

POTENCIAL DE LA **BIOECONOMÍA** **PARA LA TRANSFORMACIÓN** DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2021



Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios por IICA se encuentra publicado bajo Licencia Creative Commons Reconocimiento-Compartir igual 3.0 IGO (CC-BY-SA 3.0 IGO)
(<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/>)
Creado a partir de la obra en www.iica.int

El Instituto promueve el uso justo de este documento. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda.

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>.

Autores: Hugo Chavarría, Eduardo Trigo, Carl Pray, Stuart J. Smyth, Agustín Torroba, Justus Wesseler, David Zilberman, Juan F. Martínez
Coordinación editorial: Hugo Chavarría, Juan Fernando Martínez y Eduardo Trigo
Corrección de estilo: Miroslava González y Olga Patricia Arce
Diagramado: Nadia Cassullo
Diseño de portada: Nadia Cassullo
Impresión: Imprenta del IICA

Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, C.R.: IICA, 2021
35 p.; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9248-915-1
Publicado también en inglés

1. Bioeconomía 2. Sistemas alimentarios
3. Desarrollo sostenible 4. Innovación. 5. Desarrollo rural.
6. Seguridad alimentaria I. IICA II. Título III

AGRIS
P06

DEWEY
338.19

San José, Costa Rica
2021

Tabla de contenido

1	Presentación	4
2	Introducción	5
3	Bioeconomía: conceptos y contribuciones a los ODS	6
	Aspectos conceptuales de la bioeconomía	6
	Contribuciones de la bioeconomía a los ODS	8
4	Contribuciones de la bioeconomía a la transformación de los sistemas alimentarios	11
	Los sistemas alimentarios sostenibles	11
	Vías de acción para transformar los sistemas alimentarios	12
	Potencialidades de la bioeconomía para transformar los sistemas alimentarios de ALC.	13
	1. Ganancias en eficiencia y sostenibilidad en los procesos de los sistemas alimentarios gracias a la convergencia tecnológica	14
	2. Posibilidad de transformar los territorios rurales para generar ingresos, empleo y desarrollo	17
	3. Potencial de las nuevas tecnologías para un mejor aprovechamiento de los recursos de los sistemas alimentarios a través de la agregación de valor en cascada	20
	4. Promoción del mejoramiento en la nutrición y en la salud	23
	5. Contribución a la sostenibilidad ambiental y la resiliencia climática	25
5	La agenda pendiente para impulsar el rol transformador de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de ALC	30
	Retos y tareas pendientes	30
6	Referencias bibliográficas	36

1

Presentación

El presente documento pretende ser un instrumento de reflexión y análisis dirigido a las audiencias globales y regionales que pueden incidir en el fortalecimiento y transformación de los sistemas alimentarios de América Latina y el Caribe (ALC) como son los gobiernos nacionales y regionales, los organismos de cooperación internacional, las agencias de desarrollo, la banca multilateral y donantes, entre otros.

Este material forma parte del proceso de diálogos y construcción de propuestas de acción que está liderando el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) en la región, de cara a la Cumbre de los Sistemas Alimentarios que se realizará en el presente año.

El documento contó con aportes valiosos de diversas personas y organizaciones durante las diferentes etapas de su desarrollo. Quisiéramos reconocer a los colaboradores de este material el tiempo y conocimientos aportados en el contenido de este.

La elaboración del presente documento ha estado coordinada por Hugo Chavarría (IICA) y, además, han participado en su elaboración Eduardo Trigo (IICA), Carl Pray (Rutgers the State University of New Jersey), Stuart J. Smyth (University of Saskatchewan), Agustín Torroba (IICA), Justus Wesseler (Wageningen University & Research), David Zilberman (University of California at Berkeley), Juan F. Martínez (Consultor del IICA).

Se agradece la edición técnica de Marcelo Regunaga, Miroslava González y Rafael Aramendis (SURICATA SAS), así como los comentarios y retroalimentación de Pedro Rocha, Marvin Blanco, Caio Rocha, Daniel Rodríguez, Joaquín Arias, Diego Montenegro, Santiago Vélez, Carlos Menéndez, Eugenia Salazar y Luis Morán (todos del IICA) y Roberto Bisang (Argentina), Carlos Pomareda, Guy Henry (CIRAD), Guillermo Anlló (UNESCO) y Lucía Pitaluga.

Asimismo, agradecemos los aportes que realizaron los 78 especialistas que participaron en el Diálogo Independiente de la Cumbre “La bioeconomía y la transformación de los sistemas alimentarios de ALC” que organizó el IICA junto al Consorcio Internacional de Investigación en Biotecnología Aplicada (ICABR), la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD), Allbiotech y Suricata. Las contribuciones generadas en ese encuentro fueron de gran utilidad para enriquecer el presente documento.

2

Introducción

El presente documento tiene como objetivos identificar, analizar y visibilizar el papel que puede desempeñar la bioeconomía en el fortalecimiento y la transformación de los sistemas alimentarios, particularmente en ALC. Para alcanzar los objetivos planteados, el material se integra en los siguientes tres grandes temas:

- 1.** Bioeconomía: conceptos y contribuciones a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).
- 2.** Contribuciones de la bioeconomía a la transformación de los sistemas alimentarios.
- 3.** La agenda pendiente para impulsar el rol transformador de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de ALC.

En la primera sección, se analiza el concepto de la bioeconomía, sus impulsores y su relación con otros enfoques de desarrollo sostenible; asimismo, se abordan los aportes de la bioeconomía a los ODS de la Agenda 2030.

El segundo apartado —el de mayor desarrollo de todo el documento— hace énfasis en las potencialidades de la bioeconomía para incrementar la eficiencia, el agregado de valor y la sostenibilidad en los procesos del sistema alimentario, transformar los territorios rurales, potenciar un mejor aprovechamiento de los recursos, mejorar la nutrición y la salud e incrementar la sostenibilidad ambiental y la resiliencia frente a los eventos climáticos y de otra índole.

El documento cierra con una tercera sección donde se analizan los retos, desafíos y la agenda pendiente en materia bioeconómica, de manera que ALC pueda aprovechar al máximo el potencial de transformación de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de la región.

3

Bioeconomía: conceptos y contribuciones a los ODS

En este apartado, se analiza el concepto de la bioeconomía, así como su relación con otros enfoques económicos (economía circular y economías verde) y con los ODS de Agenda 2030.

Aspectos conceptuales de la bioeconomía

La definición más ampliamente reconocida de bioeconomía se propuso en la Cumbre Mundial de Bioeconomía en el 2018: bioeconomía es la producción, utilización y conservación de los recursos biológicos, incluidos los conocimientos relacionados, la ciencia, la tecnología y la innovación, para proporcionar información, productos, procesos y servicios a todos los sectores económicos, con el objetivo de avanzar hacia una economía sostenible (IACGB 2020).

Como enfoque de desarrollo sostenible, el concepto de bioeconomía surge en el contexto de la época actual, impulsado por diversos factores como los que se muestran en la figura 1.

■ FIGURA 1. PRIMEROS IMPULSORES DE LA BIOECONOMÍA



El concepto de bioeconomía también es impulsado por otras variables científico-tecnológicas propuestas por Krüger *et al.* (2020), Torres-Giner *et al.* (2020) y van Dijk *et al.* (2021). Estas variables se citan a continuación:

- Los avances en la investigación y el desarrollo en el campo de las ingenierías y las ciencias biológicas.
- Las tecnologías de la cuarta revolución industrial.
- La ciencia y tecnología de los materiales (la nanotecnología, por ejemplo) y
- la digitalización (las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el internet de las cosas (IdC), por ejemplo).

Todos los elementos anteriores son impulsores para aprovechar la biomasa primaria y residual (desechos agrícolas y alimentarios), no solo para aumentar el reciclaje y acortar las cadenas de suministro, sino también como materia prima alternativa para producir combustibles/energía, sustancias químicas, bioplásticos y productos farmacéuticos, entre otros muchos (Usmani *et al.* 2021). Se espera que las futuras innovaciones en la bioeconomía, como la biología sintética, los nuevos cultivos fijadores de nitrógeno, los nanofertilizantes, etc. (Herrero *et al.* 2020) generen mayores impactos positivos en la sostenibilidad (Biber-Freudenberger *et al.* 2020).

La bioeconomía presenta similitudes y diferencias frente a otros conceptos que también son considerados enfoques de desarrollo sostenible, como la economía circular y la economía verde (D’Amato *et al.* 2017).

■ CUADRO 1. SIMILITUDES Y DIFERENCIAS ENTRE LA BIOECONOMÍA Y OTROS ENFOQUES DE DESARROLLO SOSTENIBLE

VARIABLE	BIOECONOMÍA	ECONOMÍA CIRCULAR	ECONOMÍA VERDE
Reducción de gases de efecto invernadero (GEI)	●	●	●
Eficiencia en uso de energía	●	●	●
Eficiencia en uso de materiales	●	●	●
Preservación de los recursos naturales	●	●	●
Consumo responsable	●	●	●
Inclusión social	●	●	●
Enfoque científico y tecnológico	●		
Innovación y transformación (estructuras productivas)	●		

Sobre las diferencias que se indican en el cuadro 1, el enfoque científico y tecnológico de la bioeconomía permite tener un conocimiento profundo de los recursos naturales, de los ecosistemas y de los servicios que estos prestan; asimismo, la capacidad para innovar y transformar posibilita incidir en las estructuras productivas, lo cual incluye el uso del conocimiento para el procesamiento y la creación de cadenas de agregación de valor en cascada (que apuntan al máximo valor posible). Estas potencialidades para el desarrollo podrían expresarse en:

- Generación de mejores empleos, ingresos y nuevos encadenamientos productivos.
- Mayor seguridad alimentaria.
- Sostenibilidad ambiental y mitigación - adaptación al cambio climático.
- Mejoras en la competitividad del agro y los territorios rurales.

Este potencial productivo, comercial y social de la bioeconomía (particularmente en las zonas rurales) ya está evidenciado y analizado en diversos estudios realizados alrededor del mundo. Por ejemplo, en el 2017, la bioeconomía generó en Argentina más de 2,47 millones de empleos directos (Coremberg 2019) y en Colombia se espera que genere 2,5 millones de nuevos empleos en los sectores de la bioeconomía a partir de la estrategia nacional recién lanzada (Gobierno de Colombia 2020).

Contribuciones de la bioeconomía a los ODS

Dadas las oportunidades que ofrece la bioeconomía, las políticas e instrumentos que la promuevan permitirían apoyar la especialización inteligente de los territorios agrícolas y rurales, además de solventar los retos contemplados en los ODS de la Agenda 2030. Con esto se lograrían disminuir las desigualdades locales y se potenciaría la generación de oportunidades con anclaje territorial basado en un enfoque de sostenibilidad.

