres (con espacios) o unas 50 palabras		
Resumen de tecnología / proceso	Es el texto que describe la tecnología o proceso de forma resumida. No debe contener la "receta completa" (para eso está el link), pero sí debe permitir comprender bien de qué se trata. Se debe incluir mención a requerimientos de equipo, de volúmenes mínimos, conocimiento especializado, etc. que se considere relevante. Máximo=200 palabras		
Tipo de proceso	Físicos	Biológicos	Químicos
	Destilación	Fermentación	Oxidación
	Centrifugación	Ensilaje	Hidrólisis
	Molienda	Ingeniería Genética	Combustión
	Tamizaje	Digestión	Pirolisis
	Separación	Compostaje	Gasificación
	Filtración	Biorefinería	Acidificación
	Decantación	Bioprocesos	Catálisis
	Evaporación	Inoculación	
	Condensación		
	Aireación		
	Disolución		
	Secado		
	Pelletizado		
Materia prima	Es la materia prima específica del café o su proceso, de la que parte la tecnología		
Producto Final	Alcohol		
	Alimento animal		
	Bactericida		
	Biodiésel		
	Bioetanol		
	Biofermento		
	Biofertilizante		
	Biofungicida		
	Biogás		
	Biopelículas		
	Bioplaguicida		
	Bioplásticos		
	Biopolímeros		
	Bioremediador		
	Carbohidratos		
	Carbón activado		
	Colorantes naturales		
	Compost		
	Ecoturismo		

		Efluente purificado Energía eléctrica Energía térmica Ensilaje Films biodegradables Fosfolípidos Ingredientes para alimentos enriquecidos Lípidos Microcelulosa Nutracéuticos Pellets Proteína Reducción emisiones CO2
Problema u oportunidad que responde	al	Es una breve descripción del problema que resuelve esta tecnología o de la oportunidad que permite aprovechar. Máximo 30 palabras
Maduración		Es el nivel de avance de la tecnología: escala industrial, mercado, en trámites para mercado (v.g.: licenciamiento), piloto, prototipo o adaptación; investigación.
Condicionantes de escala / aplicabilidad		Se debe indicar si la aplicación de esta tecnología requiere volúmenes mínimos o equipo indispensable para poder implementarla. Máximo 20 palabras
Condicionante ambiental		Se debe indicar si existen condiciones ambientales específicas para poder aprovechar la tecnología. Máximo 20 palabras
Link		Es el enlace(s) a la(s) fuente(s) de información relevante(s)
País o región		Es la ubicación geográfica donde se implementó la tecnología o proceso
Sector		Centro(s) de investigación Organización de productores Sector académico Sector privado Sector público
Año		Se refiere al año de la referencia de la cual se tomó la información. Básicamente sirve para poder actualizar en un futuro, quitando los casos de más de 5 años de edad que no están en uso

Fuente: Chavarría/10/febrero/2019. Comunicación personal verbal, Turrialba, Costa Rica, CATIE⁴.

3.3. Resultados y Discusión

3.3.1. Caracterización de la cadena del café en la República Dominicana con énfasis en los recursos con potencial para desarrollar BE

La cadena de café de la República Dominicana está conformada por siete eslabones ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)): 1. Insumos, 2. Producción, 3.

⁴ H. Chavarría, comunicación personal, 10 de febrero de 2019. Turrialba, Costa Rica, CATIE.

Acopio, 4. Transformación (beneficiado), 5. Industrialización, 6. Comercialización y 7. Consumo (Figura 2) (Anexo 2). Los eslabones de la cadena presentan altos niveles de confianza, voluntad y compromiso entre los actores (Anexo 2) ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)), flujos de información bidireccionales, sobre todo en circuitos de comercialización estables, aunque cerrados ([Galtier y Batista, 2007](#)), asociaciones de productores organizados ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)), articulaciones y relaciones contractuales formales ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL, 2019](#)), cooperación y visión conjunta para alcanzar los objetivos de las asociaciones ([Galtier y Batista, 2007](#)), y orientaciones hacia demandas del mercado para ofertar cafés diferenciados ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). Por lo anterior, la cadena de café de República Dominicana es una cadena de valor (CdV) y no productiva (Figura 2).

Eslabón de provisión de insumos, equipos y maquinarias

En la cadena de valor de café de la República Dominicana, los tres principales insumos requeridos son:

1. Plantas: A un costo de producción de 0.091 USD, y de venta entre 0.18 y 0.22 USD, en el país se producen cerca de 74,016,773 plantas al año, principalmente en viveros privados de 35 empresas productoras (75 % del total) ([CEPAL, 2019](#)). El restante es producido y transferido (donado) en el Programa de la Roya de INDOCAFÉ ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). Como un esfuerzo nacional para hacerle frente a los efectos de la crisis de la roya de 2009 – 2013. El 90 % de las plantas producidas corresponden a variedades con demanda del mercado (calidad en tasa) y resistentes a la fitopatología: Costa Rica 95, Obatá, T-8667 (línea varietal), Monte Bonito (línea varietal), Lempira, Castillo, Tupi y Acauá ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). Se reconoció mano de obra dominicana, alrededor de un 80 % masculina, en la producción de plantas. La mujer participa en el llenado de bolsas ([CEPAL, 2019](#)).

2. Agroquímicos: tres empresas importan, principalmente, fertilizantes y herbicidas (FERSAN, FERQUIDO y ABODOM) ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). No obstante, se constató en la encuesta (Anexo 2) que los cultivos del país no suelen ser fertilizados, y el manejo está directamente supeditado a la mano de obra. Principalmente se usan machete y bomba de espalda para las labores. El café en República Dominicana es reconocido por una baja productividad, de entre 181 kg a 217 kg de café oro por hectárea (0.25 a 0.30 quintales⁵ de café oro por tarea) ([CEPAL, 2019](#)), comparado con

⁵ En este estudio se utilizan algunas equivalencias comunes en el mercado local: 1 kilogramo (kg) = 2.2 lb; 1 hectárea = 15.9 tareas; 1 tarea (ta) = 628.8 metros cuadrados; 1 quintal = 45,45 kg; US\$ 1 = RD\$ 51.00. Fuente: [CEPAL \(2019\)](#).

los 1,320 kg/ha de Brasil (1.82 quintales por tarea) ([Canet Brenes *et al.*, 2016](#)), o los de 791 kg/ha de Colombia (1.78 quintales por tarea) ([Agronegocios, 2020](#)), primer y tercer productor mundial, respectivamente, y referentes de la caficultura de LAC.

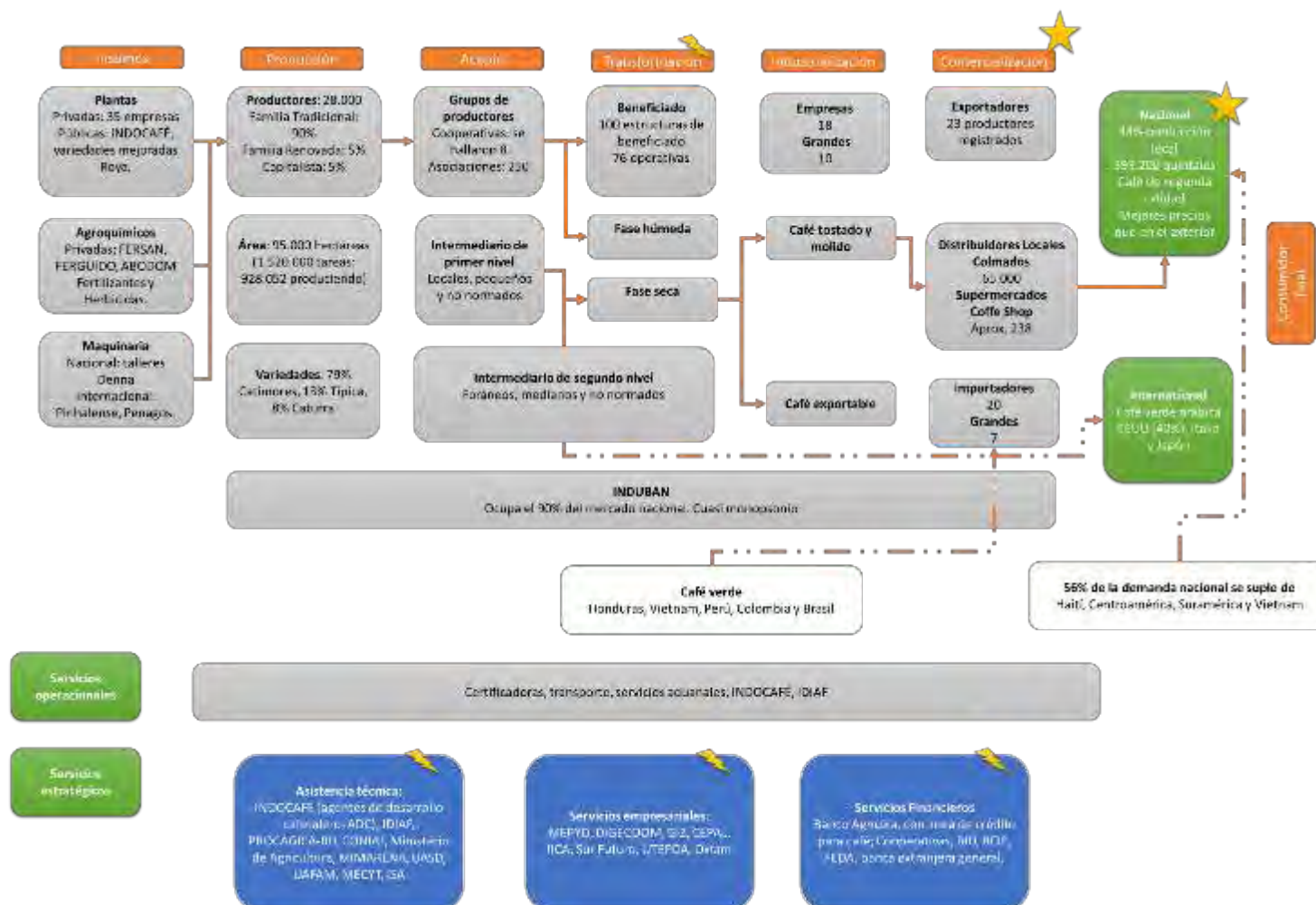


Figura 2. Mapa de la cadena de valor del café de la República Dominicana, 2020. Pulido-Blanco, VC con base en: (Galtier y Batista, 2007; Jiménez *et al.*, 2007; CEPAL e INDOCAFE, 2018; Escobedo, 2018; CEPAL, 2019), encuestas a actores claves de la cadena e instituciones (INDOCAFE, IDIAF, PROCAGICA, Café Monte Alegre, Café Samir). Fuente: Pulido-Blanco (2020).

3. Maquinaria: Las unidades compactas de beneficio (UCB), como Pinhalense (Brasil), Penagos (Colombia), son importadas directamente por los grandes beneficios del país ([CEPAL, 2019](#)). Sólo existe un taller local con máquinas despulpadoras mecánicas y manual de café uva (Denna, Santiago de los Caballeros).

Eslabón de producción

El país está dividido en nueve regiones cafetaleras (Tabla 3) ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)).

Tabla 3. Regiones cafetaleras de la República Dominicana, con datos de áreas sembradas y en producción para el año 2016.

Región cafetalera	Área sembrada (ha)	Área en producción (ha)
Norte	12,164	6,690
Norcentral	6,641	3,652
Noroeste	6,701	3,685
Nordeste	3,206	1,763
Central	10,916	6,004
Sureste	12,734	7,004
Este	2,041	1,570
Suroeste	15,628	8,595
Sur	35,279	19,404
Total	105,310	58,368

Fuente: [CEPAL \(2019\)](#).

El área cultivada de café en 2018 se estimó en cerca de 95,000 hectáreas (1,520,000 tareas), con unos 28,000 productores ([CEPAL, 2019](#)). El café se encuentra asociado con musáceas, cítricos, aguacate y leñosas perennes. Según [CEPAL \(2019\)](#) y [CEPAL e INDOCAFE \(2018\)](#), la producción de café está calificada como una actividad productiva deficiente debido a la baja productividad de las plantaciones (entre 181 kg/ha a 217 kg/ha de café oro). Esto se debe entre otros factores, a la vejez de las plantaciones y el uso de prácticas de manejo inadecuadas. En este sentido, esta debilidad limita la participación del 90 % de los productores de café de República Dominicana en la cadena de valor de este producto. Según [CEPAL \(2019\)](#), aunque el precio del café en el mercado interno es alto, la baja productividad y la escala de la producción a nivel de finca de la mayoría de los caficultores no permiten desarrollar una empresa económicamente viable y la mejora de su posición competitiva dentro de la cadena de valor.

Según el tipo de mano de obra utilizada, capital de trabajo, nivel tecnológico aplicado y fuente principal de ingresos, existen tres tipos de productores (Tabla 4) ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)).

Tabla 4. Tipos de productores clasificados con atención al capital de trabajo y nivel de tecnificación.

Tipo de productor	Características	Porcentaje
Familiar tradicional	Mano de obra familiar principalmente. - Carece de capital de trabajo. - Fuente principal de ingresos: actividades fuera de la finca y ayuda familiar. - Cafetal poco tecnificado (nivel tecnológico bajo)	90
Familiar renovado	Mano de obra familiar principalmente. Se contrata mano de obra para Algunas actividades y sobre todo para la recolección del café. - Capital de trabajo limitado. - Fuente principal de ingresos: café. - Cafetal semi-tecnificado (nivel tecnológico medio)	5
Empresa	- Mano de obra contratada. - Capital de trabajo suficiente. - Fuente principal de ingresos: café, actividades comerciales e industriales. - Cafetal tecnificado (nivel tecnológico alto)	5

Fuente: tomado de ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)).

El principal gasto en la producción de café está representado por la mano de obra: [Jiménez et al. \(2007\)](#) comenta que en los emprendimientos familiar tradicional, familiar renovado y empresarial, la mano de obra constituye el 91.8, 87.1 y 72.4 %, respectivamente. La mano de obra es mayoritariamente haitiana, masculina, entre 20 y 40 años. Le sigue haitiana femenina, de entre 20 y 30 años, y dominicana contratada de entre 20 y 60 años. La [CEPAL \(2019\)](#) realizó un estudio socio económico donde determinó que «*un pequeño productor de café con 3.14 ha (50 tareas) o menos y una productividad de 181 kg/ha (0.27 quintales por tarea) no puede desarrollar un negocio viable desde la perspectiva económica, aun cuando reciba un precio relativamente alto USD156 (RD\$ 8,000 por quintal de café pergamino seco) y tenga un margen equivalente al 58 % (mayor que el productor tecnificado). Esto se debe a que los bajos niveles de producción no le permite generar un ingreso mensual suficiente para cubrir los gastos de la familia, si depende solamente de la venta de café. Esta situación corresponde con la gran mayoría de los productores de café dominicanos*».

Para generar un nivel de ingreso superior que asegure el costo de una canasta familiar de USD470.59 (RD\$24,000), con la productividad media anual vigente, el productor de café necesita una plantación de más de 6.3 ha (100 tareas), con valores que pueden sobrepasar las 18.9 ha (300 tareas) si se propone generar riqueza (excedentes) ([CEPAL, 2019](#)). Por ende, *«el problema fundamental del pequeño productor tradicional de café no es de rentabilidad (recibe precios altos y tiene costos bajos), sino de reducida capacidad productiva debido a los niveles de productividad y al tamaño de la finca»*. Para romper este círculo vicioso, el estudio de [CEPAL \(2019\)](#) concluye que el pequeño productor debe maximizar el rendimiento por unidad de área, y, sobre todo, diversificar sus fuentes de ingresos dentro y fuera de la finca, para no depender exclusivamente del café.

Eslabón de acopio

Los acopiadores de café son mayoritariamente las cooperativas y las asociaciones de productores (Anexo 2). El eslabón está conformado por intermediarios locales, de primer nivel, y foráneos, de segundo nivel, de las zonas de producción. Con convenios de negocios en su gran mayoría informales, los intermediarios no tienen normativas claras para su actividad:

1. Intermediarios de primer nivel: compran café uva o pergamino seco de forma directa al productor, pago de contado según el precio fijado por la empresa dominante del mercado (INDUBAN), sin exigencia de calidad. Acopian, transportan o venden al intermediario de segundo nivel (Jiménez *et al.*, 2007; CEPAL e INDOCAFE, 2018; CEPAL, 2019). Según CEPAL (2019), deducen el costo de procesamiento del café hasta transformarlo a pergamino seco, que ronda alrededor del 10 %. El margen de beneficio es más o menos 4 %. Estos intermediarios se caracterizan porque generalmente residen en la zona cafetalera, disponen de transporte para movilizar el producto desde la finca a los centros de acopio, no exigen calidad y compran directo a los productores individuales y a las asociaciones de productores (CEPAL, 2019).

2. Intermediario de segundo nivel: compran del intermediario de primer nivel, las asociaciones o cooperativas, volúmenes medios y grandes de café pergamino seco o pilado. Toma en consideración la calidad, sin embargo, la misma no se refleja en precio del café. Acopian y transportan a la industria, al comercio o a los exportadores. El valor pagado por el café lo tasan entre el precio fijado por la empresa dominante del mercado y la calidad del producto (Jiménez *et al.*, 2007; CEPAL e INDOCAFE, 2018; CEPAL, 2019). Según CEPAL (2019), este tipo de intermediario reside fuera de la zona cafetalera y dispone de un buen transporte para el producto desde la zona cafetalera a las factorías o centros de acopios.

Eventualmente proveen financiamiento a los productores durante la producción, para la compra de insumos y pago de mano de obra durante cosecha (CEPAL, 2019).

CEPAL (2019), señala que los grupos de productores que actúan como intermediarios generalmente tienen su centro de acopio en la zona y en algunos casos fuera de ella, disponen de transporte del producto desde la finca a los centros de acopios, compran directo a los productores y en algunos casos toman en consideración la calidad, pero no pagan en adición por ella. Eventualmente proveen financiamiento con recursos que reciben de donaciones, préstamos del Banco Agrícola, o de intermediarios. Reciben el café en estado pergamino seco de agua y pergamino seco (CEPAL, 2019). Por lo anterior pueden ser frecuentemente identificados como intermediarios de segundo nivel. No se hallaron datos de cuántas de las 250 asociaciones intermedian en el acopio y venta de café a la industria. Al respecto CEPAL (2019) comenta que no existe un registro del intermediario y su participación varía según la oportunidad que presente la actividad cafetalera cada año.

Eslabón de transformación

Corresponde al proceso de beneficiado del café, que es el proceso que se realiza para transformar el producto de café uva a café oro ([Mussatto et al., 2011](#)). Consta de dos fases, y es la etapa más crítica del proceso, pues de ella depende directamente la calidad ([CEPAL, 2019](#)):

1. Fase húmeda: consta de la recolección, despulpado, clasificación, desmucilaginado (fermentación), lavado y secado de café hasta el 12 % de humedad.
2. Fase seca: consta del almacenamiento, descascarado (pilado), trillado, clasificación y envasado del café.

El beneficiado es realizado en su totalidad o en alguna de sus fases por grupos de productores, intermediarios y la industria ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). La mayoría de los productores asumen la fase húmeda en sus unidades productivas, los intermediarios asumen el secado y la industria todos los pasos, en especial el pilado, trillado, la clasificación y envase con marca registrada.

Eslabón de industrialización

Es realizado por 18 empresas, diez de las cuales son grandes (Tabla 5). Industrias Banilejas (INDUBAN) domina el eslabón, el mercado y la cadena de valor de café en la República Dominicana, debido al alto volumen de café que procesan y venden. Con varias marcas,

pasó de ocupar el 96 % del mercado nacional en 2018, al 90 % en 2020 ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)) (Anexo 2). Fija los precios a partir de los precios internacionales, y es referente de costos para las demás industrias, actuando en la práctica como un monopsonio.

Tabla 5. Listado de industriales, exportadores y comercializadores (algunos con marca registrada) de café en la República Dominicana.

Empresa/Productor referente	Exportadores	Industriales	Marca
Agrotécnica Cafetalera, S.A.	X		
Alfredo Díaz	X		
Alisandro A. Rodríguez C.	X		
Américo Melo & Co. CxA	X	X	Café Familiar
Antonio R. Taveras Agroindustrial	X		
Asoc. De Caficultores de Juncalito, Inc.	X	X	Café Juncalito
Asoc. De Caficultores La Independencia, Inc. (ASOCAIN)	X	X	Café Atabey
Asociación de Caficultores La Esperanza (ASOCAES)		X	Café La Esperanza
Asociación de Caficultores y Productores Agropecuarios del Puertecito		X	Café El Puertecito
Belarminio Ramirez E Hijos, CxA	X	X	Café Monte Alto
Biocafcao, S. A.	X		Café Perla Negra
Café Perla Negra		X	
Chadley T. Wallace	X		
Eddy Sierra		X	Café Don Miolan
Federación de Caficultores de la Región Sur, Inc. (FEDECARES)	X		
Federación de Caficultores y Agricultores para el Desarrollo de San Juan de la Maguana		X	Café Monte Frio
GFJ Export, S.R.L	X		
Grupo de Desarrollo Rural Nacional	X	X	Gran Café Orgánico
INCAT CARIBE	X		
Industrias Banilejas CxA	X	X	Café Santo Domingo
José Paiewonsky E Hijos, CxA	X	X	Café Puro
Liniera Agroindustrial	X	X	Café Serrano
Mari Coffee Export, SRL	X		
Monte Alegre Holding	X	X	Café Monte Alegre
Movimiento Cafetalero de Acción Comunitaria, Inc. (MOVICAC)	X	X	Café La Tambora
Natura Bella, S.R.L.	X	X	Café El Cibao
Regiomontano, S.A.	X	X	Café Mamá Inés/Café Montana Verde
Samir, S.R.L	X	X	Café Samir

Fuente: Pulido-Blanco (2020) a partir de los listados de [CEPAL \(2019\)](#).

En este eslabón se producen dos tipos de productos: café en grano de oro o café oro (exportación) y café tostado y molido (mercado nacional). Las principales actividades desarrolladas en la industrialización son:

- a. Eliminación de objetos extraños: se limpia el café pergamino oro de impurezas como piedritas, restos de hojas, palos, polvo, etcétera. Se usan zarandas mecanizadas en las grandes industrias.
- b. Pilado: es la eliminación del pergamino. Se realiza en grandes molinos de los que se obtiene cascarilla de café como producto residual.
- c. Selección por tamaño: se tamizan los granos en zarandas con huecos de distinto tamaño. Se descartan los granos rotos.
- d. Selección por densidad: se usan máquinas gravimétricas automatizadas, en las que la masa del grano difiere su capacidad de desplazamiento.
- e. Selección por color: en las grandes industrias se usan máquinas que diferencian granos de forma individual por su color. En las entrevistas los productores manifestaron que se buscan granos de un «verde azulado homogéneo».
- f. Selección manual: en las pequeñas industrias e, incluso, en las industrias de productores capitalistas se usa la selección manual de granos para eliminar los defectuosos y complementar los procesos. En esta actividad participan casi exclusivamente mujeres.
- g. Envasado: se realiza en sacos de yute de aproximadamente 800 kg de capacidad de café oro, o pergamino en algunas industrias. Dos sacos se consideran un lote. El café se almacena con el 10 al 12 % de humedad en el grano. Este es el café para exportación, que se contrata por contenedores.
- h. Tostado y molido: Este tipo de producto es producido por la industria y tostadores medianos y pequeños, así como asociaciones de productores que procesan pequeñas cantidades de café. Se utiliza equipos de torrefacción como tostador, molino, equipo para empacado y envasado. El café se envasa en sobres (bolsas) de 1, 8, 12 o 16 onzas.

En los últimos años se ha visto una tendencia a que los compradores nacionales se inclinen por el reconocimiento de marca más allá del precio unitario, privilegiando las características organolépticas del producto. Este tipo de compradores ha permitido que el 6 % del eslabón industrial que correspondía a INDUBAN sea asumido por industrias medianas e, incluso, pequeños productores, quienes históricamente han tenido un fuerte trabajo en la promoción de cafés diferenciados.

Eslabón de comercialización

A pesar de que en este eslabón tienen cabida los actores intermediarios, grupos de productores (cooperativas y asociaciones), la industria, los comercializadores y exportadores, es INDUBAN quien domina en la práctica la comercialización del café en República Dominicana. Aunado a una fuerte estrategia de promoción de marca, la empresa cuenta con tiendas de café (*coffe shop*) en restaurantes, cadenas hoteleras, aeropuertos y centros comerciales de las zonas turísticas del país.

En este eslabón se reconocen dos canales de comercialización:

1. Nacional: conformado por café no exportable (de segunda calidad), destacan como principal medio de distribución la venta de sobres de 1 (preferido), 8, 12 y 16 onzas de café tostado y molido en cerca de 65,000 colmados (pequeños negocios locales) en el territorio nacional. Según registra [CEPAL \(2019\)](#), el precio en el mercado nacional ha estado por encima de los precios pagados en los mercados internacionales, incluyendo los precios de los cafés diferenciados, durante los últimos trece años ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL, 2019](#)). Es decir, que el precio local en finca es casi el doble del precio de la Bolsa: el kilo de café verde a nivel de finca tiene un precio de USD 3.11, frente a USD 1.67 en bolsa ([CEPAL, 2019](#)). Al respecto, [CEPAL \(2019\)](#) señala tres causas: primero, el consumo por hogar es alto, con cerca del 0.33 % del costo promedio mensual de la canasta familiar destinada para ese *commoditie*; segundo, una demanda interna que sólo es suplida en un 50 % por la oferta local (Figura 2); y tercero, la existencia de una empresa que controla más del 90 % de este mercado (Tabla 5). Estas tres causas posibilitan el pago del producto a un precio superior al determinado por la Bolsa, dictaminado por la empresa dominante.

En supermercados y tiendas de grandes superficies se comercializa café en sobres de 8 y 16 onzas, bajo contratos de entrega entre industriales y comercio ([CEPAL, 2019](#)).

2) Internacional: las 23 empresas registradas para exportación comercializan primordialmente café verde de la especie arábica (Tabla 5). En 2019, la reducción en las exportaciones fue del orden del 5 %, debido a los buenos precios del mercado local en comparación con el precio en bolsa ([CEPAL, 2019](#)). Los principales mercados de exportación son Estados Unidos, Italia, Japón y Francia. Los contratos de exportación demandan volúmenes (usualmente medidos en contenedores de aproximadamente 20 toneladas de café en capacidad), humedad (10 a 12 %) y características organolépticas medibles fijas. Las marcas con sellos, cafés especiales, Comercio Justo Orgánico, Comercio Justo Convencional y Café Femenino ganan terreno año a año en las exportaciones, aunque aún en un pequeño porcentaje ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)).

Eslabón de consumo

En general, el consumo está determinado por factores como las leyes (por ejemplo, prohibición de venta de bebidas alcohólicas), el clima, los ingresos, los precios y, fundamentalmente, la cultura ([Jiménez et al., 2007](#)).

A diferencia de otros países productores, el consumo interno de café es significativamente importante en la República Dominicana. A nivel de la demanda local, el consumo de café ha sido estimado en 2.81 kg de café molido por persona/año ([Jiménez et al., 2007](#)). Según [CEPAL \(2019\)](#), en 2018 el consumo total de café molido en República Dominicana ascendió a, por lo menos, 32,669 toneladas métricas (718,809 quintales), equivalentes a 40,837 toneladas métricas (898,511 quintales) de café verde (utilizando la conversión en quintales 1:1.25). Si la producción de café en 2018 fue de 24,000 toneladas métricas, se colige que el consumo de café a nivel local es casi el doble de la producción nacional. Para satisfacer la demanda interna, la República Dominicana tiene que importar importantes volúmenes de café verde desde distintos países ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). Por ejemplo, de acuerdo con el estudio del Banco Mundial (2010), el 28 % de la producción de café de Haití se comercializa en la República Dominicana.

Aunque el precio del café es un factor importante, el consumo no es proporcional. Esto se debe al arraigo del café en la cultura dominicana, donde representa el 0.33 % del gasto mensual de la canasta familiar. Esta uniformidad en el gasto tiene representaciones distintas en las clases sociales: el café representa un porcentaje mucho más alto de los gastos totales mensuales para los hogares más pobres (0.8 %) que para los más ricos (0.1 %) ([Jiménez et al., 2007](#)).

El café en República Dominicana se suele consumir en su presentación tostado molido, colado en greca ([Jiménez et al., 2007](#); [CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). Aunque es muy frecuente su servicio en empresas, instituciones y el hogar, el segmento de los *coffee shop* ha ganado terreno, sobre todo en la población de entre 18 y 35 años ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). Actualmente, este tipo de negocios está vinculado a las grandes empresas industriales y comercializadoras, y es el último eslabón de la cadena que busca ser manejado.

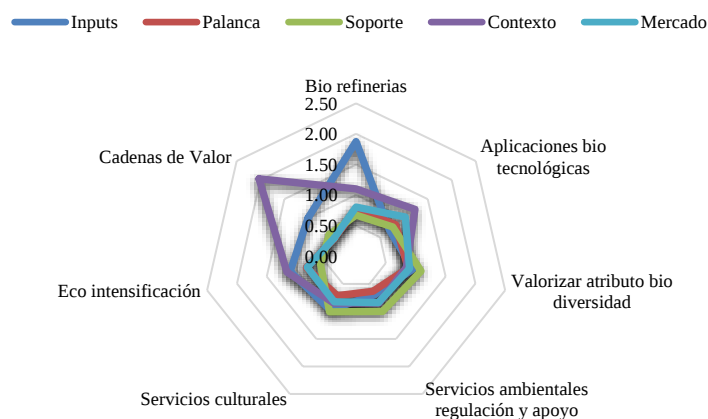
3.3.2. Potencial de aprovechamiento de la BE en la cadena de café de la República Dominicana

Para autores como [Ponce y Carrillo-González \(2017\)](#) y [Ponce y Azamar \(2017\)](#), República Dominicana es un país que presenta grandes retos para incorporar la bioeconomía en

cadenas de valor, teniendo su mayor potencial de participación en la producción de biomasa y su transformación. Esto es debido a que es un país con ingresos medios-bajos, es dependiente directo de su sector primario productivo, caracterizado por una brecha tecnológica que afecta negativamente la productividad, las rentas de sus recursos naturales son altas, tiene escasa infraestructura y una pequeña inversión en ciencia y tecnología. Al respecto, la [CEPAL \(2019\)](#) encontró que la cadena de valor de café de la nación tiene una acusada debilidad institucional, que le impide ser un proveedor eficiente de apoyo a los actores directos de la cadena; bajo nivel en investigación y desarrollo, falta de aplicación de la normativa para rentabilizar el sector cafetalero, reducida capacidad de oferta local de maquinaria especializada, y circuitos comerciales cerrados, además del dominio del mercado por una única empresa.

A partir de los resultados de la encuesta a actores claves (Anexo 2), y los estudios en terreno de casos de BE en la cadena de café, se encontró que las variables de contexto son las que presentan mejores condiciones si se desea desarrollar bionegocios relacionados con el sendero de Cadenas de Valor, seguidas muy de cerca de los insumos (inputs) para el desarrollo de Biorrefinerías, en especial a partir del aprovechamiento de la biomasa residual para generar bioproductos como bioetanol (Figura 3).

A.



B.

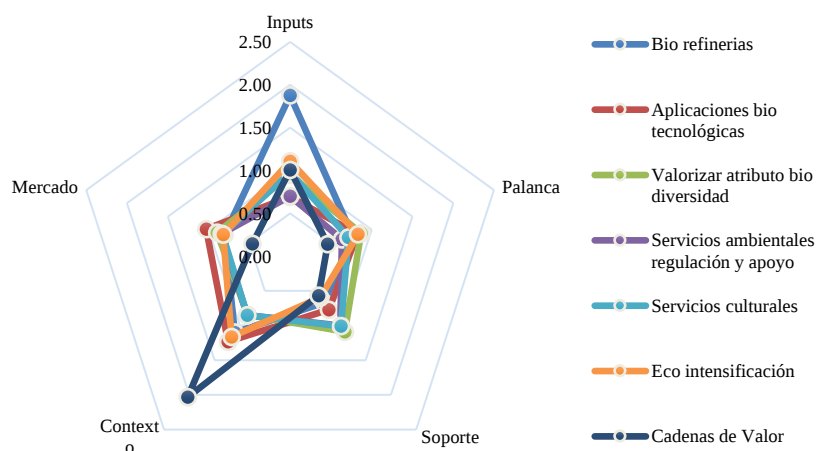
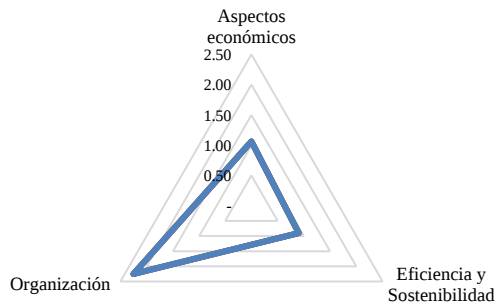


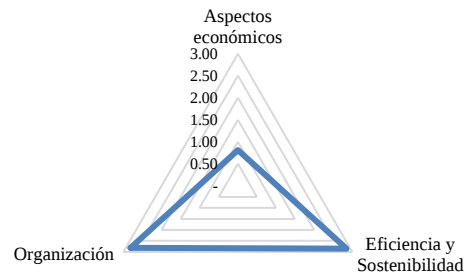
Figura 3. Análisis general del potencial de negocios con enfoque de BE, a partir de los senderos de la BE, en la cadena de café de la República Dominicana. A. Aporte de los factores a los bionegocios. B. Análisis general del potencial por tipo de bionegocio. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Lo anterior implica que la cadena de valor de café de República Dominicana tiene una organización y sostenibilidad interna que hace posible pensar en modelos de negocios rentables, sobre todo aquellos basados en el aprovechamiento de materias primas hoy consideradas de desecho en el proceso de beneficiado del café, para el desarrollo de Biorrefinerías (Figura 4).