La utilización de los indicadores de los ODS en el seguimiento y la evaluación de la bioeconomía han demostrado vínculos entre esta y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Calicioglu *et al.* 2021). En un análisis de las estrategias nacionales de bioeconomía, se identificaron diferentes ODS pertinentes en materia de bioeconomía, por ejemplo:

- La economía basada en productos biológicos puede desempeñar un papel fundamental en la descarbonización del planeta (ODS 13: acción por el clima), en la producción de bioinsumos agrícolas y alimentos saludables y en la intensificación sostenible de la producción agrícola (ODS 2: hambre cero, ODS 3: salud y bienestar y ODS 15: vida de ecosistemas terrestres).
- Además, el cierre de los ciclos de producción mediante el uso de biomasa residual mejora los indicadores de producción sostenible (ODS 12: producción y consumo responsables y ODS 11: ciudades y comunidades sostenibles).

- Otra contribución de este nuevo paradigma es el diseño de biomateriales y la generación de diferentes tipos de bioenergía (ODS 9: industria, innovación e infraestructura y ODS 7: energía accesible y no contaminante), que ayudan a generar nuevos puestos de trabajo (ODS 8: trabajo decente y crecimiento económico) y promueve el ODS 17 para potenciar alianzas y acuerdos de cooperación internacional en ciencia y tecnología (CyT).

El enfoque de la bioeconomía como modelo de desarrollo que permite cumplir los ODS relacionados con la seguridad alimentaria y la nutrición, la salud y el bienestar, y el agua limpia y el saneamiento, Baumol et al. 1982, se analiza en el cuadro 2.

■ CUADRO 2. CONTRIBUCIONES POTENCIALES DE LA BIOECONOMÍA A LOS ODS

CONTRIBUCIÓN POTENCIAL	ODS QUE CONTRIBUYE
Modelos productivos que aprovechan la ciencia y la tecnología para usar de forma sostenible y eficiente los recursos biológicos, a fin de producir localmente sustitutos de los productos petroquímicos (por ejemplo, bioenergías, biofertilizantes o bioplásticos) o satisfacer las demandas de los nuevos consumidores (verbigracia, alimentos funcionales o biocosméticos).	<p>ODS 2: hambre cero ODS 3: salud y bienestar ODS 7: energía asequible y no contaminante ODS 9: industria, innovación e infraestructura ODS 13: acción por el clima</p>
Uso de prácticas productivas que contribuyen a la sostenibilidad y la resiliencia ambiental, mientras se agrega productividad y eficiencia.	<p>ODS 13: acción por el clima ODS 15: vida de ecosistemas terrestres</p>
Sistemas de producción de economía circular, por medio de la utilización productiva de biomasa de desecho derivada de los procesos de producción y consumo.	<p>ODS 11: ciudades y comunidades sostenibles ODS 12: producción y consumo responsables</p>
Desarrollo de productos, procesos y sistemas, a través de la reproducción de procesos y sistemas observados en la naturaleza.	<p>ODS 9: industria, innovación e infraestructura ODS 14: vida submarina ODS 15: vida de ecosistemas terrestres</p>

<p>Biorremediación para enfrentar problemas de contaminación ambiental (por ejemplo, la recuperación de suelos degradados o contaminados y el tratamiento de aguas para consumo humano y de desecho).</p>	<p>ODS 6: agua limpia y saneamiento ODS 15: vida de ecosistemas terrestres</p>
<p>Incremento en la densidad económica de los territorios rurales, a partir de nuevos procesos de industrialización y el uso local de la biomasa para la generación de energías, bioproductos y bioservicios.</p>	<p>ODS 7: energía asequible y no contaminante ODS 8: trabajo decente y crecimiento económico</p>

Fuente: Chavarría *et al.* 2020.

Es importante aclarar lo siguiente: a) no todos los beneficios de los ODS son exclusivamente atribuibles a la bioeconomía, pues muchas otras áreas económicas, sociales y ambientales también son concurrentes a los fines de los ODS y b) algunos condicionantes de orden económico/financiero, capacidad institucional y del recurso humano, regulaciones y normativas permitirán que los beneficios de la bioeconomía impacten positivamente a los ODS.

4

Contribuciones de la bioeconomía a la transformación de los sistemas alimentarios

En este apartado, se describen los aportes y las potencialidades de la bioeconomía para incrementar la eficiencia, el agregado de valor y la sostenibilidad en los procesos del sistema alimentario; así como para transformar los territorios rurales, potenciar un mejor aprovechamiento de los recursos, mejorar la nutrición y la salud e incrementar la sostenibilidad ambiental y la resiliencia a los eventos climáticos y de otra índole.

Los sistemas alimentarios sostenibles

Un sistema alimentario sostenible es aquel que garantiza la seguridad alimentaria y la nutrición de todas las personas sin poner en riesgo las bases económicas, sociales y ambientales de las futuras generaciones (FAO s.f.).

■ FIGURA 2. EL SISTEMA ALIMENTARIO SOSTENIBLE



ES RENTABLE



Garantiza la sostenibilidad económica



OFRECE BENEFICIOS SOCIALES



Asegura la sostenibilidad social



NO AFECTA LOS RECURSOS NATURALES



Salvaguarda la sostenibilidad social

Fuente: Elaborado con base en FAO (s.f.).

Cada vez más se hace necesario transitar hacia sistemas alimentarios más sostenibles y equitativos; esta transformación implica proporcionar alimentos sanos y nutritivos y, a la vez, generar oportunidades de subsistencia y reducir los impactos negativos sobre el ambiente o los recursos naturales (von Braun *et al.* 2020).

Vías de acción para transformar los sistemas alimentarios

En línea con la transformación hacia sistemas alimentarios más sostenibles y equitativos, la Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció cinco vías de acción (5VA) (cuadro 3) que pretenden direccionar la discusión global y servir de base para la construcción participativa de propuestas.

■ CUADRO 3. VÍAS DE ACCIÓN PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS

VÍA DE ACCIÓN	PROPÓSITO
 <p>Vía de acción 1 Garantizar el acceso a alimentos sanos y nutritivos para todos</p>	Poner fin al hambre y a todas las formas de malnutrición, reducir la incidencia de las enfermedades no transmisibles y posibilitar que todas las personas estén alimentadas y sanas.
 <p>Vía de acción 2 Adoptar modalidades de consumo sostenibles</p>	Fomentar la demanda de los consumidores de alimentos producidos de manera sostenible, fortalecer las cadenas de valor locales, mejorar la nutrición y promover la reutilización y el reciclado de los recursos alimentarios, especialmente entre los más vulnerables
 <p>Vía de acción 3 Impulsar la producción favorable a la naturaleza</p>	Optimizar el uso de los recursos ambientales en la producción, el procesamiento y la distribución de alimentos y reducir así la pérdida de biodiversidad, la contaminación, el uso del agua, la degradación del suelo y las emisiones de gases de efecto invernadero.
 <p>Vía de acción 4 Promover medios de vida equitativos</p>	Contribuir a eliminar la pobreza mediante la promoción del empleo pleno, productivo y decente para los agentes de la cadena de valor de los alimentos, reducir los riesgos para los más pobres y fomentar el emprendimiento y la lucha contra las desigualdades.



Vía de acción 5

Crear resiliencia ante las vulnerabilidades, las conmociones y las tensiones

Asegurar la funcionalidad ininterrumpida de sistemas alimentarios sostenibles en zonas propensas a conflictos o desastres naturales, así como promover la acción mundial para proteger los suministros de alimentos de los efectos de las pandemias.

Fuente: Elaboración propia con base en la ONU (s.f.).

De acuerdo con el cuadro 3, la bioeconomía tiene un enorme potencial de contribución en cada una de las vías de acción para transformar los sistemas alimentarios. Estas posibilidades son abordadas en el siguiente apartado.

Potencialidades de la bioeconomía para transformar los sistemas alimentarios de ALC

En el caso de ALC, el potencial de la bioeconomía para apoyar la transformación de los sistemas alimentarios está condicionado por la riqueza biológica de la región, la estructura productiva, industrial y comercial, las capacidades técnico-científicas y las condiciones socioeconómicas de los territorios rurales. A partir de los elementos anteriores, la figura 3 muestra las principales potencialidades de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios de ALC.

FIGURA 3. POTENCIALIDADES DE LA BIOECONOMÍA PARA TRANSFORMAR LOS SISTEMAS ALIMENTARIOS DE ALC¹



Fuente: Elaboración propia.

1. Se debe tener presente el rol fundamental que desempeña el conocimiento científico y tecnológico para avanzar en la implementación de la bioeconomía como modelo de desarrollo en los sistemas alimentarios de la región, para lo cual se puede optar por las siguientes acciones: a) desarrollar esquemas diferentes para trabajar los recursos naturales y el conocimiento asociado; b) diseñar y aplicar nuevas formas para aumentar, fortalecer, maximizar y promover el conocimiento científico y tecnológico alrededor de estos recursos; y b) hallar consenso entre las dos visiones anteriores, puesto que no son excluyentes.

En los siguientes subtemas se profundizan los alcances de las potencialidades de la bioeconomía para transformar los sistemas alimentarios de ALC, así como su vinculación con las vías de acción explicadas en la sección anterior.

1. Ganancias en eficiencia y sostenibilidad en los procesos de los sistemas alimentarios gracias a la convergencia tecnológica²

Históricamente, la agricultura de ALC ha sido motor de desarrollo interno y hoy es protagonista en los mercados internacionales; sin embargo, la estructura productiva y comercial de la agricultura de la región ha estado basada en *commodities* agrícolas, desaprovechando una gran parte de la biomasa generada. En el 2019, las exportaciones agroalimentarias de ALC —según su valor— se comportaron como sigue (ITC 2021):

- 45 % fueron productos primarios agrícolas (capítulos 06, 07, 08, 09, 10, y 12 del HS).
- 21 % correspondió a productos primarios de ganadería (capítulos 01, 02, 03, 04, y 05 del HS).
- Solamente el 34 % de las exportaciones agroalimentarias tenía algún nivel de agregación de valor (capítulos 11 y del 15 al 24 del HS) (ITC 2021).

Es indudable que el uso de nueva CyT para agregar valor a los recursos biológicos conduce a mercados más rentables y sostenibles. Cingiz *et al.* (2021) muestran los vínculos entre los diferentes sectores de la bioeconomía y estiman que estos contribuyen entre 30 % y 50 % al valor agregado total de la bioeconomía. Lo anterior se puede observar en indicadores como los siguientes:

- Los productos básicos de la agricultura (granos oleaginosos, harinas y el aceite vegetal, azúcar, cereales), que son base fundamental de las exportaciones agroalimentarias de ALC, crecieron a tasas anuales inferiores a 4,45 % en la última década (Betancur *et al.* 2018).