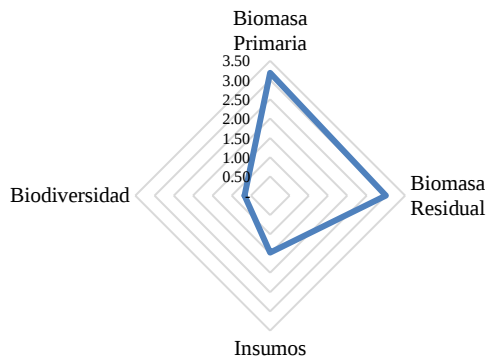
A.



B.



C.



D.

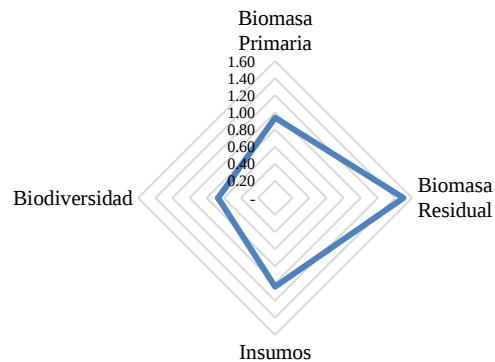


Figura 4. Análisis del potencial de bionegocios con enfoque de BE en la cadena de café de la República Dominicana, a partir del contexto actual de la cadena (A y B), y de los insumos que posee (C y D). A y C. Biorrefinerías. B y D. Cadenas de valor. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Estos resultados no sólo están acorde con lo hallado por [Ponce y Carrillo-González \(2017\)](#) y [Ponce y Azamar \(2017\)](#), sino que tienen una amplísima evidencia a nivel mundial donde los países productores de café pueden participar del enfoque de BE a través de la transformación primaria, barata y poco demandante de tecnología, de estos residuos ([Vignoli et al., 2011](#); [Rodríguez, 2013](#); [Chiari et al., 2014](#); [de Melo et al., 2014](#); [Brazinha et al., 2015](#); [Rendon et al., 2015](#); [Burniol-Figols et al., 2016](#); [Marto et al., 2016](#); [Ballesteros et al., 2017](#); [Cerdeira et al., 2017](#); [Kim et al., 2017](#); [Montero, 2017](#); [Puga et al., 2017](#); [Balseca-Sampedro et al., 2018](#); [Codignole Luz et al., 2018](#); [Collazo-Bigliardi et al., 2018](#); [de Cássia Neves Esteca et al., 2018](#); [dos Santos et al., 2018](#); [García et al., 2018](#); [Karmee, 2018](#); [Mata](#)

[et al., 2018](#); [Procentese et al., 2018b](#); [Stylianou et al., 2018](#); [Zuin y Ramin, 2018](#); [Aristizábal-Marulanda et al., 2019](#); [Lazzari et al., 2019](#); [Mendoza Martinez et al., 2019](#); [Pettinato et al., 2019](#); [Ramos-Andrés et al., 2019](#); [Santos da Silveira et al., 2019](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [Balzano et al., 2020](#); [Cho et al., 2020](#); [Chojnacka et al., 2020](#); [Coelho et al., 2020](#); [Lopes et al., 2020](#); [Rajesh Banu et al., 2020](#); [San Martin et al., 2020](#)), en especial del café molido usado (*Spent Coffee Grounds (SCG)*) ([Marto et al., 2016](#); [Balseca-Sampedro et al., 2018](#); [Codignole Luz et al., 2018](#); [Stylianou et al., 2018](#); [Zuin y Ramin, 2018](#); [Lazzari et al., 2019](#); [Ramos-Andrés et al., 2019](#); [Zabaniotou y Kamaterou, 2019](#); [San Martin et al., 2020](#)), de la piel plateada del café, también conocida como película plateada del café (*Coffee silverskin (CSS)*) ([Bessada et al., 2018](#); [Costa et al., 2018](#); [Procentese et al., 2018a](#); [Procentese et al., 2018b](#); [del Pozo et al., 2019](#); [Chen y Jhou, 2020](#); [Truzzi et al., 2020](#)), y en menor medida de los granos verdes (usualmente deformes) (*Green coffee (GC)*) ([Ribeiro et al., 2011](#); [Pizzutti et al., 2012](#); [Ríaños Luna, 2013](#); [Chiari et al., 2014](#)), la cáscara (*Coffee Husk (CH)*) ([Cerdeira et al., 2017](#); [Collazo-Bigliardi et al., 2018](#); [de Cássia Neves Esteca et al., 2018](#); [dos Santos et al., 2018](#); [Catalán et al., 2019](#)) y la pulpa de café (*Coffee Pulp (CP)*) ([Rodríguez, 2013](#); [Arguedas Gamboa, 2014](#); [Rendon et al., 2015](#); [Montero, 2017](#); [Ozcariz-Fermoselle et al., 2019](#); [Rosas de la Rosa, 2019](#); [Santos et al., 2020](#)).

En el otro extremo, el menor potencial de bionegocios fue para las variables de palanca relacionada con el sendero de las Biotecnologías, y de soporte relacionada con el sendero de Cadenas de valor (Figura 3). Esto se debe a que, si bien la cadena de café de la nación tiene el potencial interno anteriormente descrito, el país falla en la provisión de una plataforma para la innovación que genere emprendimientos en BE, en donde la provisión de los capitales financieros, humanos calificados, de infraestructura, normativa, incentivos y políticas son deficientes o inexistentes, lo que impide a esta cadena la habilitación de bionegocios en biotecnologías de café, caracterizados por la alta demanda de insumos de toda índole, pero con grandes rentabilidades a largo plazo ([Djossou et al., 2011](#); [Durand et al., 2013](#); [Plaza et al., 2015](#); [Tsai et al., 2019](#); [Vakalis et al., 2019](#); [Winter et al., 2019](#); [Favaro et al., 2020](#)). Es decir, la cadena tiene potencial real para los aprovechamientos en BE, pero está imbuida en un ambiente de soporte institucional desfavorable. Las condiciones habilitantes halladas se resumen en la Tabla 6.

Tabla 6. Condiciones habilitantes del enfoque BE, por variables, en la cadena de café de la República Dominicana.

Variable	Condición habilitante
Insumos (<i>inputs</i>)	• La biomasa está disponible • Existe disponibilidad de desechos agroindustriales • La disponibilidad de agua para labores agrícolas es alta • Los insumos agrícolas están disponibles, aunque son costosos • El suelo es apto para el cultivo de café (requiere fertilización) • Existe una rica biodiversidad • Es posible acceder a la biodiversidad bajo algunos trámites engorrosos
Palanca	Las capacidades de los actores de la cadena • para identificar, analizar y evaluar la viabilidad y potencial de nuevos modelos de negocios de la bioeconomía son altas • para el manejo de tecnologías son altas • cumplir con las normas y requisitos que permita vender y comerciar las potenciales bioenergías, bioproductos y bioservicios son altas • cumplir con las normas y requisitos para la exportación son altas
Soporte	• La gastronomía local está altamente arraigada y es muy importante como activo económico y cultural del territorio; en especial el consumo de café • La magnitud e intensidad de los esfuerzos que se realizan en el territorio para educar y sensibilizar acerca de los servicios económicos, ambientales y sociales que presta el ecosistema local es alta • Si existe y se aplica con algunas limitaciones un Plan o Programa Nacional que fomenta el turismo basado en la biodiversidad y los servicios culturales del territorio
Contexto	• La cadena está organizada y logra acuerdos colectivos, aunque después de mucho esfuerzo
Mercado	• El país cuenta con incentivos para fomentar el consumo de bioproductos y bioservicios que son útiles, pero se requieren algunos esfuerzos adicionales.

Fuente: Pulido-Blanco (2020) a partir de IICA (2019).

3.3.3. Cuellos de botella en la cadena de valor de café de la República Dominicana

Se hallaron dos grupos de cuellos de botella: 1. Aquellos inherentes a la CdV de café en la RD. 2. Aquellos propios del ambiente en que se desarrolla la cadena, determinados por las instituciones de apoyo.

Cuellos de botella de la cadena

Insumos: no hay garantía en la sostenibilidad en la producción de plantas comercializadas como resistentes a la roya del café. Lo anterior se debe a que la producción de plantas depende en su mayor porcentaje del programa gubernamental de renovación de cafetales y, por ende, está sujeta a decisiones políticas y costos del proyecto.

A esto se suma que la calidad de las plantas no está regulada ni acreditada, que el Anexo 2), y a una muy reducida capacidad de oferta local de maquinaria especializada para café. Los costos de la maquinaria suelen ser prohibitivos para pequeños productores.

Productores: la mayoría de las fincas de pequeños productores carecen de título de propiedad. Por tanto, no pueden acceder a servicios financieros y seguros agrícolas, que de por sí ya son escasos. Al respecto, la [CEPAL \(2019\)](#) asegura que el Banco Agrícola dio crédito al sector cafetalero (producción y comercialización) por valor de RD\$ 208,090,348, equivalente a solo el 1.2 % del total de la cartera del 2018 para el sector agropecuario. Esto equivale a RD\$ 7.432 por productor; y RD\$148 por tarea (0.03 % del costo de una tarea de café en mantenimiento).

Por otro lado, la mayoría de las plantaciones de café del país tienen más de 30 años de producción, con niveles de manejo bajos, sin aplicación de las BPAs en la mayoría de los minifundios, fuerte dependencia de la mano de obra haitiana (en labores de cosecha llega al 90 % de la mano de obra involucrada) ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)), reducida capacidad de negociación de pequeños productores con la industria (debido a los bajo volúmenes de café que producen) y mal estado de las vías de acceso a los cafetales, que en invierno se tornan muy poco transitables.

La [CEPAL \(2019\)](#), comenta como una fuerte restricción de desarrollo de la cadena los cambios registrados en los últimos 5 años en el patrón de distribución de la precipitación y el aumento promedio de la temperatura en la mayoría de las zonas cafetaleras. En más del 50 % de las zonas productoras se han producido periodos de sequía de hasta 4 meses (efecto del fenómeno El Niño), sobre todo, en la fase de desarrollo del grano de café, lo cual se expresa en un aumento del saneamiento y en pérdida de la cosecha.

Intermediarios: aunque los circuitos comerciales son estables suelen ser muy cerrados ([Galtier y Batista, 2007](#)). Esto hace que el reconocimiento pecuniario de calidad diferenciada esté sujeta a las decisiones del intermediario, por lo que los circuitos tradicionales incorporan con dificultad los cafés diferenciados. Adicionalmente, la industria dominante establece relaciones casi verticales en la tasación de los precios del café.

Beneficiado: hay una gran cantidad de pequeños beneficios sin controles en la calidad de sus procesos. Esto conlleva a que se produzcan cafés de baja calidad, y que se generen vertimientos habituales de residuos, especialmente mieles, de forma directa al suelo o a fuentes de agua.

Industria: al igual que los pequeños beneficios, han surgido gran cantidad de micro tostadores con carencias en la adquisición de equipos de tostado de calidad, tanto por precio como por oferta. Esto ha desembocado en una nueva fuente de baja calidad del café. Por otro lado, el predominio de una única empresa que controla prácticamente todos los eslabones de la cadena es la principal disyuntiva de la CdV de café en RD.

Comercialización: la rigidez de los circuitos comerciales dificulta la transmisión de los atributos de calidad deseados por los compradores ([Galtier y Batista, 2007](#)). A esto se suma la pérdida del valor en bolsa del café por debajo de 100 dólares durante los últimos cinco años ([CEPAL, 2019](#)). Finalmente, todas estas restricciones han provocado que el café dominicano ceda terreno en la participación en los mercados internacionales (Tabla 7).

Tabla 7. Síntesis de las principales restricciones sistémicas de la cadena de café de la República Dominicana.

Sistémica	Proveedores de insumos	Productores	Intermediarios	Beneficiado	Industria	Comercialización
1) Debilidad institucional	1) La dependencia actual de la demanda y condiciones de precio de un programa gubernamental	1) Predomina el minifundio sin título de tierra.	1) Circuitos comerciales cerrados	1) Gran número de beneficios sin estándares	1) Micro tostadores sin estándares de calidad	1) Rigidez de los circuitos comerciales
2) No se reconoce la calidad del producto	2) No hay garantía de la calidad de las plantas	2) Plantaciones poco productivas por la vejez,	2) Bajo nivel de inversión en investigación y desarrollo	2) Manejo inadecuado de los desechos	2) Predominio de una empresa cuasi	2) Caída de los precios de Bolsa

				monopólic a	
3) Falta de aplicación de la normativa para el ordenamiento del sector cafetalero	3) Mercado oligopólico de agroquímicos	3) Acceso a servicio de extensión agrícola deficiente,	3) Ámbito de acción estrecho		3) Pérdida de participación en los mercados internacionales
	4) Reducida capacidad de oferta local de maquinarias y equipos	4) Bajo nivel de apoyo financiero	4) Control cuasimonopólico de la industria dominante		
		5) Insuficiente aplicación de BPA y de trazabilidad			
		6) Prácticas de manejo inadecuadas en las plantaciones			
		7) Fuerte dependencia de la mano de obra haitiana			
		8) Reducida capacidad de negociación			
		9) Caminos vecinales en mal estado y precaria disponibilidad de medios de transporte			
		10) Café sin valor agregado			
		11) Ausencia de seguro para proteger la producción			

12)	Emigración de las familias
13)	Organizaciones de productores débiles
14)	Impacto negativo del cambio climático en la productividad de las

Fuente: tomado de [CEPAL \(2019\)](#).

Cuellos de botella de las instituciones de apoyo

Se trata de restricciones sistémicas debidas al ambiente donde se desarrolla la cadena. La primera de ellas corresponde a la debilidad institucional. El Instituto Dominicano del café tiene dificultades para proveer servicios de asistencia adecuados por la baja formación de sus técnicos en temas gerenciales y de negocios, por el limitado presupuesto para los proyectos de asistencia, y por la irrupción de intereses políticos. Otras instituciones sufren de desarticulación, solapamiento de emprendimientos y competencia de recursos, así como de una falta de estrategia país para el rubro cafetero. Esto es especialmente palpable en el bajo nivel de inversión en investigación y desarrollo. La investigación sobre café está asignada al IDIAF según la ley que crea el INDOCAFE ([CEPAL, 2019](#)). La [CEPAL \(2019\)](#) indica que si bien es cierto que la investigación en café ha mejorado, la inversión sigue siendo baja en función de la demanda tecnológica sobre manejo de plagas, mejoramiento genético, valor agregado, mercadeo etc. Es conveniente indicar que la asignación para I+D en el presupuesto de 2018 representó un reducido porcentaje de 0.14 % del PIB agropecuario. El componente relativo a la investigación en café no alcanza la décima parte de ese porcentaje ([CEPAL, 2019](#)).

Paralelamente, hay una falta de aplicación de la normativa para el ordenamiento del sector cafetalero, así como ausencia de directrices y estrategias para orientar la inversión, el desarrollo tecnológico, la institucionalidad público-privada, mercado local y mercado internacional ([CEPAL, 2019](#)).