DATOS CLAVE DE LA AGRICULTURA ALC

- En 2019, aportó el 4,7 % del PIB y el 14 % de los empleos de la Región (Banco Mundial 2021).
- En 2019, participó con el 14,3 % del valor de las exportaciones de productos agroalimentarios de todo el mundo (OMC 2021).
- Ocupó los primeros lugares en la exportación de frutas tropicales, café, raíces y tubérculos, oleaginosas, cereales y carnes, entre otros (OMC 2021).

2. Contribuye con las vías de acción 1, 3 y 5.

- Los biocombustibles, los bioplásticos y los biofertilizantes (sectores de base biológica con mayor agregación de valor) crecieron a una tasa anual de 25 %, 20 % y 14 %, respectivamente, en los últimos cinco años (Betancur et al. 2018).

Es prioritario reducir las altas brechas e inequidades en los rendimientos agrícolas presentes no solo entre los países de ALC, sino también al interior de los mismos países. Para ello, se requiere conjugar el conocimiento científico y tecnológico proveniente de campos diversos como la biología, las tecnologías de la cuarta revolución industrial y las ingenierías, entre otras, para reposicionar el papel que desempeñan los recursos biológicos y mejorar la capacidad para comprender y aprovechar plenamente las oportunidades que estos ofrecen.

El incremento de los conocimientos en CyT aumenta la eficiencia y la productividad, lo cual resalta el valor intrínseco potencial de los procesos naturales y biológicos (IACGB 2020). Algunos impactos de la CyT son los siguientes (Lokko et al. 2018, Malyska et al. 2018, Akutse et al. 2020):

- Aumenta la productividad de la biomasa (incluidos los desechos y residuos) y desarrolla nuevos bioproductos de alto valor agregado como los nutraceuticos, la bioenergía y otros materiales biológicos utilizados por las industrias cosmética, farmacéutica y química, entre otras.
- Genera una gama de nuevos servicios y otorga un mayor valor a la biodiversidad como, por ejemplo, la gestión integrada de plagas basada en nuevos pesticidas y fertilizantes biológicos.

El impacto de estas tendencias es mayor porque —al interactuar entre sí— las diferentes disciplinas (la biología, la biotecnología, la química, la nanotecnología, la ciencia de los datos, las TIC, la ingeniería, la reproducción, la salud y otras) impulsan el progreso de cada campo específico (MIT 2005, Park 2017). A través de esta convergencia tecnológica, por ejemplo, la bioeconomía incide en la mejora de la productividad y la sostenibilidad de los recursos biológicos por medio de:

- El desarrollo de variedades de plantas y animales resistentes a las enfermedades y plagas.
- Los desarrollos en el conocimiento de los suelos y de su microbiología, que brindan alternativas en el uso eficiente de los insumos a partir de la agricultura de precisión.



DATOS CLAVE DE LA AGRICULTURA ALC

Brechas en rendimientos agrícolas entre países (FAO 2020):

- Café: entre 0,2 y 1,9 t/ha
- Arroz: 0,9 y 8,6 t/ha
- Caña de azúcar: entre 20 y 129 t/ha
- Maíz: entre 0,8 y 11,9 t/ha
- Trigo: entre 15 y 5 t/ha

En agricultura familiar, los rendimientos pueden representar menos del 50 % de los rendimientos de la agricultura comercial (CEPAL et al. 2014).

En paralelo, la convergencia tecnológica entre las TIC y la digitalización contribuye a una visión renovada y modernizada de los sistemas alimentarios, de las cadenas de valor agregado y del comercio internacional.

Las TIC y la digitalización tienen el potencial de aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de las cadenas de suministro agrícolas y alimentarias, así como las nuevas formas de industrialización de la biomasa. Es necesario mencionar que —en todos los casos— el uso de estas tecnologías (figura 4) debe ser ético.

■ FIGURA 4. EJEMPLOS DE NUEVAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN LA AGRICULTURA

	<p>Big data: maneja grandes volúmenes de datos de diversas fuentes para establecer análisis predictivos que permiten tomar decisiones más acertadas en campo.</p>
	<p>Block chain: posibilita la operación de sistemas de trazabilidad para productos agropecuarios y alimenticios a lo largo de las diferentes cadenas de valor agrícola y permite efectuar seguimientos adecuados en el uso de residuos y desechos.</p>
	<p>Inteligencia artificial: permite monitorear suelos y cultivos y generar algoritmos de procesos de información y modelos de aprendizaje.</p>
	<p>Sensores remotos: capturan por vía aérea, satelital o terrestre información de los cultivos a través del tiempo.</p>
	<p>Geolocalización: mediante sensores remotos, determinan capas de información variables de una determinada área o terreno (GPS, SIG).</p>
	<p>Robótica: permite automatizar tareas y procesos de campo; además, desarrolla y aplica equipos autónomos para ciertas actividades agrícolas.</p>
	<p>Internet de las cosas: recolecta información climática, ambiental o agronómica y la envía a sistemas de procesamiento y análisis de datos para apoyar la toma de decisiones en el campo.</p>

Fuente: Elaboración propia con base Aramendis et al. (2018).

Independientemente del tipo de tecnología que se adopte y de los fines con los cuales se haga, este es un proceso que se da por etapas y que está condicionado por múltiples factores, donde las habilidades digitales y el nivel educativo de los agricultores, así como el tipo de agricultura y la forma de inserción en los mercados desempeñan un papel fundamental. Algunos ejemplos relevantes de aplicaciones comerciales de estas tecnologías en ALC son las siguientes (Aramendis y Rodríguez 2021):

- **EIWA** (Argentina): usa plataformas digitales para la selección de fenotipos a campo abierto que cubren el ciclo completo de breeding, desarrollo y marketing.
- **SPACE AG** (Perú): combina datos capturados por drones e imágenes satelitales y crea mapas digitales de las diferentes zonas de cultivo.
- **I CROP** (Brasil): mediante software asociados a redes meteorológicas, sensores remotos y monitores de irrigación, optimizan el uso del agua y el costo de la energía.
- **AIMIRIN** (Brasil): desarrolla inteligencia artificial para la simulación, control y automatización de procesos de combustión del bagazo de la caña de azúcar para energía eléctrica.
- **AGREE MARKET** (Argentina): plataforma global de trading de productos básicos agrícolas que permite a los usuarios comprar o vender en su dispositivo móvil o de escritorio.

Es evidente que la región camina hacia una agricultura de precisión, digital e inteligente que, junto con otras tecnologías, se propone aumentar el valor y la eficiencia de las cadenas agroalimentarias.

2. Posibilidad de transformar los territorios rurales para generar ingresos, empleo y desarrollo³

Una de las cuestiones clave en torno al potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios de ALC proviene de las implicaciones de pasar de cadenas de valor basadas en recursos fósiles a cadenas de base biológica.

3. Contribuye con las vías de acción 4 y 5.

■ CUADRO 4. CARACTERÍSTICAS DE LAS CADENAS DE VALOR BASADAS EN RECURSOS FÓSILES Y DE BASE BIOLÓGICA

CADENAS DE VALOR BASADAS EN RECURSOS FÓSILES	CADENAS DE VALOR DE BASE BIOLÓGICA
<ul style="list-style-type: none"> • Las materias primas fósiles son relativamente homogéneas. • Las materias primas se extraen en grandes volúmenes de unos pocos yacimientos muy productivos que se ubican en zonas limitadas. • La materia prima se transforma en materiales para los sectores energético, químico y de la construcción, a través de infraestructuras industriales y logísticas de gran escala. 	<ul style="list-style-type: none"> • El carbono biológico (la biomasa) proviene de un contexto muy descentralizado y de amplia cobertura territorial, debido a la naturaleza diversa de la agricultura, la ganadería, la pesca y la producción forestal. • Debido a sus grandes volúmenes, a su limitada vida útil y a su baja densidad energética y de carbono, no resulta económico transportar la biomasa a largas distancias antes de procesarla • Lo poco conveniente de transportar la biomasa exige que las biorrefinerías se organicen de forma descentralizada, en lugares cercanos a las zonas productoras de las materias primas. • Las biorrefinerías no requieren la gran escala que exigen las refinerías de los recursos fósiles.

Fuente: Elaboración propia.

Estas características de las cadenas de valor de base biológica son las que promueven un aumento de la “densidad” económica de los territorios rurales, lo que a su vez genera una transformación significativa del entorno rural y una mayor integración en su economía local.

En primer lugar, las cadenas de valor de base biológica aportan nuevas actividades –biorrefinerías y otras infraestructuras industriales y logísticas– al contexto económico rural, lo cual agrega valor local y diversifica las fuentes de ingresos y las oportunidades de empleo disponibles. La mayor densidad económica genera mayores oportunidades para los territorios rurales de ALC, altamente impactados por situaciones de bajos ingresos, desempleo, informalidad (76 % de los ocupados), pobreza (45 %, dos o tres veces más que las tasas urbanas) y exclusión.

El uso de la biomasa en las nuevas industrias incrementa las oportunidades económicas, tanto para los sectores agrícolas como para los no agrícolas de la región (generan el 58 % de los ingresos de los territorios rurales) (OIT 2020).

Una mayor densidad económica facilita la integración de los pequeños productores de la región a los desarrollos resultantes de los mercados locales y les brinda oportunidades de inclusión en los nuevos clústeres bioeconómicos. Asimismo, esta densidad podría retener a los jóvenes rurales en su lugar de origen.

Un segundo componente estratégico de la bioeconomía como elemento transformador de los sistemas alimentarios de ALC está dado por las implicaciones de una mayor disponibilidad local de energía a precios competitivos para la atracción de otras actividades económicas, más allá de las de la cadena de valor de base biológica propiamente dichas. En este sentido, hay muchas experiencias de cómo en el pasado la electrificación rural desencadenó procesos de desarrollo local (Riva 2020).

Hay antecedentes de producción local de bioenergías en diversos países de ALC que han viabilizado el desarrollo de otras actividades productivas, así como el acceso a las comunicaciones (Internet) y a un mejor nivel de vida brindado por la energía eléctrica (Regúnaga *et al.* 2019). Las bioenergías podrían reducir el costo mediante la descentralización de las costosas redes energéticas (un obstáculo continuo para muchas zonas rurales, en particular en los países más pobres). También podría mejorar el desempeño ambiental mediante un uso más integral de la biomasa residual (Tamburini *et al.* 2020).

El suministro de energía accesible y estable —cuya ausencia constituye una restricción crítica para el incremento en la eficiencia y la sostenibilidad de los sistemas alimentarios— es ofrecido de manera creciente por la bioeconomía a través de opciones que no son competitivas frente a la producción de alimentos (Gabashwediwe *et al.* 2019). Además, en una región cada vez más interconectada, las redes de bioeconomía emergentes (valor agregado, diversificación energética y productiva) son una estrategia viable para revertir las condiciones que alimentan la emigración rural y para hacer a las zonas rurales más competitivas para el desarrollo social y económico (Hartley *et al.* 2019).