3.3.4. Restricciones para el aprovechamiento de negocios de la BE en la cadena de valor de café de la República Dominicana

Los cuellos de botella inherentes a la CdV de café en la RD y sistémicos del ambiente en que se desarrolla la cadena, son la fuente directa de las restricciones para el aprovechamiento de negocios de la BE en la CdVde café de RD (Tabla 8). En todas las variables se hallaron restricciones cuya solución demanda la articulación de los estamentos gubernamentales, de la cadena y las instituciones de apoyo. Por ejemplo, la tenencia de la tierra, tema central en el desarrollo de políticas en el sector agropecuario dominicano ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)), requiere un compromiso de los productores de la cadena para cumplir los requisitos de un programa de titulación de tierras, una apuesta país con enfoque de territorios para la planificación de los usos del suelo en la ruralidad, y el soporte y acompañamiento de las instituciones catastrales, ambientales y técnicas del rubro café. Una vez la tenencia de la tierra deja de ser el principal derrotero de los aprovechamientos de la BE en RD, se necesita integrar un marco regulatorio que vuelva atractivo los negocios de BE sustentables, tanto para los productores de los nuevos encadenamientos desprendidos de la CdV del café, como de los consumidores ávidos de productos diferenciados, con valor agregado. Al respecto, [Dietz et al. \(2018\)](#) consideran que la sostenibilidad de los negocios en BE depende más de una normativa que afinque hábitos de producción y consumo sustentables que de la promoción de los productos ofertados. Esta realidad conlleva un afán por una representación política efectiva en espacios de poder que permita crear el marco regulatorio a la par, o incluso antes, que los negocios en BE escalen.

Tabla 8. Restricciones para el aprovechamiento de negocios de la BE, por variables, en la cadena de café de la República Dominicana.

Variable	Condición habilitante
Insumos (<i>inputs</i>)	• Predomina la no propiedad de la tierra, la cual es muy importante para obtener servicios de apoyo • Los insumos, aunque disponibles, son costosos • El servicio de energía no es estable ni permanente
Palanca	• Hay disponibilidad media de recursos financieros y además el acceso es muy limitado (solo accede un pequeño grupo) • La cadena acusa bajas capacidades en infraestructura para asumir negocios en bioenergías o biotecnologías • La cadena acusa bajas capacidades para exportar bioproductos que cumplan con estándares internacionales (LMR- Límites máximos de residuos o similares) • Hay baja disponibilidad de capital humano capacitado (PhD, MSc) para emprender negocios en BE

Soporte	• No existe normativa específica que regule la compatibilidad entre tipos de biocombustible y tipos de motores • No existe normativa específica que regule la producción y comercialización de bioinsumos • No existe normativa específica que regule la agricultura de precisión • No existe normativa específica que regule la biorremediación ambiental • No hay disponibilidad de un sistema de evaluación y control interno que garantice la seguridad e inocuidad de los procesos productivos comerciales de los nuevos bioproductos o bioservicios
Contexto	• Los caficultores creen que es baja la rentabilidad de un modelo de negocio basado en la bioenergía en comparación con el café • Menos del 20% de la biomasa o biodiversidad utilizada como materia prima se aprovecha en los procesos de la cadena • Menos del 20% de los residuos o desechos generados por la cadena son utilizados actualmente para la elaboración de insumos o subproductos de valor
Mercado	• La demanda actual de las bioenergías, los bioproductos y los bioservicios en el país o territorio son más bajas que las demandas del producto convencional café • Los incentivos para nuevos bionegocios de la BE son pocos, bastante inútiles, y se requieren muchos esfuerzos adicionales en todos los campos.

Fuente: Pulido-Blanco (2020) a partir de [IICA \(2019\)](#).

Las apuestas en negocios para el aprovechamiento de la BE son de orden regional, porque la superación de las restricciones listadas en la tTbla 8, si bien son inicialmente de nivel país, se proyectan para la integración a un nivel supranacional. Ejemplo de esto ha sido la UE quien desde 2012 enlazó todos los esfuerzos por integrar la BE y la EC a los desarrollos productivos de sus naciones miembro, homogenizando los marcos regulatorios que sobre los enfoques se construyeron. Así, RD durante la construcción de su estrategia nacional de BE que permita el aprovechamiento del potencial hallado en bioproductos de residuos del café, deberá pensar en la integración tanto de la mano de obra haitiana, esencial para las labores de campo del producto convencional café, como de los mismos volúmenes de biomasa de café que desde la vecina Haití llegan a abastecer hasta un 56 % del mercado nacional.

3.3.5. Ejemplos de aprovechamiento de la BE en la cadena de café de la República Dominicana

Los casos ilustran la dinámica de la cadena de café de la República Dominicana, y sirven para identificar las etapas del proceso donde se generan las materias primas de los aprovechamientos de la BE, consistentes primordialmente en biomasa. Bajo este entendido, los dos casos estudiados fueron escogidos por tener los siete senderos de la CdV de café en RD previamente identificados. Esta condición conllevó que el tipo de productor elegido fuera capitalista, pues los pequeños productores no suelen estar en los eslabones de industrialización y comercialización. Cabe destacar que estudios de caso donde se ilustra la aplicación del enfoque de BE en El Salvador, Honduras, Nicaragua ([Antonio et al., 2015](#)), y Cuba ([Antonio et al., 2015](#); [Cura et al. 2015](#)), fueron realizados a partir de un único caso, y no de dos como en este estudio.

Café Monte Alegre®

Ubicado en el distrito Juncalito de la municipalidad de Jánico, Provincia de Santiago (Figura 1), el sistema productivo de Café Monte Alegre® (Monte Alegre Holding) es una serie de cuatro fincas repartidas en los alrededores del Cerro Prieto, que en total suman un aproximado de 375 ha (6,000 tareas), con levantamiento topográfico y delimitación de linderos en curso: finca Cerro Prieto (1,300 – 1,450 m.s.n.m.), donde se cultiva la variedad Caturra; finca Las Lagunas (1,100 – 1,250 m.s.n.m.), variedades Caturra y Pacamara; finca Cacique (1,100 – 1,250 m.s.n.m.), variedad Caturra, y finca Calaverna (950 – 1,050 m.s.n.m.), variedades Caturra y Bourbon. También se cultivan, en menor extensión, Catimores, Maragogipes, Colombia y Catuaí. Todas las variedades son cultivadas bajo dosel de sombra, en sistemas agroforestales con Corazón de paloma (*Colubrina arborescens*) (sombra), Cedro (*Cedrela odorata*) (servicio: madera), Pino (*Pinus occidentalis*) (leñosa), Guama (*Inga vera*) (servicio), musáceas (frutales) y Guázara (*Eugenia domingensis*) (rompevientos) (Figura 5).

A.



B.



C.



D.



E.



Figura 5. Sistemas productivos estudiados. A. Máquina de beneficiado Pinhalse en Café Samir®. B. Sector de transformación en Café Samir®. C. Panorámica de finca Calaverna, Café Monte Alegre®. El café crece bajo el dosel de sombra. D. Vista de ladera en Café Samir®. E. Máquina Penagos Ecoline 800. Tomado de: C. <http://www.montealegreestate.com/>. A, B, D y E: autor.

Pertenece al grupo de productores empresariales (Tabla 4), y con excepción de algunos insumos, asume todos los eslabones de la cadena de valor de café (Tabla 5, Figura 2), incluido el *coffe shop*. Produce café anteriormente denominado tipo Altura ([Jiménez et al., 2007](#)), que en 2016 quedó bajo la Denominación de Origen «Café Juncalito». Sus exportaciones llegan a Estados Unidos y Japón. Emplea mano de obra haitiana bajo obra o labor, con 27 hombres para las labores de campo y 4 mujeres para las labores de selección y limpieza. Una mujer lidera el equipo de campo, y otra la comercialización. La junta directiva es presidida por un hombre de la cuarta generación de caficultores del *holding*.

Se hallaron seis prácticas de aprovechamientos con enfoque de BE en este sistema productivo (Tabla 8), de los cuales cuatro corresponden al sendero de Bioproductos, dos con base en CP y dos en las mieles del café, productos del proceso de beneficiado del café. Los aprovechamientos se caracterizan por demandar muy poca tecnología, tiempo y esfuerzo, y corresponden a pilotos que están siendo evaluados, más como adaptaciones de infraestructura preexistente, que como verdaderos emprendimientos en BE. No obstante, el productor manifestó evidencia empírica de las cualidades de los bioabonos, y del potencial de ventas de la infusión de CP. Aunque estos aprovechamientos no son una novedad, y cuentan con literatura científica de respaldo ([Topi y Bilinska, 2017](#); [Chojnacka et al., 2020](#)), su concreción surge más de las demandas en campo y punto de comercialización, que de una consulta previa.

Tabla 9. Aprovechamientos de la BE hallados en los sistemas productivos de Café Monte Alegre® y Café Samir®.

Sistema Productivo	Título	Resumen de proceso	Tipo de proceso	Materia prima	Producto Final	Maduración	Condicionantes de escala	Cantidad de materia	Cantidad de producto final	Costo de la materia prima	Costo del producto final	Personas empleadas	Sendero
Café Monte Alegre®	Estructura y enriquecimiento de suelo con pulpa de café	1. Los residuos de pulpa del café obtenidos del proceso de beneficiado realizado por la máquina Penagos Ecoline 800 se acopian en un área de 400 metros cuadrados bajo techo y se dejan descomponer por fermentación aeróbica durante 6 meses. 2. Al cabo de seis meses se rellenan 100 sacos de 100 libras cada uno (Un quintal) y se traslada a campo 3. Se mezcla suelo y pulpa en relación 2:1 y se deposita en los hoyos. Cada año se reincorpora al suelo	Fermentación	Pulpa de café	Bioabono	Piloto	Costos de transporte	100 sacos de 100 Lb	101 sacos de 100 Lb	Costo de oportunidad	1 Jornal= 9,41\$USD 1 transporte= 9,41\$USD	Dos mujeres (20 a 30 años) Ocho hombres (30 a 40 años) Población Haitiana	Biop
Café Monte Alegre®	Fertilización con mieles en viveros de café y pastos para ganado de carne	Las mieles producto de la descomposición aeróbica de la pulpa del café se colectan en una piscina de 24 metros cúbicos durante los seis meses que toma el proceso de maduración de la pulpa. Las mieles pasan, por gravedad, por filtros de mallas metálicas de 0,5 cm de altura reteniendo sonidos indeseados. Las mieles se llevan a tanques de 200 litros o 300 galones de capacidad. Las mieles sin diluir se asperjan en campo con bombas de 20 litros	Tamizaje	Mieles de café sin tratar	Bioabono	Piloto	Volúmen Concentración	Tanques de 200 L	Bombas de 20 L	Costo de oportunidad	1 Jornal = 9,41\$USD 1 transporte = 37,63\$ USD	Dos mujeres (20 a 30 años) Ocho hombres (30 a 40 años) Población Haitiana	Biop
Café Monte Alegre®	Promoción de la diversidad de aves por reforestación	En consorcio con el proyecto Sierra, la finca Monte Alegre cuenta con un vivero de especies vegetales para promoción de especies de aves, protección de acuíferos, paisajismo, sombra para el café y eventualmente provisión de madera. Las especies que se propagan son: guama, guázara (bordes), penda,	Diversidad Funcional	Plantas	Diversidad ecosistémica	Proyecto Nacional	Clima	5.900 plantas/año	6.000 árboles en pie	5\$USD	RD\$10	50 - 75 mujeres (18 a 25 años) Más de 100 hombres (18 a 25 años) Población Dominicana	Servicio

		corazón de paloma, cabirma santa. las palmeras se conservan por regeneración natural. se han avistado cotorras pericos, ciguas palmeras y paseriformes en general.											
Café Monte Alegre®	Mieles de pulpa de café como herbicida	1. Las mieles de café producto de la fermentación aeróbica de la pulpa de café son tamizadas hasta obtener un fluido sin sólidos suspendidos. 2. Se realiza una dilución seriada. 3. Se diluyen fosfitos de calcio en la miel diluida.	Fermentación	Mieles de café sin tratar	Bioherbicida	Piloto	Volúmen Concentración	300 galones	300 galones	Costo de oportunidad	1 jornal= 9,41\$USD 1 transporte =37,63\$ USD	Dos mujeres (20 a 30 años) Ocho hombres (30 a 40 años) Población Haitiana	Biop
Café Monte Alegre®	Variedades resistentes a la roya	Se establecen plantas de variedades declaradas como resistentes a la roya: Catimores, t-8667; y tolerantes: Sarchimores, Tupí, Obatá, Acauá.	Bioprocesos	Plantas	Café	Mercado	Ambiental: canículas prolongadas. Susceptibilidad a minador y ojo de gallo.	5.000 plantas	3.000 plantas en campo	0,233\$ USD	RD\$3600 0	Dos mujeres (20 a 30 años) Ocho hombres (30 a 40 años) Población Haitiana	Eco
Café Monte Alegre®	Infusión de pulpa de café	La pulpa seca de café (7 g) - café verde (12% de humedad) Se seleccionan, lavan y despulpan las cerezas de café por separado del beneficiado convencional. Las cerezas se secan inmediatamente para evitar el inicio del proceso de fermentación. Una vez secas (entre el 10 y 12%), se almacena en fundas herméticas hasta su disposición.	Difusión	Pulpa de café	Infusión de pulpa de café	Mercado	Estado de madurez del fruto	Bolsas de 500 g	Sobres de 3 a 5 g; bolsitas de 7 g	Costo de oportunidad	1 jornal= 9,41\$USD 1 transporte = 9,41\$USD	Dos mujeres (20 a 30 años) Población Haitiana	Biop
Café Samir®	Biogás a partir del fermento de la pulpa del café	A lo largo de la línea del beneficiado del café se conducen las aguas mieles residuales de los procesos de lavado, y principalmente despulpado, a dos tanques de 20 metros cúbicos. El metano producido es reconducido a un quemador aislado. Inicialmente se usaba para los hornos de secado, pero tiene bajo poder calórico.	Fermentación	Pulpa de café	Biogas	Piloto	Costos de los tanques	20 m ³	No medido	10,783 \$USD	No cuantificado	Dos hombres (un técnico de generación de los tanques y uno de mantenimiento)	Biop

Café Samir®	Cascarilla de café como coadyuvante en los hornos de secado	La cascarilla de café proveniente del proceso de trillado se conduce a un horno de secado por convección. A la madera de Inga en combustión se le adiciona cascarilla de café a razón de 20 - 40 cascarillas por minuto. Esta mantiene la brasa por más tiempo e incrementa la temperatura del aire dentro del horno. Un ventilador circular oxigena.	Combustión	Cascarilla de café	Energía térmica	Adaptación	Humedad de la cascarilla	20 -40 cascarillas por minuto	No medido	Costo de oportunidad	Canaleta metálica: 19,60\$USD	Ninguno. Proceso acoplado al funcionamiento de la máquina	Biop
Café Samir®	Lombricomposteo	Se transportan a campo los residuos del despulpado y se vierten sobre una colina natural cerca de cultivo de café. Inicialmente había camas de lombricomposteo, pero una escasez de materia sobre las camas obligó a las lombrices a migrar al vertedero sobre la colina. Aquí las lombrices se concentran sobre la zona baja, donde se encuentra la pulpa en descomposición. La pulpa transformada en lombricomposteo se suele mezclar con abono N-P-K triple 15.	Descomposición	Pulpa de café	Lombricomposteo	Piloto	Volúmen	5 m ³	Más de 250 m ³ de lombricomposteo	Costo de oportunidad	1 Jornal= 9,41\$USD 1 transporte = 9,41\$USD	Un hombre (conductor)	Biop
Café Samir®	Variedades resistentes a la roya	Se usan plantas de variedades declaradas como resistentes a la roya, producto de una investigación conjunta con IDIAF: Costa Rica 95, lempira; Sarchimores: Obatá, Tupí, Cuxtatleco, T-8667	Bioprocesos	Plantas	Café	Investigación	Ninguna	No medido	25% del cultivo es mezcla de variedades	0,233\$ USD	No medido	Cuatro hombres (30 a 40 años) Población Haitiana	Eco

Biop.: Bioproductos; Eco.: Eco intensificación; Servi.: Servicios Ecosistémicos. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

Cabe destacar la Promoción de la diversidad de aves por reforestación, del sendero de Servicios Ecosistémicos, por ejemplificar un emprendimiento público-privado de diversidad funcional con sentido social. Este aprovechamiento se enmarca en el Proyecto Sierra, de carácter nacional, y cuenta con respaldo de literatura científica sobre el papel del agroecosistema cafetero como un ecotono y corredor biológico de este grupo animal ([Buechley et al., 2015](#)), así como la provisión de servicios ecosistémicos de apoyo, regulación y ambientales de los árboles de sombra que son sembrados ([Cerdán et al., 2012](#))

El sendero de Eco intensificación estuvo representado por la estrategia nacional de renovación de cafetales con variedades declaradas resistentes a la roya del café, cuya gobernanza es potestad del INDOCAFÉ ([CEPAL e INDOCAFE, 2018](#); [CEPAL, 2019](#)). No se encontró ninguna variedad que no fuera fomento de ese programa.