DATOS CLAVE DE LA AGRICULTURA ALC

- ALC concentra 50 % de los puestos de trabajo generados por el sector de los biocombustibles en el ámbito mundial. Brasil lidera el ranking al emplear a más de 832 000 personas (Torroba 2020b).
- En ALC, el sector rural concentra más de 30,9 millones de jóvenes con edades comprendidas entre 15 y 29 años. De estos 9,6 millones trabajan en el sector agrícola.

3. Potencial de las nuevas tecnologías para un mejor aprovechamiento de los recursos de los sistemas alimentarios a través de la agregación de valor en cascada⁴

En la primera potencialidad, se destacan las nuevas tecnologías de la bioeconomía para incrementar la productividad y la seguridad alimentaria al hacer un uso eficiente y amigable de los recursos naturales. A esto se adicionan los componentes resultantes del uso integral de toda la producción de biomasa que se describen a continuación.

El aprovechamiento integral y eficiente de toda la producción de biomasa para obtener biomateriales contribuye a reducir la emisión de GEI, así como a agregar valor en cascada, generar nuevos empleos (e ingresos) y colaborar a que los sistemas alimentarios sean más inocuos y productivos. Como se observa en el cuadro 5, son diversos los coproductos que genera el craqueo de la biomasa.

■ CUADRO 5. COPRODUCTOS GENERADOS MEDIANTE EL CRAQUEO DE LA BIOMASA

	<p>Biomateriales energéticos</p> <p>Se refiere a los biocombustibles líquidos, sólidos y gaseosos que —bajo el término “bioenergías”— representan el 10 % del suministro mundial de energía primaria (AIE 2019).</p>
	<p>Alimentos para consumo humano y animal:</p> <p>Productos destinados a la alimentación animal y humana (harinas proteicas, tortas de presión, bagazo, granos secos/húmedos de destilería con sustancias solubles, proteínas texturizadas, etc.).</p>
	<p>Productos con alto valor agregado:</p> <p>Existe una amplia gama de productos con alto valor agregado que son procesados por las industrias farmacéutica alcoquímica y oleoquímica, entre otras.</p>

Fuente: Elaboración propia.

4. Contribuye con las vías de acción 1, 3, 4 y 5.

El craqueo eficiente e integral de la biomasa da lugar a la industria “multiproducto” (Baumol *et al.* 1982), donde la producción de coproductos permite diversificar, complementar y distribuir los costos y lograr que el sistema sea más eficiente. En paralelo, se genera un sistema alimentario más seguro y con mayor resiliencia, ya que los biocombustibles constituyen una reserva de materias primas que se puede utilizar como alimento en casos de crisis o de pérdidas de cosechas y los bioinsumos (fertilizantes biológicos) permiten reducir la dependencia del mercado de insumos de origen fósil.

Además, debido a la estabilidad de la demanda de materias primas que genera la industria de los biocombustibles (en especial en aquellos cultivos plurianuales), los productores de cultivos de ALC han incrementado y podrían incrementar aún más sus canales de ventas, lo cual permitiría ampliar el suministro de materias primas involucradas en el proceso. Actualmente, la proporción de la producción de ciertos cultivos destinada a biocombustibles es superior en ALC con respecto a los porcentajes mundiales.

■ CUADRO 6. PROPORCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ALGUNOS CULTIVOS DESTINADA A LOS BIOCOMBUSTIBLES

CULTIVO	PORCENTAJE MUNDIAL	PORCENTAJE DE ALC
MAÍZ	16 %	2 %
CAÑA DE AZÚCAR	20 %	43 %
ACEITE DE SOJA	19 %	31 %
ACEITE DE PALMA	16 %	13 %

Fuente: Elaborado con base en Torroba (2020a).

El desarrollo y el fortalecimiento de la industria de los biocombustibles pueden ser beneficiosos para los agricultores de ALC, por ejemplo:

- Se puede reorientar la materia prima de los cultivos (en particular de los plurianuales) hacia esa industria cuando los precios de los *commodities* agrícolas resulten poco atractivos.
- Esta industria genera una demanda diversificada de materias primas, cuyo posible impacto positivo en los precios puede promover mejoras en las condiciones de vida de los agricultores de ALC (de los cuales 60 millones dependen directamente del sector).
- La diversificación en las exportaciones de *commodities* agropecuarios —mediante la exportación de biocombustibles— reduce la vulnerabilidad de algunos países de ALC que concentran sus exportaciones en pocos productos primarios (Argentina, por ejemplo).

La productividad del sector de los biocombustibles —base del *craqueo* integral de la biomasa— ha mejorado con el tiempo. Esto puede tener efectos muy positivos en el resto de los procesos del sistema alimentario. En Brasil, por ejemplo, el costo de producir etanol de caña de azúcar se redujo en 70 % entre 1975 y 2010. Con los avances de la biotecnología, el costo de los biocombustibles y su impacto ambiental disminuirán y su valor agregado aumentará (Debnath *et al.* 2019).

Cabe destacar que el uso de los residuos en el *craqueo* integral de la biomasa —aprovechados en la producción de biocombustibles alternativos como biogás, biocombustibles avanzados, etc.— brinda mayor eficiencia en los sistemas alimentarios, pues permite transformar las pérdidas de materias primas o los residuos en energía de origen biológico.

Aramendis *et al.* (2019) señalan que el uso de la biomasa residual⁵ en las biorrefinerías puede provenir de diferentes fuentes como las siguientes:

- El sector agrícola (cultivos, basuras, frutas).
- La agroindustria alimentaria y alimenticia.
- La industria ganadera y de la crianza de animales (desechos de industria cárnica, láctea y de producción animal).
- Productos, subproductos y residuos forestales (desechos de industria primaria y secundaria de la madera, residuos y subproductos de la industria de celulosa y papel).
- Lodos provenientes del tratamiento de aguas servidas, domésticas e industriales.

De todas las fuentes mencionadas, se puede obtener una amplia gama de productos que van desde electricidad y calor, productos energéticos (biocombustibles, sólidos, líquidos y biogás), productos no energéticos (alimentos, piensos, fertilizantes, bioproductos, bioplásticos, bioadhesivos, biolubricantes, etc.) y productos bioquímicos vendidos como *commodities* o *buildings blocks* para posteriormente ser transformados como bioproductos (Aramendis *et al.* 2019).



DATOS CLAVE DE LA AGRICULTURA ALC

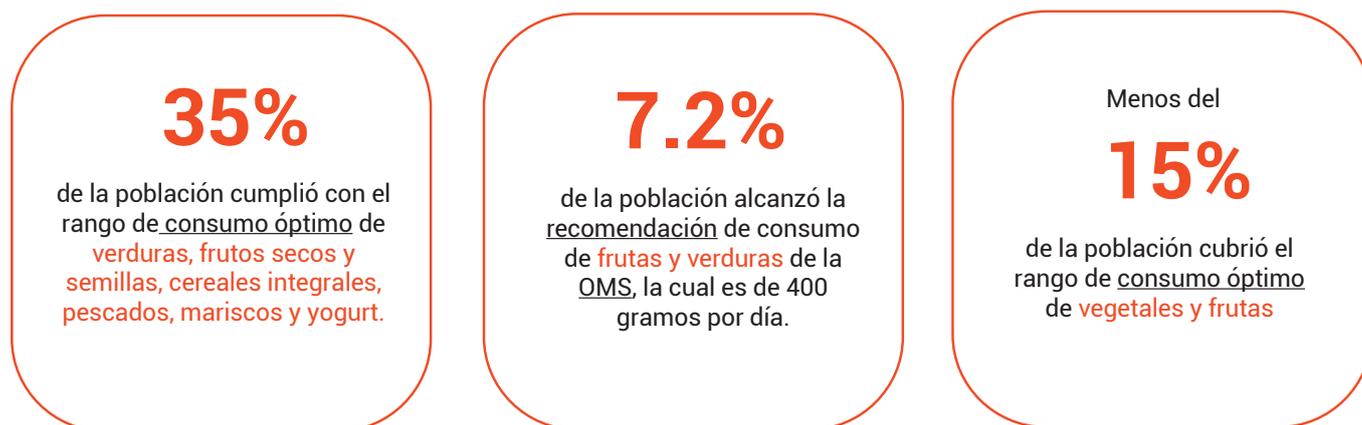
- Un caso relevante, digno de destacar, es el desarrollo e implementación de minidestilerías en fincas agropecuarias que permiten transformar el maíz en etanol para biocombustibles y burlanda para alimentación animal. Esto permite una reducción en la distancia de transporte y el consecuente incremento en la rentabilidad y sostenibilidad de los negocios de base agrícola en las pymes. Esta tecnología fue desarrollada y lanzada recientemente en Argentina (Rosenstein 2017).

5. A manera de ejemplo, el potencial de los residuos mundiales procedentes de la silvicultura, la agricultura y los desechos orgánicos es de 40 a 170 exajulios por año (EJ/año), con una estimación promedio de unos 100 EJ/año para el 2050 (IPCC 2012). En el 2006, los residuos biomásicos generados en Costa Rica tenían un contenido de energía de 60 354 terajulios, con lo cual era posible generar casi 635 MW de electricidad durante todo un año (FAO 2013).

4. Promoción del mejoramiento en la nutrición y en la salud⁶

Los resultados del Estudio Latinoamericano de Nutrición y Salud (ELANS), realizado sobre el consumo diario de diez grupos de alimentos en ocho países de ALC, muestran que la calidad de la ingesta de la dieta es deficiente para los grupos de alimentos ricos en nutrientes, lo que sugiere un mayor riesgo de enfermedades no transmisibles en la región urbana de la región en las próximas décadas. Esto indica que se deben tomar acciones urgentes de salud pública para mejorar el consumo de alimentos críticos, a fin de prevenir las enfermedades no transmisibles (ENT) (Kovalskys *et al.* 2019).

■ FIGURA 5. RESULTADOS DE ESTUDIO SOBRE CONSUMO DIARIO DE ALIMENTOS EN OCHO PAÍSES DE ALC



Fuente: Elaborado con base en Kovalskys *et al.* (2019).

Aunque ALC no tiene altos niveles de prevalencia de subnutrición, en la región todavía conviven algunos países —por ejemplo, Haití, Venezuela, Nicaragua, Bolivia y Honduras— donde más del 10 % de su población no puede adquirir alimentos suficientes para satisfacer las necesidades de energía alimentaria mínimas diarias durante un período de al menos un año (FAO 2018).

Especialmente en la infancia, el mejoramiento del contenido nutricional del consumo diario de ciertos alimentos tiene efectos cotidianos y de largo plazo, por ejemplo, de los macronutrientes (proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra) y micronutrientes (vitaminas, minerales y metabolitos funcionales), alimentos que

6. Contribuye con las vías de acción 1 y 2.

contribuyen a reducir los riesgos de ceguera por la falta de vitaminas (Wesseler *et al.* 2014, Dubock 2014). Asimismo, en el contenido de nutrientes de los alimentos —especialmente una mayor disponibilidad de minerales— fortalece el sistema inmunológico y reduce el retraso en el crecimiento (Wesseler *et al.* 2017). De esta manera, la bioeconomía puede brindar aportes sustanciales para lograr una mejor nutrición, una mejor salud y estilos de vida más saludables en ALC. Esto se puede alcanzar por múltiples vías como las que se mencionan en el cuadro 7. Las innovaciones en las tecnologías de fitomejoramiento podrían tener un alto im-

■ CUADRO 7. APORTES DE LA BIOECONOMÍA PARA UNA MEJOR NUTRICIÓN

VÍA DEL APORTE	DESCRIPCIÓN
Aplicación de tecnologías de fitomejoramiento convencionales y/o biotecnología moderna	Estas tecnologías están orientadas a aumentar la cantidad y calidad nutricional de los alimentos. Algunos ejemplos son: aumentar el contenido de las proteínas en canola, maíz, papa, arroz y trigo; mejorar los contenidos de aceites y ácidos grasos en canola, maíz, arroz y soja; mejorar los carbohidratos en maíz, papa, remolacha y soja; incrementar niveles de vitaminas en papa, arroz, fresa y tomate; e incrementar la disponibilidad de minerales en lechuga, arroz, soja, maíz y trigo (Newell-McGloughlin 2014).
Adopción de cultivos biofortificados	La adopción de estos cultivos incrementa la disponibilidad de micronutrientes (Hefferon 2014).
Diversificación de las dietas	Se refiere a la variación de la dieta como las basadas en microalgas e insectos que poseen un alto valor nutricional por sus contenidos de proteínas, ácidos grasos poliinsaturados, carbohidratos bioactivos y antioxidantes, incluidos pigmentos como carotenos, clorofilas y ficobiliproteínas (Melgar-Lalanne <i>et al.</i> 2019, Ordoñez-Araque <i>et al.</i> 2021 y Fernández <i>et al.</i> 2021).
Nuevas fuentes de alimentos	Desarrollo de nuevas fuentes de alimentos a partir de la valorización de estos.

Fuente: Elaboración propia.

pacto en la transformación de los sistemas alimentarios de ALC, ya que contribuirían a incrementar los ingresos de los hogares, reducir la pobreza y aumentar la seguridad alimentaria y nutricional (Klümper *et al.* 2014 y Subramanian *et al.* 2010).

La adopción de los cultivos genéticamente modificados o los obtenidos por nuevas técnicas de fitomejoramiento también mejoran la calidad de vida y la salud de agricultores y consumidores; por ejemplo, se ha documentado el control de malezas en el maíz genéticamente modificado (Gouse *et al.* 2016), la reducción

acumulada en 100 millones de intoxicaciones por plaguicidas en el cultivo de algodón genéticamente modificado en la India (Smyth 2020) y los beneficios para la salud a través de la reducción de micotoxinas cancerígenas, como las que se encuentran en el maíz GM (Pellegrino et al. 2018).

Además de ofrecer nuevos productos alimenticios que mejoran la nutrición y la salud, la bioeconomía promueve el descubrimiento y la valorización de rasgos funcionales de la biodiversidad local (genética de especies y ecosistemas). Por ejemplo, los sistemas agroforestales con árboles frutales autóctonos y alimentos forestales tradicionales pueden proporcionar los macro y micronutrientes necesarios para mejorar la seguridad alimentaria y nutricional (Chamberlain et al. 2020).

Todos estos elementos son fundamentales para la transformación de los sistemas alimentarios de una región que cuenta con 8 de los 15 países más megadiversos, el 50 % de la biodiversidad conocida, el 16 % de los recursos de agua marinos y el 23 % de los bosques del mundo (CEPAL et al. 2019). Todos estos procesos son acompañados por un creciente interés de los consumidores por productos naturales, tendencias de consumo que transforman los sistemas alimentarios y promueven nuevas cadenas de valor asociadas a la biodiversidad tropical y a otros ambientes de ALC.

En síntesis, las innovaciones de la biotecnología en los sectores de la agricultura y la alimentación tienen el potencial de transformar los sistemas alimentarios de ALC para lograr un mayor suministro de alimentos y una alimentación más nutritiva y saludable. Además, una mayor provisión de alimentos inocuos y nutritivos beneficia la salud durante toda la vida, lo que contribuye a reducir los gastos del sistema sanitario.

5. Contribución a la sostenibilidad ambiental y la resiliencia climática⁷

Las tecnologías e inversiones en la bioeconomía tienen el potencial de traer consigo ganancias ambientales sustanciales en los sistemas alimentarios, que pueden contribuir con las estrategias y los esfuerzos de los países de ALC dirigidos a mitigar el cambio climático e incrementar su resiliencia ambiental. Algunas de ellas se ilustran en la figura 6.

7. Contribuye con las vías de acción 3, 4 y 5.

■ FIGURA 6. APORTES BIOECONÓMICOS PARA LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL Y LA RESILIENCIA CLIMÁTICA



BIOENERGÍAS



APROVECHAMIENTO DE LA BIOMASA RESIDUAL



AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN



CULTIVOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS



SOLUCIONES BASADAS EN LA NATURALEZA

Fuente: Elaboración propia.

Las bioenergías y otros bioproductos

Se estima que las bioenergías mundiales generadas a partir de biomasa podrían ahorrar 1,3 Bt de emisiones de CO₂ equivalentes por año, al proporcionar 3000 teravattios-hora (TWh) de electricidad para el 2050 (Zihare *et al.* 2018). De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC 2012), el buen uso de la bioenergía puede reducir significativamente las emisiones de GEI, en comparación con los fósiles alternativos.

Dentro de las bioenergías, la producción de biocombustibles es una de las industrias con mayor potencial de aporte desde el punto de vista ambiental. Su contribución a la reducción de las emisiones estará en función de todo el ciclo de vida del producto (desde los rendimientos agrícolas de los cultivos utilizados hasta las tecnologías aplicadas durante el proceso de producción primaria e industrial).

Lo anterior ha quedado demostrado en países de ALC como Argentina, donde el biodiesel producido durante el período 2008 – 2018 permitió ahorrar emisiones de CO₂ equivalentes a las generadas por 5 millones de argentinos en un año o a las que hubieran fijado 186 000 ha de bosques (INTA 2018).

De la misma manera, los productos de base biológica no energéticos liberan menos GEI en comparación con los productos básicos de carbono fósil (Antar *et al.* 2021). Por ejemplo, debido a que durante su producción los bioplásticos

■ FIGURA 7. PLANTA DE BIOCOMBUSTIBLES



consumen menos energía que los plásticos derivados del petróleo, estos tienden a emitir menos dióxido de carbono en su ciclo de vida (Yadav *et al.* 2020).

Aprovechamiento integral de la biomasa residual

La reducción y el aprovechamiento de los residuos y desperdicios alimentarios es otro aspecto donde la bioeconomía ofrece la posibilidad de mejorar el desempeño ambiental de los sistemas alimentarios de la región. Anualmente en ALC se generan más de 127 millones de toneladas de desperdicios de alimentos, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades nutricionales de 300 millones de personas (Macias *et al.* 2020).

Debido a los avances de la CyT, la región cuenta con múltiples tecnologías que permiten procesar los residuos y utilizarlos en la producción de nuevos bioproductos (en las industrias alimentaria, energética, química, farmacéutica y de la construcción). Esto tiene un enorme potencial para transformar los sistemas alimentarios de ALC, si se considera que la biomasa residual de la región está representada por el 20 % del arroz, el 12 % del peso en pie de los bovinos, el 70 % del peso de la leche, el 70 % - 80 % del grano de café, el 66 % de la caña de azúcar, el 50 % de los cítricos, el 40 % de la piña, entre otros (IICA 2019).

Los residuos alimentarios se pueden considerar una materia prima barata para generar productos de alto valor agregado como biofertilizantes, biocombustibles, biometano, biogás y sustancias químicas de valor agregado (Hassan *et al.* 2018). Estas nuevas industrias tienen el potencial de contribuir a los objetivos de mitigación del cambio climático y a la sostenibilidad ambiental de las actividades comerciales, debido a que sustituyen productos de origen fósil que tienen una alta huella de carbono. Además, promueven el uso de insumos (residuos) que suponían una alta generación de emisiones de dióxido de carbono y contribuyen al cambio de la matriz energética.

La agricultura de conservación

La agricultura de conservación se basa en el concepto fundamental del manejo integrado de recursos naturales (agua, suelo), los agroecosistemas, control biológico, prácticas pertinentes y adaptables, entre otros. Un ejemplo de esta práctica es la labranza cero.

Algunas de las “ganancias ambientales” de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de ALC están relacionada con la reducción en las emisiones de GEI y los ahorros en el uso de químicos resultantes de la aplicación del paquete tecnológico, que incluye la labranza cero y el mejoramiento genético para la obtención de materiales vegetales con mayor capacidad de captura de carbono y resistencia a plagas y enfermedades.

En los noventa, la incorporación de semillas de canola, maíz y soja tolerantes a los herbicidas dio lugar a la transición de decenas de millones de hectáreas a la labranza cero, con lo que se redujo el consumo de energía fósil en relación con las labranzas tradicionales. Asimismo, la incorporación adicional de maíz, algodón y soja resistentes a los insectos redujo las aplicaciones de agroquímicos.

Ambas innovaciones, la reducción en las labranzas y las menores aplicaciones de sustancias químicas, han beneficiado significativamente al ambiente con 2400 millones de kilogramos menos de emisiones de dióxido de carbono y 775 millones de kilogramos menos de ingredientes químicos activos aplicados en el mundo (Brookes *et al.* 2020). Asimismo, se ha estimado que la producción y comercialización de cultivos resistentes a los insectos ha disminuido el uso global de plaguicidas en 37 % (Klümper *et al.* 2014).

El cultivo continuo de los campos sin labranza y con cultivos de cobertura está aumentando el secuestro y almacenamiento de dióxido de carbono en los suelos. Esto ha contribuido de manera significativa a la recuperación de la microbiología y la capacidad productiva de los suelos que habían sido deteriorados con las labranzas convencionales, las cuales tienen un potencial de calentamiento global de entre 26 % y 31 % superior al de las tierras con labranza cero (Mangalassery *et al.* 2014).