Café Samir®

Ubicado en el distrito Mahoma de la municipalidad de Rancho Arriba, Provincia de San José de Ocoa (Figura 1), el sistema productivo de Café Samir (Samir SRL) es una finca de 85 ha (1,400 tareas) (860 – 1,000 m.s.n.m.) que bordea el arroyo Prieto. Cultiva únicamente la especie arábica, variedades Caturra (75 % del cultivo) y Costa Rica 95, Lempira, Obatá, Tupí, Cuxtatleco y T-8667 (25 % del cultivo). Todas las variedades son cultivadas bajo dosel de sombra, en sistemas agroforestales con Gina (*Inga fagifolia*), Pino (*Pinus occidentalis*) (leñosa), Guama (*Inga vera*), entre otros (Figura 5).

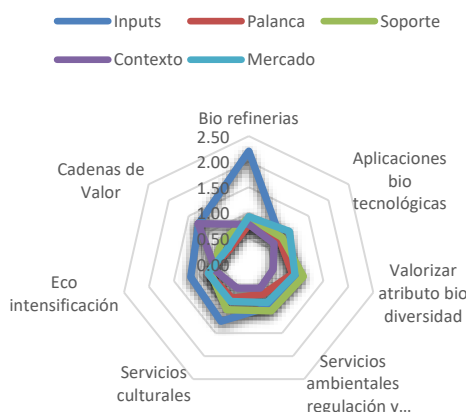
Pertenece al grupo de productores empresariales (Tabla 4), y se dedica a los eslabones de producción, acopio (intermediario de primer nivel), transformación, industrialización y comercialización local y extranjera (Tabla 5, Figura 2). Produce café tipo Ocoa ([Jiménez et al., 2007](#)). Sus exportaciones llegan a Francia (contrato recurrente), Estados Unidos y Japón. En este último país vende el café sin marca. Emplea mano de obra haitiana por temporadas, con 120 hombres para las labores de campo y 20 mujeres para las labores de selección y limpieza, y eventualmente apoyo en campo. Un hombre lidera la empresa.

Se hallaron cuatro aprovechamientos con enfoque de BE en este sistema productivo (Tabla 8), de los cuales tres pertenecen al sendero de Bioproductos y uno a Eco intensificación. El nivel tecnológico empleado para adaptar a escala piloto estos aprovechamientos es superior al hallado en Café Monte Alegre®. Por ejemplo, la generación de biogás demandó la construcción de dos tanques de 20 m³ de capacidad, los cuales son alimentados por un canal abierto que recorre las instalaciones industriales del sistema productivo. Es curioso que el gas producido no se esté usando después de una inversión que para otro tipo de productor sería prohibitiva. Por otro lado, las cantidades de lombricompost generado son

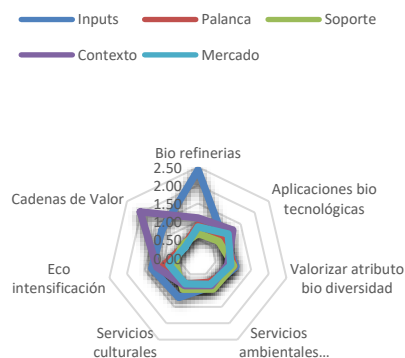
suficientes para generar excedentes para la venta, cuyo negocio ha sido declarado rentable ([Rendon et al., 2015](#)). No obstante, la marginalidad del acceso a la finca y la distancia limitan el bionegocio. Por último, la generación de energía térmica a partir de los restos de la producción de café es uno de los mejores aprovechamientos en términos de rentabilidad: su costo equivale al costo de oportunidad de compra de leña o disposición de los desechos, y está comprobado que, si bien el poder calorífico de los materiales no supe por completo las necesidades térmicas de, por ejemplo, los hornos de secado, si sirven como material de auxilio que prolonga la combustión ([Allesina et al., 2017](#); [García et al., 2018](#); [Matrapazi y Zabaniotou, 2020](#)).

Al comparar el potencial de implementación general de la BE en la cadena de café (Figura 3), con los potenciales de implementación en los sistemas de café de estos productores empresariales (Figura 6), se acentúa la Biorrefinería (Bioproductos) como el bionegocio con mayor potencial dadas las condiciones del país, pero decrece el papel de las cadenas de valor, posiblemente por el nivel de autosuficiencia de estos actores.

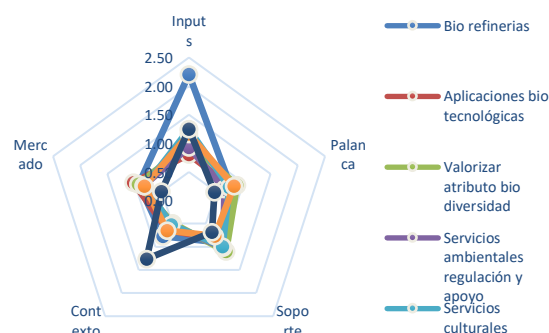
A.



B.



C.



D.

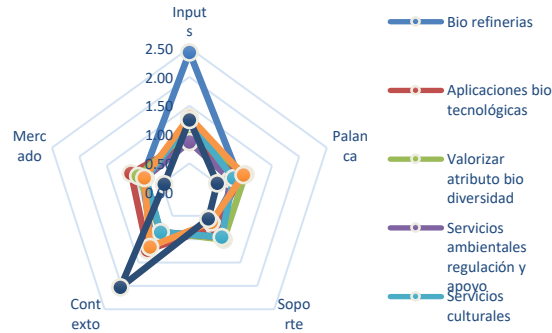


Figura 6. Análisis general del potencial de negocios con enfoque de BE, a partir de los senderos de la BE, los sistemas productivos Café Monte Alegre® (A y B) y Café Samir® (C y D). A y B. Aporte de los factores a los bionegocios. B y C. Análisis general del potencial por tipo de bionegocio. Fuente: Pulido-Blanco (2020).

3.4. Conclusiones

La cadena de café de la República Dominicana es una cadena de valor conformada por siete eslabones: 1. Insumos, 2. Producción, 3. Acopio, 4. Transformación (beneficiado), 5. Industrialización, 6. Comercialización y 7. Consumo. Los eslabones de la cadena presentan altos niveles de confianza, voluntad y compromiso entre los actores, flujos de información bidireccionales, sobre todo en circuitos de comercialización estables, aunque cerrados; asociaciones de productores organizados, cooperación y visión conjunta para alcanzar los objetivos de las asociaciones, y orientaciones hacia demandas del mercado para ofertar cafés diferenciados.

La cadena de valor está fuertemente concentrada en los eslabones de Industrialización y Comercio, donde una empresa domina el 90 % del mercado. Se caracteriza por ofrecer mejores precios locales que los precios de bolsa. Tiene potencial interno para desarrollar aprovechamientos con enfoque de BE en el sendero de Bioproductos (Biorrefinerías), a partir de la materia residual del beneficiado del café, en especial de la pulpa de café, el café molido usado y la piel plateada del café. Para ello se cuenta con biomasa disponible, disponibilidad de agua para labores agrícolas, insumos agrícolas (si bien son costosos), suelo apto para la agricultura, una rica biodiversidad, capacidades de los actores para identificar, analizar y evaluar modelos de negocios de BE, e incentivos que fomentan el consumo de bioproductos y bioservicios. Se deben superar cuellos de botella con restricciones desde la propia cadena de valor y del ambiente institucional de apoyo: falta de garantía en la sostenibilidad en la producción de plantas comercializadas como resistentes a la roya del café, insumos costosos, dificultad de acceso a maquinaria especializada en café, minifundios sin título de propiedad con muy baja productividad, difícil acceso, cultivos viejos, malos manejos agrícolas, dificultad de acceso a servicios financieros y seguros agrícolas, circuitos comerciales cerrados que ralentizan la incorporación de cafés diferenciados, disminución de los precios internacionales del café y una industria dominante que prácticamente toma todos los eslabones de la cadena.

Para el caso específico de los aprovechamientos de negocios de la BE a partir de la cadena de valor de café de la República Dominicana, se encontraron como restricciones la falta de propiedad formal de la tierra, insumos costosos, servicios públicos de energía no estables o permanentes, recursos financieros limitados con acceso por parte de un grupo reducido, deficiente infraestructura, poca capacidad para cumplir con estándares internacionales de límites máximos de residuos, poco capital humano capacitado para bionegocios (MSc o PhD), falta de normativa para biocombustibles, producción y comercialización de bioinsumos, agricultura de precisión, biorremediación ambiental, e inocuidad de los procesos productivos de los nuevos bioproductos o bioservicios; una creencia que la rentabilidad de los negocios en BE es baja comparada con el café tradicional, se aprovecha menos del 20 % de la biomasa en los procesos de la cadena, y menos del 20 % de los residuos son utilizados actualmente para elaborar subproductos de valor, la demanda actual de bioenergías, bioproductos y bioservicios es mucho más baja que la del café convencional y los incentivos para nuevos bionegocios de la BE son pocos, bastante inútiles, y se requieren muchos esfuerzos adicionales en todos los campos.

Como recomendaciones para superar tanto los cuellos de botella de la cadena como las restricciones para aprovechar negocios de la BE se tiene un mayor compromiso de los productores de la cadena para cumplir los requisitos de un programa de titulación de tierras, una apuesta país con enfoque de territorios para la planificación de los usos del suelo en la ruralidad, y el soporte y acompañamiento de las instituciones catastrales, ambientales y técnicas del rubro café. Se necesita integrar un marco regulatorio que vuelva atractivo los negocios de BE sustentables, tanto para los productores de los nuevos

encadenamientos desprendidos de la CdV del café, como de los consumidores ávidos de productos diferenciados, con valor agregado. Las apuestas en negocios para el aprovechamiento de la BE deben ser de orden regional, por lo que se deberá contemplar la integración tanto de la mano de obra haitiana, esencial para las labores de campo del producto convencional café, como de los mismos volúmenes de biomasa de café que desde la vecina Haití llegan a abastecer hasta un 56 % del mercado nacional.

Por último, el potencial reseñado se materializa en diez aprovechamientos con enfoques de BE en los senderos de Bioproductos, Eco Intensificación y Servicios Ecosistémicos, que son más adaptaciones de infraestructura preexistente a escala piloto y planes gubernamentales de renovación con variedades declaradas resistentes a la roya en sistemas agroforestales que innovaciones de BE propiamente dichas.

3.5. Agradecimientos

Este artículo se deriva de la beca AGROSAVIA-CATIE I15-2018, entre la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA-, Colombia; y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE-, Costa Rica. Agradezco a la Dra., Leida Mercado, por la dirección del trabajo de grado que originó este escrito, así como a los miembros del Comité de Tesis Hugo Chavarría y Adriana Escobedo, por sus oportunas correcciones y orientaciones. Agradezco al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA- por el apoyo económico para la pasantía remunerada durante los meses en campo. Así mismo, agradezco al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales – IDIAF – por el apoyo en las logísticas de los desplazamientos entre sistemas productivos y los contactos claves con los productores y actores de la cadena.

3.6. Bibliografía

- Agronegocios. 2020. Con 14,8 millones de sacos, producción de café de 2019 fue la tercera más alta en la historia. Ed. Editorial La República. Bogotá, Agronegocios. (Café).
- Allesina, G; Pedrazzi, S; Allegretti, F; Tartarini, P. 2017. Spent coffee grounds as heat source for coffee roasting plants: Experimental validation and case study (Article). Applied Thermal Engineering 126:730-736. doi 10.1016/j.applthermaleng.2017.07.202
- Antonio, E; Cañas, JIV; Catari, G; Martínez, L; Gómez, OFS; González, CAZ. 2015. Análisis de la agenda pública y privada de la Bioeconomía en Centroamérica y el Caribe: Estudios de Caso de El Salvador, Honduras, Cuba y Nicaragua Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático 1(1):242-284. doi <https://doi.org/10.5377/ribcc.v1i1.2151>

- Aramendis, RH; Rodríguez, AG; Krieger Merico, LF. 2018. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía:
- Arguedas Gamboa, P. 2014. Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza) (Número especial). Tecnología en Marcha 27(1):38-49. doi <https://doi.org/10.18845/tm.v0i0.1654>
- Aristizábal-Marulanda, V; Cardona Alzate, CA; Martín, M. 2019. An integral methodological approach for biorefineries design: Study case of Colombian coffee cut-stems (Article). Computers and Chemical Engineering 126:35-53. doi 10.1016/j.compchemeng.2019.03.038
- Ballesteros, LF; Ramirez, MJ; Orrego, CE; Teixeira, JA; Mussatto, SI. 2017. Optimization of autohydrolysis conditions to extract antioxidant phenolic compounds from spent coffee grounds (Article). Journal of Food Engineering 199:1-8. doi 10.1016/j.jfoodeng.2016.11.014
- Balseca-Sampedro, OF; López-Ortiz, SA; Viteri-Núñez, EF; Analuisa-López, DS; Hernández-Gavilanes, EV. 2018. Elaboración, caracterización y posibles aplicaciones de briquetas de residuos de café (borra) como biocombustible sólido Polo del Conocimiento 3(7):420-452.
- Balzano, M; Loizzo, MR; Tundis, R; Lucci, P; Nunez, O; Fiorini, D; Giardinieri, A; Frega, NG; Pacetti, D. 2020. Spent espresso coffee grounds as a source of anti-proliferative and antioxidant compounds (Article). Innovative Food Science and Emerging Technologies 59: doi 10.1016/j.ifset.2019.102254
- Bessada, SMF; Alves, RC; Costa, ASG; Nunes, MA; Oliveira, MBPP. 2018. Coffea canephora silverskin from different geographical origins: A comparative study (Article). Science of the Total Environment 645:1021-1028. doi 10.1016/j.scitotenv.2018.07.201
- Brazinha, C; Cadima, M; Crespo, JG. 2015. Valorisation of spent coffee through membrane processing (Article). Journal of Food Engineering 149:123-130. doi 10.1016/j.jfoodeng.2014.07.016
- Buechley, ER; Şekercioğlu, TH; Atickem, A; Gebremichael, G; Ndungu, JK; Mahamued, BA; Beyene, T; Mekonnen, T; Lens, L. 2015. Importance of Ethiopian shade coffee farms for forest bird conservation (Article). Biological Conservation 188:50-60. doi 10.1016/j.biocon.2015.01.011
- Burniol-Figols, A; Cenian, K; Skiadas, IV; Gavala, HN. 2016. Integration of chlorogenic acid recovery and bioethanol production from spent coffee grounds (Article). Biochemical Engineering Journal 116:54-64. doi 10.1016/j.bej.2016.04.025

- Canet Brenes, G; Soto Víquez, C; Ocampo Thomason, P; Rivera Ramírez, J; Navarro Hurtado, A; Guatemala Morales, G; Villanueva Rodríguez, S; Dalip, K; Benavides, E; Romero Prada, J. 2016. La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe. In. Libro técnico. 6. IICA, San José (Costa Rica) Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, AC, Guadalajara (México). p.
- Catalán, E; Komilis, D; Sánchez, A. 2019. Environmental impact of cellulase production from coffee husks by solid-state fermentation: A life-cycle assessment (Article). *Journal of Cleaner Production* 233:954-962. doi 10.1016/j.jclepro.2019.06.100
- CEPAL, CEpALyEC; INDOCAFE, IDdCCNpeCCyMdDLC. 2018. Café y cambio climático en la República Dominicana • Impactos potenciales y opciones de respuesta. LC/MEX/TS.2018/24, Ciudad de México.
- CEPAL. 2019. Diagnóstico de la cadena de café en la República Dominicana. Eds. INDOCAFE; CEPAL; CNCCMDL. Santo Domingo, República Dominicana, 100 p. (Borrador).
- Cerda, A; Gea, T; Vargas-García, MC; Sánchez, A. 2017. Towards a competitive solid state fermentation: Cellulases production from coffee husk by sequential batch operation and role of microbial diversity (Article). *Science of the Total Environment* 589:56-65. doi 10.1016/j.scitotenv.2017.02.184
- Cerdán, CR; Rebolledo, MC; Soto, G; Rapidel, B; Sinclair, FL. 2012. Local knowledge of impacts of tree cover on ecosystem services in smallholder coffee production systems (Article). *Agricultural Systems* 110:119-130. doi 10.1016/j.agsy.2012.03.014
- Chavarría, H. 2018. Programa de bioeconomía y desarrollo productivo. Abordajes conceptuales y metodológicos para la cooperación técnica. Ed. IICA. 21 p. (Programa de bioeconomía).
- Chen, YC; Jhou, SY. 2020. Integrating spent coffee grounds and silver skin as biofuels using torrefaction (Article). *Renewable Energy* 148:275-283. doi 10.1016/j.renene.2019.12.005
- Chiari, BG; Trovatti, E; Pecoraro, T; Corrêa, MA; Cicarelli, RMB; Ribeiro, SJL; Isaac, VLB. 2014. Synergistic effect of green coffee oil and synthetic sunscreen for health care application (Article). *Industrial Crops and Products* 52:389-393. doi 10.1016/j.indcrop.2013.11.011
- Cho, EJ; Trinh, LTP; Song, Y; Lee, YG; Bae, H-J. 2020. Bioconversion of biomass waste into high value chemicals *Bioresource technology* 298:122386. doi <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122386>

- Chojnacka, K; Moustakas, K; Witek-Krowiak, A. 2020. Bio-based fertilizers: A practical approach towards circular economy (Review). *Bioresource technology* 295: doi 10.1016/j.biortech.2019.122223
- Codignole Luz, F; Volpe, M; Fiori, L; Manni, A; Cordiner, S; Mulone, V; Rocco, V. 2018. Spent coffee enhanced biomethane potential via an integrated hydrothermal carbonization-anaerobic digestion process (Article). *Bioresource technology* 256:102-109. doi 10.1016/j.biortech.2018.02.021
- Coelho, GO; Batista, MJ; Ávila, AF; Franca, AS; Oliveira, LS. 2020. Development and characterization of biopolymeric films comprised mostly of galactomannans recovered from spent coffee grounds *Journal of Food Engineering*:110083. doi <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110083>
- Collazo-Bigliardi, S; Ortega-Toro, R; Chiralt Boix, A. 2018. Isolation and characterisation of microcrystalline cellulose and cellulose nanocrystals from coffee husk and comparative study with rice husk (Article). *Carbohydrate Polymers* 191:205-215. doi 10.1016/j.carbpol.2018.03.022
- Costa, ASG; Alves, RC; Vinha, AF; Costa, E; Costa, CSG; Nunes, MA; Almeida, AA; Santos-Silva, A; Oliveira, MBPP. 2018. Nutritional, chemical and antioxidant/pro-oxidant profiles of silverskin, a coffee roasting by-product (Article). *Food Chemistry* 267:28-35. doi 10.1016/j.foodchem.2017.03.106
- Cura, RAR; Zúniga-González, CA; García, APC; Solano, LL; Berrios, R. 2015. Medición de la contribución de la bioeconomía en América Latina: caso Cuba *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático* 1(1):223-240.
- de Cássia Neves Esteca, F; Rodrigues, LR; de Moraes, GJ; Júnior, ID; Klingen, I. 2018. Mulching with coffee husk and pulp in strawberry affects edaphic predatory mite and spider mite densities (Article). *Experimental and Applied Acarology* 76(2):161-183. doi 10.1007/s10493-018-0309-0
- de Melo, MMR; Barbosa, HMA; Passos, CP; Silva, CM. 2014. Supercritical fluid extraction of spent coffee grounds: Measurement of extraction curves, oil characterization and economic analysis (Article). *Journal of Supercritical Fluids* 86:150-159. doi 10.1016/j.supflu.2013.12.016
- del Pozo, C; Bartrolí, J; Puy, N; Fàbregas, E. 2019. Converting coffee silverskin to value-added products under a biorefinery approach (Conference Paper). In. *European Biomass Conference and Exhibition Proceedings*. p. 1292-1296. Export Date: 7 May 2020 Disponible en <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85071067819&partnerID=40&md5=de86a826ba9c9c552ef5ccced527c51a>

- Dietz, T; Börner, J; Förster, J; von Braun, J. 2018. Governance of the bioeconomy: A global comparative study of national bioeconomy strategies Sustainability 10(9):3190.
- Djossou, O; Perraud-Gaime, I; Lakhal Mirleau, F; Rodriguez-Serrano, G; Karou, G; Niamke, S; Ouzari, I; Boudabous, A; Roussos, S. 2011. Robusta coffee beans post-harvest microflora: *Lactobacillus plantarum* sp. as potential antagonist of *Aspergillus carbonarius* (Article). Anaerobe 17(6):267-272. doi 10.1016/j.anaerobe.2011.03.006
- dos Santos, LC; Adarme, OFH; Baêta, BEL; Gurgel, LVA; de Aquino, SF. 2018. Production of biogas (methane and hydrogen) from anaerobic digestion of hemicellulosic hydrolysate generated in the oxidative pretreatment of coffee husks Bioresource technology 263:601-612. doi <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.05.037>
- Durand, N; El Sheikha, AF; Suarez-Quiros, ML; Oscar, GR; Nganou, ND; Fontana-Tachon, A; Montet, D. 2013. Application of PCR-DGGE to the study of dynamics and biodiversity of yeasts and potentially OTA producing fungi during coffee processing (Article). Food Control 34(2):466-471. doi 10.1016/j.foodcont.2013.05.017
- ElDinero. 2018. Sector agropecuario aportó RD\$205 mil millones al PIB en 2017. Ed. Dinero, RE. 29 de agosto, 2018 ed. Santo Domingo, República Dominicana, El Dinero. (AGRICULTURA).
- Escobedo, A. 2018. Cadena de Valor de Café de Guatemala. doi 10.13140/RG.2.2.32152.65282
- Export Date: 7 May 2020. Disponible en https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85033198599&doi=10.1007%2f978-3-319-50088-1_3&partnerID=40&md5=902707663bde5201cfe42ba1c72eb5a2
- Favaro, CP; Baraldi, IJ; Casciatori, FP; Farinas, CS. 2020. β -Mannanase Production Using Coffee Industry Waste for Application in Soluble Coffee Processing Biomolecules 10(2):227. doi doi:10.3390/biom10020227
- Ferreira, J; Ferreira, C. 2018. Challenges and opportunities of new retail horizons in emerging markets: The case of a rising coffee culture in China (Article). Business Horizons 61(5):783-796. doi 10.1016/j.bushor.2018.06.001
- Galtier, F; Batista, I. 2007. Estudio de la cadena de comercialización del café en la República Dominicana. (IDIAF) (ed.). santo Domingo. (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales).
- García, CA; Peña, Á; Betancourt, R; Cardona, CA. 2018. Energetic and environmental assessment of thermochemical and biochemical ways for producing energy from

- agricultural solid residues: Coffee Cut-Stems case (Article). *Journal of Environmental Management* 216:160-168. doi 10.1016/j.jenvman.2017.04.029
- Hodson de Jaramillo, E; Henry, G; Trigo, EJ. 2019. La bioeconomía. Marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Pontificia Universidad Javeriana.
- ICO. 2019. Países por producción de café. Ed. Data, H. (Statistics).
- IICA. 2018. Plan de Mediano Plazo 2018-2022 (en línea). San José, Costa Rica
- IICA. 2019. Guía para la identificación y análisis de las posibilidades de negocios de la Bioeconomía. Contexto, conceptos básicos y orientaciones metodológicas para el trabajo de validación y aplicación piloto en territorios rurales y/o cadenas agrícolas. Ed. IICA. San José, Costa Rica, 71 p. (Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo).
- Jiménez, H; Galtier, F; Del Rosario, PJ; López, J; Valverde, L. 2007. Mercado interno del café en la República Dominicana. Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF).
- Karmee, SK. 2018. A spent coffee grounds based biorefinery for the production of biofuels, biopolymers, antioxidants and biocomposites (Review). *Waste Management* 72:240-254. doi 10.1016/j.wasman.2017.10.042
- Kim, J; Kim, H; Baek, G; Lee, C. 2017. Anaerobic co-digestion of spent coffee grounds with different waste feedstocks for biogas production (Article). *Waste Management* 60:322-328. doi 10.1016/j.wasman.2016.10.015
- Lazzari, E; Arena, K; Caramão, EB; Herrero, M. 2019. Quantitative analysis of aqueous phases of bio-oils resulting from pyrolysis of different biomasses by two-dimensional comprehensive liquid chromatography *Journal of Chromatography A* 1602:359-367. doi <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.06.016>
- Lopes, GR; Passos, CP; Rodrigues, C; Teixeira, JA; Coimbra, MA. 2020. Impact of microwave-assisted extraction on roasted coffee carbohydrates, caffeine, chlorogenic acids and coloured compounds *Food Research International* 129:108864. doi <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108864>
- Marto, J; Gouveia, L; Chiari, B; Paiva, A; Isaac, V; Pinto, P; Simões, P; Almeida, A; Ribeiro, H. 2016. The green generation of sunscreens: Using coffee industrial sub-products *Industrial Crops and Products* 80:93-100. doi <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.033>

- Mata, TM; Martins, AA; Caetano, NS. 2018. Bio-refinery approach for spent coffee grounds valorization (Review). *Bioresource technology* 247:1077-1084. doi 10.1016/j.biortech.2017.09.106
- Matrapazi, VK; Zabaniotou, A. 2020. Experimental and feasibility study of spent coffee grounds upscaling via pyrolysis towards proposing an eco-social innovation circular economy solution (Article). *Science of the Total Environment* 718: doi 10.1016/j.scitotenv.2020.137316
- Mendoza Martinez, CL; Sermyagina, E; de Cassia Oliveira Carneiro, A; Vakkilainen, E; Cardoso, M. 2019. Production and characterization of coffee-pine wood residue briquettes as an alternative fuel for local firing systems in Brazil (Article). *Biomass and Bioenergy* 123:70-77. doi 10.1016/j.biombioe.2019.02.013
- Montero, E. 2017. Pelletizado de la broza (pulpa del café) para ser usada como recurso energético en el proceso de beneficiado Boletín Promecafé(150):3-7.
- Mussatto, SI; Machado, EMS; Martins, S; Teixeira, JA. 2011. Production, Composition, and Application of Coffee and Its Industrial Residues (Review). *Food and Bioprocess Technology* 4(5):661-672. doi 10.1007/s11947-011-0565-z
- Ozcariz-Fermoselle, MV; de Vega-Luttmann, G; de Jesús Lugo-Monter, F; Galhano, C; Arce-Cervantes, O. 2019. Promoting Circular Economy Through Sustainable Agriculture in Hidalgo: Recycling of Agro-Industrial Waste for Production of High Nutritional Native Mushrooms. Springer. 455-469 p.
- Pettinato, M; Casazza, AA; Perego, P. 2019. The role of heating step in microwave-assisted extraction of polyphenols from spent coffee grounds (Article). *Food and Bioproducts Processing* 114:227-234. doi 10.1016/j.fbp.2019.01.006
- Pizzutti, IR; de Kok, A; Dickow Cardoso, C; Reichert, B; de Kroon, M; Wind, W; Weber Righi, L; Caiel da Silva, R. 2012. A multi-residue method for pesticides analysis in green coffee beans using gas chromatography-negative chemical ionization mass spectrometry in selective ion monitoring mode (Article). *Journal of Chromatography A* 1251:16-26. doi 10.1016/j.chroma.2012.06.041
- Plaza, MG; González, AS; Pevida, C; Rubiera, F. 2015. Green coffee based CO₂ adsorbent with high performance in postcombustion conditions (Article). *Fuel* 140:633-648. doi 10.1016/j.fuel.2014.10.014
- Ponce, S; Azamar, A. 2017. Bioeconomía ¿una opción para transitar hacia la economía verde en América Latina?” *Administración y Organizaciones* 19(17-34):
- Ponce, S; Carrillo-González, G. 2017. Identificación del potencial de los países de américa latina para transitar hacia una bioeconomía basada en conocimiento. Ed. Gestión

de la Innovación para la Competitividad: Sectores estratégicos, tye. Ciudad de México, (ALTEC 2017).

- Procentese, A; Raganati, F; Navarini, L; Olivieri, G; Russo, ME; Marzocchella, A. 2018a. Coffee silverskin as a renewable resource to produce butanol and isopropanol (Article). Chemical Engineering Transactions 64:139-144. doi 10.3303/CET1864024
- Procentese, A; Raganati, F; Olivieri, G; Russo, ME; Rehmann, L; Marzocchella, A. 2018b. Deep Eutectic Solvents pretreatment of agro-industrial food waste Biotechnology for biofuels 11(1):37. doi <https://doi.org/10.1186/s13068-018-1034-y>
- Puga, H; Alves, RC; Costa, AS; Vinha, AF; Oliveira, MBPP. 2017. Multi-frequency multimode modulated technology as a clean, fast, and sustainable process to recover antioxidants from a coffee by-product (Article). Journal of Cleaner Production 168:14-21. doi 10.1016/j.jclepro.2017.08.231
- Pulido Blanco, V. C. (2020). Análisis del potencial de aprovechamiento de la bioeconomía en la cadena de café de la República Dominicana (Tesis de maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10077>
- Rajesh Banu, J; Kavitha, S; Yukesh Kannah, R; Dinesh Kumar, M; Preethi; Atabani, AE; Kumar, G. 2020. Biorefinery of spent coffee grounds waste: Viable pathway towards circular bioeconomy (Review). Bioresource technology 302: doi 10.1016/j.biortech.2020.122821
- Ramos-Andrés, M; Andrés-Iglesias, C; García-Serna, J. 2019. Production of molecular weight fractionated hemicelluloses hydrolyzates from spent coffee grounds combining hydrothermal extraction and a multistep ultrafiltration/diafiltration Bioresource technology 292:121940. doi <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.121940>
- Rendon, J; Garcia, J; Gonzalez, H; Ramirez, J. 2015. Análisis técnico económico del proceso de lombricultura en pulpa de café, para la producción de abono orgánico Revista Cenicafé 66(2):7-16.
- Ríaños Luna, CE. 2013. Tecnología del café. Ed. Universidad Abierta a Distancia, FdA. Universidad Abierta a Distancia, Facultad de Alimentos, UNAD. 244 p. (Curso de Tecnología del café). doi https://issuu.com/revistaelcafetalero/docs/tecnologia_del_cafe
- Ribeiro, FC; Borém, FM; Giomo, GS; De Lima, RR; Malta, MR; Figueiredo, LP. 2011. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂ (Article). Journal of Stored Products Research 47(4):341-348. doi 10.1016/j.jspr.2011.05.007

- Rodríguez, AG; Mondaini, AO; Hitschfeld, MA. 2017. Bioeconomía en América Latina y el Caribe: contexto global y regional y perspectivas. CEPAL, NU (ed.). Naciones Unidas, Santiago. 96 p.
- Rodríguez, N. 2013. Producción de alcohol a partir de la pulpa de café Revista Cenicafé 64(2):78-93.
- Rosas de la Rosa, OA. 2019. Producción de biogás a partir de los residuos de pulpa de café. Ed. Puebla, UI. Puebla, México, Repositorio Institucional. 4 p. (Circulo de Escritores).
- San Martin, D; Orive, M; Iñarra, B; García, A; Goiri, I; Atxaerandio, R; Urkiza, J; Zufía, J. 2020. Spent coffee ground as second-generation feedstuff for dairy cattle Biomass Conversion and Biorefinery:1-11. doi <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00610-7>
- Santos da Silveira, J; Durand, N; Lacour, S; Belleville, MP; Perez, A; Loiseau, G; Dornier, M. 2019. Solid-state fermentation as a sustainable method for coffee pulp treatment and production of an extract rich in chlorogenic acids (Article). Food and Bioproducts Processing 115:175-184. doi 10.1016/j.fbp.2019.04.001
- Santos, CM; de Oliveira, LS; Alves Rocha, EP; Franca, AS. 2020. Thermal conversion of defective coffee beans for energy purposes: Characterization and kinetic modeling (Article). Renewable Energy 147:1275-1291. doi 10.1016/j.renene.2019.09.052
- Stylianou, M; Agapiou, A; Omirou, M; Vyrides, I; Ioannides, IM; Maratheftis, G; Fasoula, D. 2018. Converting environmental risks to benefits by using spent coffee grounds (SCG) as a valuable resource Environmental Science and Pollution Research 25(36):35776-35790. doi <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2359-6>
- Topi, C; Bilinska, M. 2017. The economic case for the circular economy: From food waste to resource. 25-41 p. Cited By :6
- Trigo, EJ; Henry, G; Sanders, J; Schurr, U; Ingelbrecht, I; Revel, C; Santana, C; Rocha, P. 2013. Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean Bioeconomy Working Paper 2013:
- Truzzi, C; Giorgini, E; Annibaldi, A; Antonucci, M; Illuminati, S; Scarponi, G; Riolo, P; Isidoro, N; Conti, C; Zarantoniello, M. 2020. Fatty acids profile of black soldier fly (*Hermetia illucens*): Influence of feeding substrate based on coffee-waste silverskin enriched with microalgae Animal Feed Science and Technology 259:114309. doi <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114309>

- Tsai, SY; Muruganantham, R; Tai, SH; Chang, BK; Wu, SC; Chueh, YL; Liu, WR. 2019. Coffee grounds-derived carbon as high performance anode materials for energy storage applications (Article). *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 97:178-188. doi 10.1016/j.jtice.2019.01.020
- Vakalis, S; Moustakas, K; Benedetti, V; Cordioli, E; Patuzzi, F; Loizidou, M; Baratieri, M. 2019. The “COFFEE BIN” concept: centralized collection and torrefaction of spent coffee grounds *Environmental Science and Pollution Research* 26(35):35473-35481. doi <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04919-3>
- Vignoli, JA; Bassoli, DG; Benassi, MT. 2011. Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material (Article). *Food Chemistry* 124(3):863-868. doi 10.1016/j.foodchem.2010.07.008
- Winter, A; Pedro, E; Ślasko, J; Battaglini, J; Faelker, M; Kivipelto, R; Duarte, AJ; Malheiro, B; Ribeiro, C; Justo, J. 2019. Waste to Fungi: An EPS@ ISEP 2019 Project. In. *Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*. ACM. p. 115-122.
- Zabaniotou, A; Kamaterou, P. 2019. Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy - A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery *Journal of Cleaner Production* 211:1553-1566. doi <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.230>
- Zuin, VG; Ramin, LZ. 2018. Green and sustainable separation of natural products from agro-industrial waste: Challenges, potentialities, and perspectives on emerging approaches. Springer. 229-282 p.