Cultivos genéticamente modificados

Por su parte, la utilización de cultivos genéticamente mejorados está impulsando la producción de cultivos más sostenibles dentro los sistemas alimentarios de la región. En la actualidad, ALC cultiva más de 80 millones de ha con distintas variedades de soja, maíz y algodón mejorados que no solo aumentan la productividad y contribuyen a mejorar la seguridad alimentaria regional y global, sino que también reducen el consumo de agroquímicos (Chavarría *et al.* 2019).

Además de estos cultivos tradicionales, ALC ha avanzado en la investigación y definición de otros materiales vegetales modificados como el frijol con tolerancia

al virus del mosaico dorado, la papa con resistencia al virus PVY, las alfalfas con tolerancia a herbicidas y menor contenido de lignina, soja y trigo con tolerancia a la sequía, la caña de azúcar con resistencia a herbicidas y mayor rendimiento energético, entre varios otros (Chavarría *et al.* 2019).

■ FIGURA 8. VARIEDADES DE ARROZ



En ALC se cuenta con diversos estudios que han evaluado y confirmado las ganancias ambientales de estas tecnologías desarrolladas con la visión de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de la región; así, por ejemplo, en Colombia los cultivos transgénicos redujeron en 26 % el uso de insecticidas y herbicidas en un período de 15 años. Además, la adopción de maíz y algodón GM ha permitido la reducción de 8761 millones de kilogramos de dióxido de carbono que no se liberaron a la atmósfera (Brookes 2020).

Además, la adopción de maíz y algodón GM ha permitido la reducción de 8761 millones de kilogramos de dióxido de carbono que no se liberaron a la atmósfera (Brookes 2020).

Vinculados a estos mismos avances, se encuentra también el uso de nuevas técnicas de mejoramiento de los cultivos, como la edición de genes destinada a mejorar la capacidad de las plantas para secuestrar mayores cantidades de dióxido de carbono, lo que permitiría que la agricultura de ALC contribuyera en mayor medida a reducir los impactos del cambio climático (Ort *et al.* 2015).

Soluciones basadas en la naturaleza

La sostenibilidad ambiental de los sistemas alimentarios de ALC se podría ver altamente beneficiada si se aprovecharan en mayor medida las soluciones basadas en la naturaleza, con el fin de responder de forma multidimensional a los problemas que afectan al hombre y al medio ambiente. Como lo mencionan Meza *et al.* (2019), este abordaje permitiría utilizar la ingeniería ecológica e ingeniería de sistemas de captación, la infraestructura verde y azul, el enfoque ecosistémico, la mitigación y adaptación basada en ecosistemas, los servicios ecosistémicos y el capital natural para solventar algunos de los principales objetivos ambientales de los sistemas alimentarios de ALC.

Entre ellos puede mencionarse la purificación de agua y su reutilización segura en el agro, la recarga de aguas superficiales y subterráneas, la prevención de desastres ambientales, la adaptación al cambio climático mediante la agrobiodiversidad, la generación de ingresos alternativos para los productores agrícolas mediante los servicios ambientales, el manejo integrado de plagas y enfermedades, la recuperación y remediación de los suelos contaminados, la restauración de las tierras y pasturas degradadas y la captura y almacenamiento de carbono. Todos estos son grandes retos para una región como ALC, donde más de 300 millones de hectáreas de sus tierras se encuentran degradadas (IICA 2019).

RECUADRO 1

SINERGIAS RESULTANTES DE LA VISIÓN SISTÉMICA DE LA BIOECONOMÍA

En la sección de las potencialidades de la bioeconomía, se han descrito los distintos tipos de contribuciones de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios. Se observa un enfoque sistémico integral, el cual da lugar a sinergias entre los distintos aspectos descritos previamente y promueve la generación de clústeres en los territorios rurales para el desarrollo económico y social.

Así, la bioeconomía plantea una nueva visión del cambio y la convergencia tecnológica, porque se inserta no solo en sus dimensiones productivas para atender el incremento de la competitividad, la mejora en los ingresos rurales y el fomento de la seguridad alimentaria, sino que también promueve todas las otras dimensiones de los sistemas alimentarios: ambientales, económicos y sociales.

5

La agenda pendiente para impulsar el rol transformador de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de ALC

En este tercer apartado se analizan los retos y desafíos, así como la agenda pendiente de la región en materia de bioeconomía, con el fin de que ALC pueda aprovechar al máximo el potencial de transformación de la bioeconomía en los sistemas alimentarios de la región.

Retos y tareas pendientes

Como hemos dicho en otras ocasiones, la bioeconomía no logra la transformación económica, social y ambiental de los sistemas alimentarios per se. Aunque tiene un enorme potencial para hacerlo, se tienen que resolver primero los retos y tareas pendientes (cuadro 8).

■ CUADRO 8. RETOS Y TAREAS PENDIENTES EN MATERIA DE BIOECONOMÍA

CONTEXTO	RETOS Y TAREAS PENDIENTES
RETOS Y TAREAS PENDIENTES	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de regulaciones y normativas. • Desarrollo de capacidades de investigación. • Fortalecimiento de los servicios de apoyo. • Mejoramiento de las capacidades de actores. • Establecimiento de nuevas redes de valor de la bioeconomía.
REGIONAL	<ul style="list-style-type: none"> • Estrategias regionales para sensibilización y convencimiento. • Estrategia regional para formación de capacidades. • Coordinación en I+D+i entre agencias regionales. • Gestión de esfuerzos económicos entre agencias regionales. • Redes regionales de I+D+i para la bioeconomía. • Espacios regionales para compartir experiencias. • Fondo para cadenas regionales de la bioeconomía.

INTERNACIONAL

- Inversión en I+D+i.
- Normativa comercial internacional.
- Sistemas de cooperación y financiamiento internacional.

En caso de que no se atiendan los retos y tareas pendientes, la bioeconomía puede implicar riesgos y desbalances en el aprovechamiento sostenible de biodiversidad, la sostenibilidad ambiental, la competencia por uso de suelos, la distribución equitativa de beneficios, la democratización del conocimiento y la inclusión de la pequeña agricultura.

Contexto nacional

Es indispensable que se avance en el diseño e implementación correcta de regulaciones y normativas que viabilicen el pleno aprovechamiento de las innovaciones de la bioeconomía en el sistema alimentario y que, además, aseguren que se realizarán en un marco de seguridad y sostenibilidad generados a partir de bases científicas sólidas.

Las regulaciones no deben limitar la implementación de oportunidades en producción, procesamiento, transporte y consumo ni restringir innecesariamente el crecimiento sostenible, el empleo y la resiliencia. Se debe tener en cuenta que algunas regulaciones son necesarias para promover el desarrollo de los mercados de algunos bienes y servicios bioeconómicos (por ejemplo, las mezclas obligatorias de biocombustibles para el consumo de combustibles).

Se requiere, además, potenciar las capacidades de investigación (financieras, humanas y tecnológicas), tanto de la academia como de los centros de investigación, con la finalidad de convertir las oportunidades que ofrece la bioeconomía en innovaciones tecnológicas y sociales al servicio de los sistemas alimentarios de ALC. Por otra parte, se deben fortalecer los servicios de apoyo (financiamiento, principalmente) y los instrumentos para la creación y el fomento de mercados de bioproductos, a fin de promover el desarrollo de bioindustrias y cadenas de suministro —basadas en estas innovaciones— generadoras de empleo, ingresos y crecimiento económico.

Asimismo, es indispensable fortalecer las capacidades (tecnológicas, organizativas y empresariales) de los actores de los sistemas alimentarios de ALC (proveedores de insumos, productores, transformadores, comercializadores, distribuidores, consumidores, etc.), de manera que puedan aprovechar y convertir en nuevos negocios las oportunidades de transformación que ofrecen las innovaciones de la bioeconomía. Esto es fundamental para la participación de jóvenes, mujeres y la agricultura familiar.

RECUADRO 2

INCLUSIÓN SOCIAL, FINANCIAMIENTO E INNOVACIÓN

Para que los beneficios de la bioeconomía impacten a la población y se extiendan mediante redes de valor a todos los actores y sectores del sistema alimentario (desde el pequeño y mediano agricultor hasta los integrantes de la industria consolidada), se deben desarrollar mecanismos asociativos justos y equitativos y esquemas de financiamiento novedosos.

Las cooperativas de pequeños y medianos agricultores —asociadas como proveedores en proyectos locales— están mostrando ser un mecanismo idóneo para buscar que los beneficios de la bioeconomía garanticen inclusión social y desarrollo local.

Para Rodríguez y Aramendis (2019) y Rodríguez *et al.* (2019), las nuevas modalidades de financiamiento pueden abordar alguno de los siguientes instrumentos económicos, financieros y fiscales:

- Desarrollo de asociaciones público-privados (APP) para generar fondos de inversión.
- Combinación de Instrumentos financieros y no financieros.
- Incentivos para colocación de capital de riesgo.
- Desarrollo de fondos para el apoyo a start ups, mipymes, pymes y jóvenes emprendedores.
- Colocación de capital semilla con fines de incrementar la capacidad de trabajo y para el desarrollo de capacidades empresariales.
- Plataformas de financiación para la innovación.
- Generación de instrumentos fiscales y tributarios (subsidios, exenciones, incentivos, etc.).

Es imprescindible implementar instrumentos de investigación, desarrollo e innovación, dentro de los cuales Aramendis *et al.* (2018) señalan los siguientes como los más relevantes:

- Generación de clústeres empresariales.
- Apoyo a tecnologías habilitantes.
- Generación de plantas piloto y demostrativas que le permitan a la sociedad visibilizar y apoyar programas y proyectos de bioeconomía con beneficio local y nacional.

Se deben impulsar la construcción y el fomento de redes de valor de la bioeconomía en los territorios rurales. Actualmente son casi inexistentes debido a que los actores no trabajan con un enfoque de red, sino más bien con una perspectiva de cadena. Para esto, es necesario enlazar a los diferentes actores para promover un aprovechamiento e industrialización más eficiente y sostenible de la biomasa y la biodiversidad disponibles. Por ejemplo, se deben enlazar el beneficiador de café que tiene una gran cantidad de desechos inutilizados con los productores de biofármacos, biofertilizantes o productos energéticos, quienes podrían utilizar esos desechos como materia prima para sus procesos.

Contexto regional

En el contexto regional, los países de las Américas podrían unir esfuerzos para aprovechar las oportunidades de la bioeconomía de mejor manera.