3.7. Anexos

Anexo 1. Formulario de la encuesta a los actores conocedores de la cadena de café de la República Dominicana.

Encuesta sobre el potencial bioeconómico del café en República Dominicana (elaboración propia) Como parte de la investigación en Agropecuaria y Agricultura Sostenible del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica, en conjunción con el Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo del INIA, Centroamericano y el Café, estamos interesados en determinar el potencial de la cadena de café del país para desarrollar la bioeconomía (aprovechamiento económico con base biológica). Con esta información será posible identificar las restricciones habituales y las nichos de nichos para generar cadenas de valor que permitan del café, así como las políticas, políticas y las acciones al respecto, tecnologías que se requieren. La información que nos brinda servirá de un valor agregado que nos permitirá compartir la investigación realizada con el público en general para fines exclusivamente académicos y científicos. El nombre del equipo humano que desarrolló esta investigación es los nombres muy agradecidos por permitirnos a esta encuesta. Estimamos que en la totalidad más de 10 minutos completará. Vicente Santo Domingo MSc. Biología del INIA Agropecuaria y Agricultura Sostenible 1. ¿Cuáles considera que son los actores principales del sector de insumos de la cadena de café en República Dominicana? _____ _____ _____ _____ _____	2. ¿Cuáles considera que son los actores principales del eslabón de producción de la cadena de café en República Dominicana? _____ _____ _____ _____ _____ 3. ¿Cuáles considera que son los actores principales del eslabón de industria de la cadena de café en República Dominicana? _____ _____ _____ _____ _____ 4. ¿Cuáles considera que son los actores principales del eslabón de comercialización de la cadena de café en República Dominicana? _____ _____ _____ _____ _____ Sanción sin título INPUTS Con la misma forma y los mismos datos se debe en los datos se van a desarrollar los inputs de la bioeconomía
BIOMASA PRIMARIA El tipo de biomasa primaria se genera en el cultivo. 5. ¿Cómo es la producción de biomasa primaria en la cadena de café en República Dominicana? Marcas solo un óvalo ☐ Alta producción de biomasa todo el año. ☐ Alta producción de biomasa durante algunos meses del año. ☐ Media producción de biomasa todo el año. ☐ Media producción de biomasa durante algunos meses del año. ☐ Baja producción de biomasa durante algunos meses del año. 6. Además de la biomasa producida por la cadena, ¿cuánta el territorio con biomasa disponible y accesible fácilmente? Marcas solo un óvalo ☐ Si la biomasa local está disponible y accesible. ☐ Si la biomasa está disponible pero no es accesible. ☐ Si la biomasa es accesible pero no es fácilmente disponible de ella. ☐ Cuando la biomasa implica costos adicionales de proceso y transporte que hacen imposible el proceso. ☐ La biomasa no está ni disponible ni accesible.	7. ¿Cuál es la eficiencia energética (en términos de poder calórico) de la biomasa producida por la cadena? Marcas solo un óvalo ☐ Es altamente eficiente. ☐ Es eficiente pero depende de muchas variables. ☐ Es relativamente eficiente (depende en medida). ☐ Es relativamente eficiente y depende de desechos como abono. ☐ Es muy deficiente. ☐ Otro: _____ BIOMASA RESIDUAL El tipo de biomasa residual se genera en el cultivo. 8. ¿Cuál es la disponibilidad de desechos municipales que pueden ser usados para generar energía o otros productos? Marcas solo un óvalo ☐ Existe amplia disponibilidad de desechos municipales y son fácilmente accesibles. ☐ Existe amplia disponibilidad de desechos municipales, pero no son de fácil acceso. ☐ Existe disponibilidad intermedia de desechos municipales y son fácilmente accesibles. ☐ Existe disponibilidad intermedia de desechos municipales, pero deben ser tratados, procesados o no. ☐ Existe baja disponibilidad de desechos municipales y además son de difícil acceso.

9. ¿Cuál es la disponibilidad de desechos agroindustriales que puedan emplearse para generar energía u otros productos? Marque solo un óvalo ☐ Existe amplia disponibilidad de desechos agroindustriales y además es fácil accederlos en un solo lugar y transportarlos hasta el lugar de procesamiento. ☐ Existe disponibilidad de desechos agroindustriales, pero no es fácil accederlos en un solo lugar. ☐ Existe disponibilidad de desechos agroindustriales, pero ya difícil accederlos hasta el lugar de procesamiento. ☐ Existe disponibilidad de desechos agroindustriales, pero es difícil accederlos en un solo lugar y trasladarlos hasta el lugar de procesamiento. ☐ Existe muy poca disponibilidad de desechos agroindustriales. 10. ¿Cuál es la distancia media desde donde se produce la biomasa hasta los principales centros de procesamiento? Marque solo un óvalo ☐ Menos de 10 km ☐ Menos de 20 km ☐ Menos de 30 km ☐ Menos de 40 km ☐ Más de 50 km RESUMOS Resumen de los datos que se han ingresado en esta encuesta.	11. ¿Cuál es la disponibilidad de agua para labores agrícolas, industriales y otros usos en el territorio? Marque solo un óvalo ☐ Muy alta ☐ Alta ☐ Media ☐ Baja ☐ Muy baja 12. ¿Qué porcentaje de los acciones de la cadena son compatibles con infraestructura adecuada para acceder al agua disponible? Marque solo un óvalo ☐ 100% ☐ 75% ☐ 50% ☐ 25% ☐ 0% 13. ¿Qué porcentaje de los acciones de la cadena son dueños de los derechos de propiedad de la tierra que usan para la producción? Marque solo un óvalo ☐ 100% ☐ 90% ☐ 80% ☐ 40% ☐ Menos del 20%
14. ¿Cuál es la disponibilidad y acceso de insumos (fertilizantes, herbicidas) para la actividad principal de la cadena de café en República Dominicana? Marque solo un óvalo ☐ Existen ampliamente disponibles y son accesibles ☐ Existen disponibles, pero son muy escasos ☐ Existen disponibles, pero su calidad no es adecuada ☐ Existen disponibles, pero son escasos y su calidad no es adecuada ☐ No hay disponibilidad de insumos agrícolas 15. ¿Cuál es la disponibilidad y acceso de insumos y tecnologías para el desarrollo de bioenergías y bioproductos (por ejemplo, bioetanol, orina)? Marque solo un óvalo ☐ Existen ampliamente disponibles y son accesibles ☐ Existen disponibles, pero son muy escasos ☐ Existen disponibles, pero los precios son muy altos y no son muy compatibles ☐ Existen disponibles, pero son escasos y además los precios son muy altos y no son muy compatibles ☐ No están disponibles 16. ¿Qué tan adecuada es la calidad del suelo para el cultivo de café en la República Dominicana (considerando la región cafetalera noroccidental)? Marque solo un óvalo ☐ Totalmente apta ☐ Es apta, pero debe mejorarse mediante la aplicación de fertilizantes o compostos ☐ Es apta, pero debe mejorarse; además el costo de mejorarlo es demasiado alto ☐ Es apta, pero debe mejorarse; además el costo de mejorarlo es demasiado alto y los insumos no son de la mejor calidad ☐ Es un suelo ácido y ácido	17. ¿Cuál es la disponibilidad de energía eléctrica permanente y estable en el territorio? Marque solo un óvalo ☐ Se cuenta con energía permanente y estable ☐ Se cuenta con energía permanente pero no de manera estable ☐ Se cuenta con energía estable pero no de manera permanente ☐ Si servicio de energía no es estable ni permanente ☐ No hay servicio de energía eléctrica RECOMENDACIONES Es la opinión que usted le da a la encuesta. 18. ¿Puede la región noroccidental cubana ser beneficiada con características climáticas y especiales? Marque solo un óvalo ☐ Si, la zona es ideal para el cultivo de café y es muy fértil y adecuada ☐ Entre uno y dos factores que, porque en algunas zonas de cultivo del país también se cultiva café y es ideal ☐ La fertilidad es adecuada, aunque existen zonas con mayor humedad ☐ Se comparan con otras zonas de la zona de cultivo de café ☐ La fertilidad es bastante buena

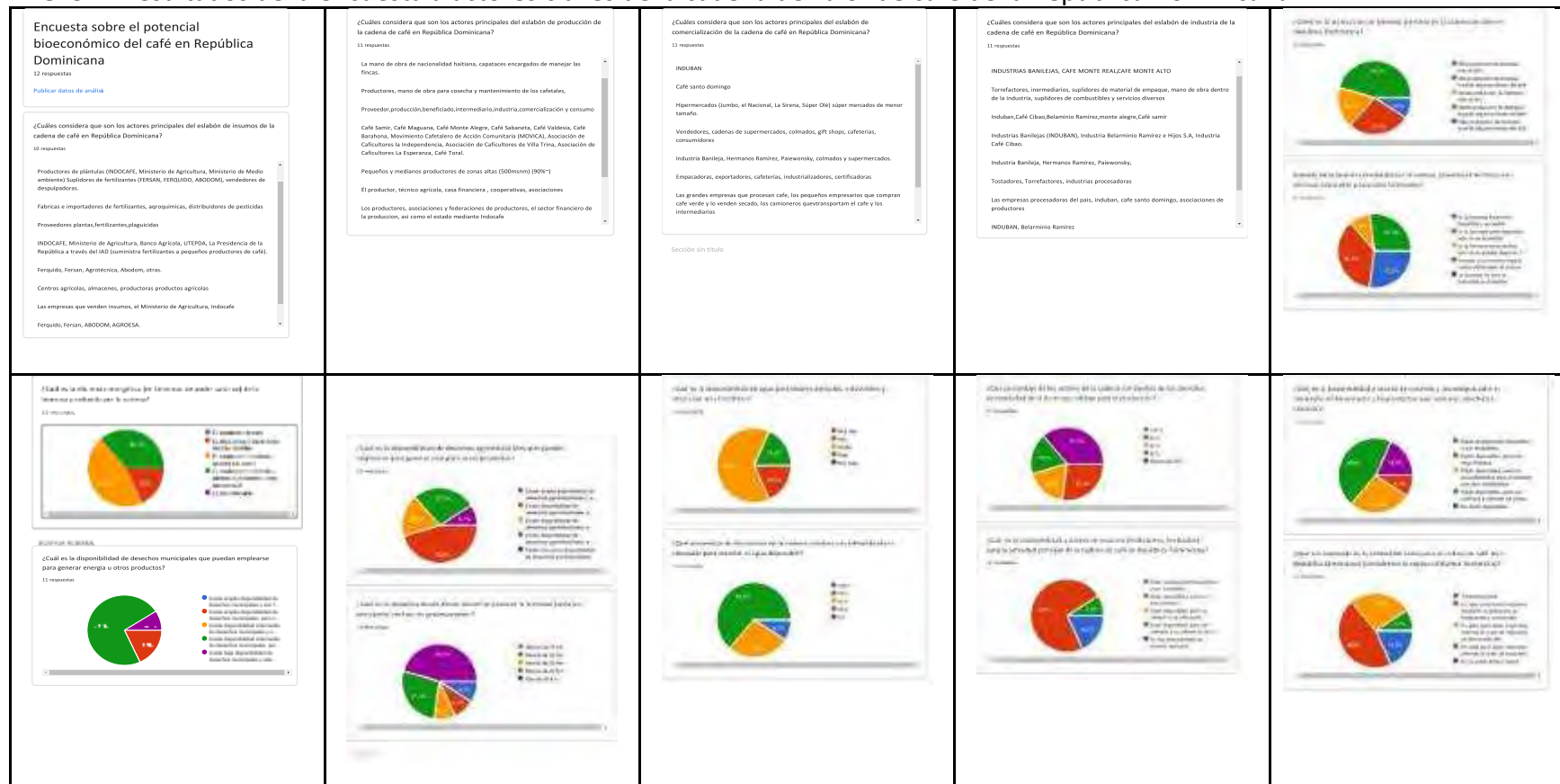
19. ¿Puede región un atractivo cultural, paisajístico o recreativo de alta importancia asociado a la biodiversidad? Marque solo un óvalo: ☐ Cuenta con una gran cantidad de atractivos altamente posicionados ☐ Cuenta con algunos atractivos posicionados ☐ Cuenta con una gran cantidad, pero no están muy posicionados ☐ Cuenta con algunos, pero ninguno está muy posicionado ☐ No cuenta con ninguno 20. ¿Es posible acceder con facilidad a la biodiversidad del territorio con fines comerciales? Marque solo un óvalo: ☐ Es posible acceder de varias maneras (deja en reglamento para evaluar) ☐ Es posible acceder, pero en algunas ocasiones los límites pueden ser engorrosos (deja las regulaciones locales) ☐ Es posible acceder, pero de la mayoría de los ecosistemas los límites pueden ser engorrosos (deja las regulaciones locales) ☐ La documentación regula el proceso de extracción (solo cuando sea apropiado para la biodiversidad local) ☐ Es imposible acceder al recurso Sección sin título FINANZA Son los factores que sustentan el flujo de capital a actividades de negocio biodiversas. La necesidad es una condición necesaria para generar el flujo de financiamiento. CENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN	21. ¿Existe en su país/ territorio un ecosistema útil para la innovación? Marque solo un óvalo: ☐ Sí existe y es de gran utilidad ☐ Existe y es de utilidad para los participantes, pero tiene problemas de obtención ☐ Existe y tiene amplia cobertura, pero tiene recursos limitados ☐ El ecosistema existe, pero tiene problemas de recursos y cobertura ☐ No conozco de la existencia de este ecosistema 22. ¿Existen programas de gobierno de utilidad que apoyen la innovación sobre este? Marque solo un óvalo: ☐ Sí existen y son de gran utilidad para todos ☐ Sí existen y son de gran utilidad para un grupo de beneficiarios (solo cuando son relevantes) ☐ Sí existen y son de utilidad para un limitado grupo de beneficiarios (fuerza regulatoria y financiera para acceder) ☐ Sí existen, pero son de limitada utilidad (deja utilidad además de fuertes requisitos y burocracia para acceder) ☐ No conozco de la existencia de este ecosistema 23. ¿Cuál es la disponibilidad y acceso de tecnologías que permitan la generación y aprovechamiento de bioenergías y bioproductos? Marque solo un óvalo: ☐ Alta disponibilidad y alto acceso ☐ Alta disponibilidad, pero el acceso es costoso (alto precio) ☐ Disponibilidad media y acceso costoso (alto precio) ☐ Limitada disponibilidad y acceso costoso (alto precio) ☐ No hay disponibilidad
FINANCIAMIENTO 24. ¿Existe en República Dominicana financiamiento tradicional (público o privado) disponible y accesible para inversión en el cultivo de café (infraestructura, capital de trabajo, maquinaria o equipo)? Marque solo un óvalo: ☐ Hay amplia disponibilidad de recursos y son de fácil acceso ☐ Hay amplia disponibilidad de recursos, pero el acceso no es generalizado (solo un grupo puede acceder) ☐ Hay disponibilidad media de recursos y además el acceso no es generalizado (solo un grupo puede acceder) ☐ Hay disponibilidad media de recursos y además el acceso es muy limitado (solo accede un pequeño grupo) ☐ No hay disponibilidad 25. ¿Existe en República Dominicana financiamiento tradicional (público o privado) disponible y accesible para inversión en nuevos negocios de la bioeconomía (infraestructura, capital de trabajo, maquinaria o equipo)? Marque solo un óvalo: ☐ Hay amplia disponibilidad de recursos y son de fácil acceso ☐ Hay amplia disponibilidad de recursos, pero el acceso no es generalizado (solo un grupo puede acceder) ☐ Hay disponibilidad media de recursos y además el acceso no es generalizado (solo un grupo puede acceder) ☐ Hay disponibilidad media de recursos y además el acceso es muy limitado (solo accede un pequeño grupo) ☐ No hay disponibilidad	26. ¿Existen recursos del estado disponibles y accesibles para el financiamiento de sistemas de pagos por servicios ambientales? Marque solo un óvalo: ☐ Hay amplia disponibilidad de recursos y son de fácil acceso ☐ Hay amplia disponibilidad de recursos, pero el acceso no es generalizado (solo un grupo puede acceder) ☐ Hay disponibilidad media de recursos y además el acceso no es generalizado (solo un grupo puede acceder) ☐ Hay disponibilidad media de recursos y además el acceso es muy limitado (solo accede un pequeño grupo) ☐ No hay disponibilidad CAPACIDADES 27. ¿Cuáles son las capacidades de los actores de la cadena para identificar, analizar y evaluar la viabilidad y potencia de nuevos modelos de negocios de la bioeconomía (bioenergías, bioproductos y bioservicios)? Marque solo un óvalo: ☐ Muy altas ☐ Altas ☐ Medias ☐ Bajas ☐ Muy bajas

28. ¿Cuáles son las capacidades de los actores de la cadena para cumplir con las normas y requisitos que permita vender y comercializar potenciales bioenergías, bioproductos y bioactivos en los mercados locales? Marque solo un óvalo: ☐ Muy altas ☐ Altas ☐ Medias ☐ Bajas ☐ Muy bajas 29. ¿Cuáles son las capacidades de los actores de la cadena para cumplir con las normas y requisitos para la exportación de los potenciales bioenergías y bioproductos a terceros mercados? Marque solo un óvalo: ☐ Muy altas ☐ Altas ☐ Medias ☐ Bajas ☐ Muy bajas	30. ¿Cuáles son las características del sistema de educación que forma RR.HH. (PHD, MSc y cuadros técnicos) para el desarrollo y aprovechamiento de tecnologías para la bioeconomía (bioenergías, biotecnología, TIC, etc.)? Marque solo un óvalo: ☐ Alta disponibilidad, alta calidad y acceso total ☐ Alta disponibilidad y calidad, pero el acceso es limitado (algunos países) ☐ Disponibilidad y calidad media, además el acceso es limitado (algunos países) ☐ Limitada disponibilidad y calidad media, y además el acceso es limitado (algunos países) ☐ No hay disponibilidad 31. ¿Cuál es la disponibilidad y acceso de personal humano calificado (PHD y MSc) en el territorio y la cadena para el desarrollo de la bioeconomía (bioenergías, bioproductos, servicios culturales a partir de la biodiversidad)? Marque solo un óvalo: ☐ Muy alto ☐ Alto ☐ Medio ☐ Bajo ☐ Muy bajo
RECURSOS HUMANOS 32. ¿Cuál es la disponibilidad y acceso en su país o territorio de plantas demostrativas, plantas piloto para experimentación de tecnologías y laboratorio en país desarrollador y validar los bioproductos? Marque solo un óvalo: ☐ Alta disponibilidad, alta calidad y acceso total ☐ Alta disponibilidad y calidad, pero el acceso es limitado (algunos países) ☐ Disponibilidad y calidad media, además el acceso es limitado (algunos países) ☐ Limitada disponibilidad y calidad media, y además el acceso es limitado (algunos países) ☐ No hay disponibilidad 33. ¿Cuál es la disponibilidad, calidad y acceso a infraestructura para llegar y transportarse en los sitios donde se encuentran la biodiversidad (bosques, áreas de marismos)? Marque solo un óvalo: ☐ Alta disponibilidad, alta calidad y acceso total ☐ Alta disponibilidad y calidad, pero el acceso no es total ☐ Disponibilidad y calidad media, además el acceso no es total ☐ Limitada disponibilidad y calidad media, y además el acceso no es limitado ☐ No hay disponibilidad Servicios básicos: Soporte: Señale condiciones humanas, culturales, de infraestructura, tecnológica y política presentes en un territorio que permitan aprovechar los recursos y la biodiversidad de modo exitoso: SERVICIOS BÁSICOS:	INFRAESTRUCTURA 34. ¿Cuál es la disponibilidad, calidad y acceso a servicios básicos para la cadena y la bioeconomía (agua potable, energía, telefonía, etc.)? Marque solo un óvalo: ☐ Alta disponibilidad, alta calidad y acceso total ☐ Alta disponibilidad y calidad, pero el acceso es limitado (algunos países) ☐ Disponibilidad y calidad media, además el acceso es limitado (algunos países) ☐ Limitada disponibilidad y calidad media, y además el acceso es limitado (algunos países) ☐ No hay disponibilidad Políticas 35. ¿Cuenta República Dominicana con una política o estrategia para apoyar la competitividad de la cadena de valor del café? Marque solo un óvalo: ☐ Si, cuentan con una política o plan que funciona muy eficientemente y favorece a las pymes ☐ Si, cuentan con una política o plan que funciona muy eficientemente, pero está limitada a un grupo específico - es de difícil acceso para pequeñas y medianas empresas - ☐ Si, cuentan con una política o plan, pero su funcionamiento no es el adecuado, además están limitados a un grupo específico - es de difícil acceso para pequeñas y medianas empresas - ☐ Cuentan con una política, según con funcionamiento irregular, además está limitada a un grupo específico - es de difícil acceso para pequeñas y medianas empresas - ☐ No hay disponibilidad

36. ¿Cuánta República Dominicana con planes o programas que promuevan la innovación para la agricultura y la bioeconomía? Marca solo un ítem: ☐ Si cuentan con diversos planes y programas que funcionan muy eficientemente y tienen amplia cobertura. ☐ Si cuentan con diversos planes y programas que funcionan muy eficientemente pero están limitados a un grupo específico - es de difícil acceso para pequeñas y medianas empresas. ☐ Si cuentan con diversos planes y programas, pero no funcionan muy bien y/o adecuados, además están limitados a un grupo específico - es de difícil acceso para pequeñas y medianas empresas. ☐ Cuentan con muy pocos planes y programas que funcionan bien, aunque además están limitados a un grupo específico - es de difícil acceso para pequeñas y medianas empresas. ☐ No hay disponibilidad. REGULACIÓN Y NORMATIVA 37. ¿Cuánta República Dominicana con normativa (que aplique el marco legal internacional para normar la comercialización de flora o fauna local)? Marca solo un ítem: ☐ Si existe, se aplica (con recursos suficientes) y funciona adecuadamente. ☐ Si existe, se aplica (con alguna limitación de recursos) pero con un funcionamiento adecuado. ☐ Si existe, se aplica (aunque con recursos limitados) pero tiene problemas en su funcionamiento. ☐ Si existe, pero hay grandes limitaciones en la aplicación (recursos limitados) y en su funcionamiento. ☐ No existe.	38. ¿Cuánta República Dominicana con normativa sobre derechos de propiedad intelectual que aplique el marco legal internacional referente a uso de biodiversidad para obtención de innovaciones (patentes, etc.)? Marca solo un ítem: ☐ Si existe, se aplica (con recursos suficientes) y funciona adecuadamente. ☐ Si existe, se aplica (con alguna limitación de recursos) pero con un funcionamiento adecuado. ☐ Si existe, se aplica (aunque con recursos limitados) pero tiene problemas en su funcionamiento. ☐ Si existe, pero hay grandes limitaciones en la aplicación (recursos limitados) y en su funcionamiento. ☐ No existe. APORTOS / INCENTIVOS 39. ¿Cuánta República Dominicana con apoyos del estado para la generación de alianzas público-privadas (APP) para el desarrollo de innovaciones y negocios de las biotecnologías, bioproductos y bioenergías? Marca solo un ítem: ☐ Si existe, se aplica (con recursos suficientes) y funciona adecuadamente. ☐ Si existe, se aplica (con alguna limitación de recursos) pero con un funcionamiento adecuado. ☐ Si existe, se aplica (aunque con recursos limitados) pero tiene problemas en su funcionamiento. ☐ Si existe, pero hay grandes limitaciones en la aplicación (recursos limitados) y en su funcionamiento. ☐ No existe.
40. ¿Cuánta República Dominicana con un sistema de evaluación y certificación de sostenibilidad y sustentabilidad ambiental de los procesos productivos comerciales de la cadena (hechos por ejemplo)? Marca solo un ítem: ☐ Existe un sistema que tiene muy amplia disponibilidad, muy alta calidad y fácil acceso para todos los actores (buenos costos). ☐ Existe un sistema que tiene muy amplia disponibilidad y muy alta calidad aunque algunos actores pueden tener problemas de acceso (buenos costos). ☐ Existe un sistema que tiene muy amplia disponibilidad, aunque no es de la mejor calidad y algunos actores pueden tener problemas de acceso (buenos costos). ☐ Existe un sistema que tiene grandes limitaciones de disponibilidad y calidad, además algunos actores pueden tener problemas de acceso (buenos costos). ☐ No hay disponibilidad. CONTEXTO Contexto es la medida de los recursos ambientales, económicos y tecnológicos. ASPECTOS ECONÓMICOS 41. ¿Cómo perciben los costos de producción, transformación y comercialización de un modelo de negocio basado en la bioenergía, bioproductos o biotecnología en comparación los productos tradicionales agroalimentarios que produce la cadena de café en RD? Marca solo un ítem: ☐ Mucho más altos. ☐ Más altos. ☐ Igual. ☐ Más bajos. ☐ Mucho más bajos.	EFICIENCIA Y SOSTENIBILIDAD 42. ¿Qué porcentaje de la biomasa o biodiversidad utilizada como materia prima se aprovecha en los procesos de su cadena de café? Marca solo un ítem: ☐ 100% ☐ 80% ☐ 60% ☐ 40% ☐ 20% 43. ¿Qué porcentaje de los residuos o desechos generados por la cadena son utilizados actualmente para la elaboración de insumos o subproductos de valor? Marca solo un ítem: ☐ 100% ☐ 80% ☐ 60% ☐ 40% ☐ 20%

44. ¿Cuenta la cadena con mecanismos de organización formal que faciliten la coordinación y el logro de acuerdos colectivos entre todos los actores? Marque solo un ítem: ☐ La cadena está altamente organizada y logra acuerdos consistentes de manera eficiente ☐ La cadena está organizada y logra acuerdos efectivos - distorsión de recursos mínimos ☐ La cadena está medianamente organizada y tiene dificultades para el logro de acuerdos ☐ La cadena tiene un bajo nivel de organización y tiene grandes dificultades para el logro de acuerdos ☐ La cadena no cuenta con organización Outputs (mercado) ¿Son los nuevos bioproductos que llegan a el mercado diferentes con características y modalidades diferentes a los de las mercancías comerciales? 45. ¿Cómo es la demanda actual de las bioenergías, bioproductos y servicios ecosistémicos derivados del café en RD respecto a la demanda de café? Marque solo un ítem: ☐ Mucho más alta ☐ Más alta ☐ Igual ☐ Más baja ☐ Mucho más baja	46. ¿Cuáles son las perspectivas para la demanda futura de las bioenergías, bioproductos y servicios ecosistémicos derivados del café en RD respecto a la demanda de café? Marque solo un ítem: ☐ Mucho más alta que la actual ☐ Más alta que la actual ☐ Igual que la actual ☐ Más baja que la actual ☐ Mucho más baja que la actual Este contenido no ha sido traducido o aprobado por Google Google Form Builder
---	---

Anexo 2. Resultados de la encuesta a actores claves de la cadena de valor de café de la República Dominicana.





IV. COMENTARIOS FINALES

En base a los tres capítulos mostrados, se deben comprender las oportunidades que ofrece la bioeconomía en el sector cafetalero dominicano, la metodología de estudio debe ser secuencial: primero, se deben analizar las implementaciones exitosas a nivel mundial y, luego, evaluar la cadena de valor local para identificar sus fortalezas, debilidades y cuellos de botella. Esta aproximación es crucial en un contexto donde la comunidad científica muestra un interés en auge por la Bioeconomía (BE) y la Economía Circular (EC) aplicadas al café, tendencia que se ve reforzada por las directrices de desarrollo de grandes bloques económicos como la Unión Europea.

En este marco global, los subproductos del café, como el poso molido (borra de café o café molido usado) y la cascarilla, son materias primas valiosas para generar biocombustibles y compuestos de alto valor (fenoles). Países como Brasil, Portugal e Italia se posicionan como líderes en este nicho de Bioproductos. Existe, además, una fuerte sinergia entre los senderos de Bioproductos y Biotecnologías, donde el segundo facilita procesos complejos (como las biorrefinerías) para lograr mayor eficiencia en el uso de biomasa y generar productos de alto valor. No obstante, la principal dificultad para implementar estos senderos es el alto requisito de capital humano y tecnológico (laboratorios especializados). Curiosamente, son los países consumidores (principalmente europeos y EE. UU.) quienes dominan la investigación en la valorización de residuos de café.

Por otro lado, el enfoque de Cadenas de Valor posiciona al café como un factor de desarrollo socioeconómico. Aunque la investigación está distribuida globalmente (Etiopía, Italia, Grecia), su éxito depende crucialmente de los factores políticos y la cooperación multisectorial. De igual modo, los enfoques de Eco-intensificación y Servicios Ecosistémicos han sido menos explorados en la literatura reciente; sin embargo, se enfocan en prácticas agrícolas mejoradas (Manejo Integrado de Plagas) y la valoración de los beneficios ambientales, siendo impulsados en países productores por investigadores externos.

La cadena de valor del café dominicano posee una buena estructura de confianza y organización para producir café diferenciado, pero sufre de una alta concentración de mercado, donde un actor principal controla casi la totalidad del comercio. A pesar de esto, el sector tiene una clara oportunidad en el sendero de Bioproductos, específicamente la Biorrefinería, dada la abundante biomasa residual (pulpa de café, etc.) y la disponibilidad de recursos naturales clave.

Sin embargo, la implementación de la bioeconomía en RD está doblemente obstaculizada: por un lado, por problemas crónicos de la cadena (baja productividad, falta de titulación de tierras, insumos costosos) y, por otro, por barreras institucionales específicas para bionegocios (ausencia de regulaciones claras para biocombustibles, escasez de capital humano y financiero especializado). Para avanzar, el país debe priorizar la titulación de tierras y la planificación territorial. Además, es crucial crear un

marco regulatorio que haga atractivos los negocios de la bioeconomía, considerando incluso la integración regional (ej. los flujos de café de Haití) para asegurar el volumen de biomasa. Actualmente, los "aprovechamientos" bioeconómicos identificados en RD se limitan a adaptaciones de infraestructura o programas gubernamentales de renovación de cultivos, lo que sugiere que la innovación real de la bioeconomía aún está en una fase incipiente.



**El Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)
La Corporación colombiana de investigación agropecuaria (AGROSAVIA)
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)
Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)**

C/ Rafael Augusto Sánchez #89, Ensanche Evaristo Morales, Santo Domingo, República Dominicana. Teléfono. (809) 567-8999 - Fax: (809) 567-9199. URL.
<https://www.idiaf.gob.do/>
Santo Domingo, República Dominicana
2026

ISBN: 978-9945-448-45-0