■ CUADRO 9. RETOS Y TAREAS PENDIENTES EN BIOECONOMÍA EN EL ÁMBITO REGIONAL

RETOS Y TAREAS PENDIENTE	DESCRIPCIÓN
Estrategias regionales para sensibilización y convencimiento	Esfuerzos coordinados para la gestión del conocimiento sobre las oportunidades y el potencial que ofrece la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios (enfocados en actores del sector público, academia, privado y sociedad civil).
Estrategia regional para formación de capacidades	Formación de capacidades organizativas, empresariales y tecnológicas en los actores del sistema alimentario (principalmente los productores agroindustriales), para que puedan aprovechar las innovaciones de la bioeconomía y así aumentar la eficiencia y sostenibilidad de la producción e industrialización de la biomasa y la biodiversidad.
Coordinación en I+D+i entre agencias regionales	Coordinación, focalización y establecimiento de prioridades de investigación, desarrollo e innovación entre las distintas agencias regionales involucradas en el desarrollo de bioeconomía para América Latina (por ejemplo, IICA, BID, UNESCO, CAF, CEPAL, FONTAGRO, entre otros).

<p>Gestión de esfuerzos económicos entre agencias regionales</p>	<p>Gestión de esfuerzos económicos entre agencias regionales para apalancar proyectos con impacto regional que permita a los gobiernos y a la población visibilizar las ventajas y beneficios de la bioeconomía en los sistemas alimentarios (proyectos demostrativos y proyectos piloto).</p>
<p>Redes regionales de I+D+i para la bioeconomía</p>	<p>Fomentar las redes regionales de investigación en tecnologías e innovaciones para la bioeconomía (enfocadas en sistemas alimentarios). También incluye el fortalecimiento del capital humano de los investigadores (académicos y científicos) en nuevas ciencias y tecnologías que promueven la eficiencia y sostenibilidad en la producción y valorización de la biomasa y la biodiversidad.</p>
<p>Espacios regionales para compartir experiencias</p>	<p>Fortalecimiento de espacios regionales para compartir buenas prácticas y lecciones aprendidas en materia de políticas, estrategias e inversiones de la bioeconomía en los sistemas alimentarios (red latinoamericana como antecedente).</p>
<p>Fondo para cadenas regionales de la bioeconomía</p>	<p>Fondo para construcción y fomento de cadenas regionales de la bioeconomía a partir de consorcio público-privado en los territorios (similares a los proyectos europeos), con especial énfasis en los procesos de incubación y aceleración de propuestas de negocios de la bioeconomía en la agricultura y en los territorios rurales.</p>

Contexto internacional

Dentro de los muchos esfuerzos requeridos, se destaca la cooperación internacional y regional para promover la inversión en materia de I+D+i, pero es necesario aumentar significativamente los recursos asignados a este tema en todos los ámbitos: nacional, regional y global. Otras acciones que requieren de esfuerzos supranacionales son las siguientes:

- Normativas comerciales internacionales que posibiliten y promuevan la producción, industrialización y comercialización de productos de la bioeconomía (más sanos, verdes y con menor huella de carbono) para la transformación de los sistemas alimentarios mundiales.
- El sistema de cooperación y financiamiento internacional que promueva la generación de las condiciones habilitadoras para las cadenas de la bioeconomía en la región y que impulse las bio-industrias nacientes.

RECUADRO 3

LA NECESIDAD DE AMPLIAR E INTENSIFICAR LAS INNOVACIONES BIOTECNOLÓGICAS

Las innovaciones en biotecnología y bioeconomía requeridas para propiciar la transformación de los sistemas alimentarios de ALC demandan importantes inversiones en investigación básica y aplicada, en capacitación de profesionales altamente calificados y en el mantenimiento de una relación fluida entre la academia y la industria (Zilberman *et al.* 2013).

El “complejo industrial educativo” ha sido esencial para el establecimiento de los sectores de la biotecnología y la tecnología de la información en todo el mundo. En dicho complejo, la investigación básica financiada con fondos públicos en las universidades y otras instituciones de investigación conduce a innovaciones que se transfieren a empresas emergentes y a otros actores privados que las multiplican, lo cual les permite generar y comercializar estos bioproductos.

El complejo industrial educativo ya ha dado lugar a la creación de cadenas de suministro de nuevos bioproductos que están transformando los sistemas alimentarios, como los biocombustibles y aceites, los productos químicos finos y farmacéuticos y los alimentos. Investigadores de ALC están liderando algunas de estas nuevas empresas, así como el intercambio entre las universidades y centros de investigación con el sector privado.

El éxito del complejo industrial educativo depende de las prioridades asignadas a la I+D y del mantenimiento de la excelencia académica y de la investigación. En ALC, por ejemplo, la alta prioridad asignada a la investigación en el sector agrícola de Brasil contribuyó a que el conocimiento innovador generado por la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA) fuera clave para el surgimiento de Brasil como potencia agrícola.

Los tres principales obstáculos para el desarrollo de las industrias de la bioeconomía son la incertidumbre normativa, los altos costos de transacción y las limitaciones financieras para proyectos de I+D que generalmente requieren muchos años hasta su madurez comercial.

La ampliación y aplicación de los nuevos conocimientos requieren un entorno regulatorio de base científica, dirigido a reducir las cargas normativas y a acelerar el desarrollo y aplicación de las tecnologías nuevas y seguras. La aparición de nuevas empresas es más probable cuando existen inversores de riesgo y mercados de capital desarrollados para respaldar las industrias emergentes y cuando se agilizan los procedimientos normativos para reducir el costo y el tiempo necesarios para establecer la empresa de forma definitiva.

6. Referencias bibliográficas

- **AIE** (Agencia Internacional de la Energía, Francia). 2019. World energy balances 2019 (en línea). París, Francia. Consultado 21 ene. 2020. Disponible en <https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2019>
- **Alvarado-Alvarado, G; Posada-Suárez, H; Cortina-Guerrero, H.** 2005. Castillo: Nueva variedad de café con resistencia a la roya. Avances técnicos 337 Cenicafe (en línea). Disponible en <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0337.pdf>
- **Akutse, KS; Subramanian, S; Maniania, NK; Dubois, T; Ekesi, S.** 2020. Biopesticide research and product development in Africa for sustainable agriculture and food security: experiences from the International Centre of Insect Physiology and Ecology (ICIPE) (en línea). *Frontiers in Sustainable Food Systems* 4. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.563016>
- **Antar, M; Lyu, D; Nazari, M; Shah, A; Zhou, X; Smith, DL.** 2021. Biomass for a sustainable bioeconomy: an overview of world biomass production and utilization (en línea). *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 139. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110691>
- **Aramendis, RH.** 2019. Casos de éxito del desarrollo de biorrefinerías en América Latina. Seminario. Bolivia. CIEMAT/AECID.
- **Aramendis, RH; Rodríguez, AG; Krieger Luiz, F.** 2018. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe, Bioeconomía. LC/TS. 51 p. CEPAL.
- **Aramendis, RH; Rodríguez, A.** 2021. Agricultura 4.0. Implementación de las recomendaciones de la misión internacional de sabios 2019 en materia de bioeconomía y con repercusiones para la recuperación post covid 19. CEPAL. De próxima publicación.
- **Banco Mundial.** 2018. Groundswell: Preparing for Internal Climate Migration (en línea). Disponible en <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/29461/GroundswellPN3.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- **Banco Mundial.** 2021. Indicadores del desarrollo mundial (IDM) (en línea). Consultado 03 Mar. 2021. Disponible en <https://databank.bancomundial.org/source/world-development-indicators>
- **Barrows, G; Sexton, S; Zilberman, D.** 2014. Agricultural Biotechnology: The Promise and Prospects of Genetically Modified Crops. *Journal of Economic Perspectives*, 28(1):99-120. DOI: 10.1257/jep.28.1.99
- **Baslam, M; Mitsui, T; Hodges, M; Priesack, E; Herritt, MT; Aranjuelo, I; Sanz-Sáez, A.** 2020. Photosynthesis in a changing global climate: scaling up and scaling down in crops (en línea). *Frontiers in Plant Science* 11:882. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00882>.

- **Baumol, W; Willing, R; Panzar, J.** 1982. Contestable markets and the theory of industrial structure. Estados Unidos de América, HBJ. Disponible en <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.470.8509&rep=rep1&type=pdf>
- **Betancur G, CM; Moñux Chercoles, D; Canavire B, G; Villanueva, DF; García G, J; Renza, LM; Méndez N, K; Zúñiga, AC; Olaguer Pérez, E.** 2018. Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia n.º 1240667, fase I (en línea). Colombia, BIOINTROPIC. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/informe%201/1-INFORME%20BIOECONOMIA%20FASE%201%20FINAL%2024012018.pdf>
- **Biber-Freudenberger, L; Ergeneman, C; Förster, JJ; Dietz, T; Börner, J.** 2020. Bioeconomy futures: expectation patterns of scientists and practitioners on the sustainability of bio-based transformation (en línea). Sustainable Development 28(5):1220-1235. Disponible en <https://doi.org/10.1002/sd.2072>
- **Brookes, G.** 2020. Genetically modified (GM) crop use in Colombia: farm level economic and environmental contributions. GM Crops & Food 11(3):140-153, Disponible en doi: 10.1080/21645698.2020.1715156
- **Brookes, G; Barfoot, P.** 2020. Environmental impacts of genetically modified (GM) crop use 1996-2018: impacts on pesticide use and carbon emissions (en línea). GM Crops and Food 11(4):215-241. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1773198>
- **Calicioglu, Ö; Bogdanski, A.** 2021. Linking the bioeconomy to the 2030 Sustainable Development Agenda: can SDG indicators be used to monitor progress towards a sustainable bioeconomy? (en línea). New Biotechnology 61:40-49. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.010>.
- **Canales, N; Gómez González, J.** 2020. Diálogo de política sobre bioeconomía para el desarrollo sostenible en Colombia. Reporte de SEI. Instituto del Medio Ambiente de Estocolmo, Colombia. Disponible en <https://cdn.sei.org/wp-content/uploads/2020/05/200517a-ortiz-canales-colombia-bioec-workshop-spanish-1.pdf>
- **CDB** (Convenio de la Diversidad Biológica). 1992. Naciones Unidas (en línea). Disponible en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- **CEPAL** (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile); **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia); **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2014. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2014 (en línea). Costa Rica, IICA. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2537/BVE17038635e.PDF?sequence=2>
- **CEPAL** (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile); **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia); **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2019. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las

Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020 (en línea). Costa Rica, IICA. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45111/CEPAL-FAO2019-2020_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- **Chamberlain, JL; Darr, D; Meinhold, K.** 2020. Rediscovering the contributions of forests and trees to transition global food systems (en línea). *Forests* 11. Disponible en <https://doi.org/10.3390/f11101098>.
- **Chavarría, H; Trigo, E; Rodríguez, A.** 2019. La bioeconomía: potenciando el desarrollo sostenible de la agricultura y los territorios rurales en ALC. Capítulo especial del Informe Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020 (en línea). San José, Costa Rica, CEPAL-FAO-IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12380/BVE20107947e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- **Chavarría, H; Trigo, E; Villarreal, F; Elverdin, P; Piñeiro, V.** 2020. Bioeconomy: a sustainable development strategy (en línea). Think 20 Engagement Group. Disponible en https://www.g20-insights.org/policy_briefs/bioeconomy-a-sustainable-development-strategy/.
- **Cingiz, K; González-Hermoso, H; Heijman, W; Wesseler, J.** 2021. A Cross-Country Measurement of the EU Bioeconomy: An Input-Output Approach. *Sustainability*. Forthcoming
- **Clomburg, J; Crumbley, A; González, R.** 2017. Industrial manufacturing: the future of chemical production. *Science*, 355(6320):aag0804. Disponible en [doi:10.1126/science.aag0804](https://doi.org/10.1126/science.aag0804).
- **CONICET** (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina). 2019. La papa resistente al PVY lista para salir al mercado (en línea). Consultado 03 Mar. 2021. Disponible en <https://www.conicet.gov.ar/la-papa-resistente-al-pvy-lista-para-salir-al-mercado/>
- **Coremberg, A.** 2019. Medición de la cadena de valor de la bioeconomía en Argentina: hacia una cuenta satélite (en línea). Buenos Aires, Argentina, Grupo Bioeconomía. Disponible en https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioeconomia/_archivos/Medicion_de_la_Bioeconomia2018.pdf.
- **D'Amato, D; Droste, N; Allen, B; Kettunen, M; Lähtinen, K; Korhonen, J; Leskinen, P; Matthies, BD; Toppinen, A.** 2017. Green, circular, bio economy: a comparative analysis of sustainability avenues (en línea). *Journal of Cleaner Production* 168:716-734. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>.
- **D'Amato, D; Korhonen, J; Toppinen, A.** 2019. Circular, green, and bio economy: how do companies in land-use intensive sectors align with sustainability concepts? (en línea). *Ecological Economics* 158:116-133. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.026>.
- **Davis, AP; Chadburn, H; Moat, J; O'Sullivan, R; Hargreaves, S; Nic Lughadha, E.** 2019. High extinction risk for wild coffee species and implications for

coffee sector sustainability. *Science Advances* 5(1):3473. Disponible en <https://advances.sciencemag.org/content/5/1/eaav3473>

- **Debnath, D; Khanna, M; Rajagopal, D; Zilberman, D.** 2019, The Future of Biofuels in an Electrifying Global Transportation Sector: Imperative, Prospects and Challenges. *Applied Economic Perspectives and Policy* 41:563-582. Disponible en <https://doi.org/10.1093/aep/ppz023>
- **Draca, M; Martin, R; Sanchis-Guarner, R.** 2018. The evolving role of ICT in the economy: a report by LSE Consulting for Huawei (en línea). LSE. Disponible en <https://www.lse.ac.uk/business-and-consultancy/consulting/assets/documents/the-evolving-role-of-ict-in-the-economy.pdf>.
- **Dubock, A.** 2014. The politics of Golden Rice (en línea). *GM Crops Food* 5(3):210-222. Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.4161/21645698.2014.967570>.
- **EMBRAPA** (Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria). 2016. Banana BRS SCS Belluna (en línea). Consultado 02 mar. 2021. Disponible en <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnicas/-/produto-servico/3716/banana-brs-scs-belluna>
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). s.f. Sistemas alimentarios (en línea). Consultado 16 jun. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/food-systems/es/>
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2013. La bioenergía en América Latina y el Caribe. El estado de arte en países seleccionados (en línea). Consultado 03 mar. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/3/as112s/as112s.pdf>
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2014. Latinoamérica duplicó sus emisiones agrícolas de GEI en los últimos 50 años (en línea). Consultado 03 mar. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/240450/>
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2018. Indicador 2.1.1 - Prevalencia de la subalimentación (en línea). Consultado 03 mar. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/211/es/>
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2018. Conferencia Regional de la FAO para Europa. 31avo Período de sesiones. Voronezh (Federación Rusa).
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2020. Banana fusarium wilt disease forecasting (en línea). Consultado 01 feb. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/food-chain-crisis/how-we-work/plant-protection/banana-fusarium-wilt/en/>.
- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2020. FAOSTAT. Consultado 04 mar. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/>

- **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). (s.f.). Sistemas alimentarios. Consultado 02 may. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/food-systems/es/>.
- **Fernández, FGA; Reis, A; Wijffels, RH; Barbosa, M; Verdelho, V; Llamas, B.** 2021. The role of microalgae in the bioeconomy (en línea). *New Biotechnology* 61:99-107. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.11.011>
- **Gabashwediwe, MS; Zikhona, LL; Sukoluhle, M; Tshwafo, M.** 2019. Economic and technical feasibility studies: technologies for second generation biofuels (en línea). *Journal of Engineering, Design and Technology* 17(4):670-704. Disponible en <https://doi.org/10.1108/JEDT-07-2018-0111>.
- **Gasparatos, A; Lee, LY; Von Maltitz, GP; Mathai, MV; Puppim de Oliveira, JA; Willis, KJ.** 2012. Biofuels in Africa: impacts on ecosystem services, biodiversity and human well-being. United Nations University Institute of Advanced Studies. Disponible en http://collections.unu.edu/eserv/UNU:2902/Biofuels_in_Africa1.pdf
- **Gobierno de Colombia.** 2020. Bioeconomía para una Colombia potencia viva y diversa: hacia una sociedad impulsada por el conocimiento (en línea). Colombia. Disponible en https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia_para_un_crecimiento_sostenible-qm_print.pdf.
- **Gobierno de Italia.** 2019. BIT II: bioeconomy in Italy: a new bioeconomy strategy for a sustainable Italy (en línea). Consultado 12 feb. 2020. Disponible en http://cnbbsv.palazzochigi.it/media/1774/bit_en_2019_02.pdf
- **Gomez S, G. et al** 2019. Added sugar intake in a Costa Rican urban population: Latin American nutrition and health study ELANS-Costa Rica. ISSN 0001-6012/2019/61/3/111-118 *Acta Médica Costarricense. Colegio de Médicos y Cirujanos de Costa Rica*
- **Gouse, M; Sengupta, D; Zambrano, P; Falck-Zepeda, J.** 2016. Genetically modified maize: less drudgery for her, more maize for him? (en línea). *World Development* 83:27-38. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1016/j.worlddev.2016.03.008>.
- **Hartley, F; van Seventer, D; Tostão, E; Arndt, C.** 2019. Economic impacts of developing a biofuel industry in Mozambique (en línea). *Development Southern Africa*, 36(2):233-249. Disponible en <https://doi.org/10.1080/0376835X.2018.1548962>.
- **Hassan, SS; Williams, GA; Jaiswal, AK.** 2018. Emerging technologies for the pretreatment of lignocellulosic biomass (en línea). *Bioresource Technology* 262:310-318. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.099>.
- **Hazell, P; Pachauri, R.** 2006. Bioenergía y agricultura: promesas y retos. Instituto Internacional de Investigación sobre políticas alimentarias. International Food Policy Research Institute (en línea). Disponible en http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/bioenergia%20y%20agricultura.pdf

- **Hefferon, KL.** 2014. Nutritionally enhanced food crops: progress and perspectives (en línea). *International Journal of Molecular Sciences* 16(2):3895-3914. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4346933/>.
- **Hendriks, S; Soussana, JF; Cole, M; Kambugu, A; Ziberman, D.** 2020. Ensuring access to safe and nutritious food for all through transformation of food systems: a paper on action track 1 (en línea). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado 10 feb. 2021. Disponible en https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/1-action_track_1_scientific_group_draft_paper_26-10-2020.pdf.
- **Herrero, M; Hugas, M; Lele, U; Wira, A; Torero, M.** 2020. Shift to healthy and sustainable consumption patterns: a paper on action track 2 (en línea). Consultado 31 ene. 2021. Disponible en https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/2-action_track_2_scientific_group_15-12-20.pdf.
- **Herrero, M; Thornton, PK; Mason-D’Croz, D; Palmer, J; Benton, TG; Bodirsky, BL; Bogard, JR; Hall, A; Lee, B; Nyborg, K; Pradhan, P; Bonnett, GD; Bryan, BA; Campbell, BM; Christensen, S; Clark, M; Cook, MT; de Boer, IJM; Downs, C; Dizyee, K; Folberth, C; Godde, CM; Gerber, JS; Grundy, M; Havlik, P; Jarvis, A; King, R; Loboguerrero, AM; Lopes, MA; McIntyre, CL; Naylor, R; Navarro, J; Obersteiner, M; Parodi, A; Peoples, MB; Pikaar, I; Popp, A; Rockström, J; Robertson, MJ; Smith, P; Stehfest, E; Swain, SM; Valin, H; van Wijk, M; van Zanten, HHE; Vermeulen, S; Vervoort, J; West, PC.** 2020. Innovation can accelerate the transition towards a sustainable food system (en línea). *Nature Food* 1(5):266-272. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0074-1>.
- **Hertel, TW; Elouafi, I; Ewert, F; Tanticharoen, M.** 2020. Building resilience to vulnerabilities, shocks and stresses: a paper on action track 5 (en línea). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado 6 feb. 2021. Disponible en https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/5-action_track5_scientific_group_draft_paper_26-10-2020.pdf.
- **Hodson, E; Niggli, U; Kaoru, K; Lal, R; Sadoff, C.** 2020. Boost nature positive production at sufficient scale: a paper on action track 3 (en línea). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado 18 feb. 2021. Disponible en https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/boost-nature-positive-production-sufficient-scale-paper-action-track-3_en.
- **IAC** (Consejo Asesor Internacional de la Cumbre Mundial de Bioeconomía 2018, Alemania). 2018. Innovación en la bioeconomía global para la transformación sostenible e inclusiva y el bienestar (en línea). Disponible en https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/Communique%CC%-81GBS2018_final_Spanish.pdf.
- **IACGB** (Consejo Asesor Internacional sobre Bioeconomía Global, Alemania). 2020. Expanding the sustainable bioeconomy: vision and way forward (en línea). Disponible en https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2020/11/GBS2020_IACGB-Communique.pdf.

- **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2019. Programa de bioeconomía y desarrollo productivo abordajes conceptuales y metodológicos para la cooperación técnica (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Disponible en <http://biblioteca.iica.int/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=39610>
- **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2020. Marco de referencia de juventudes (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8642/BVE20017774e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- **IICA** (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2021. Prevención y entrenamiento de agricultores, las mejores armas conocidas para combatir el hongo que afecta al banano (en línea). Consultado 3 mar. 2021. Disponible en <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/prevenccion-y-entrenamiento-de-agricultores-las-mejores-armas-conocidas-para>
- **INTA** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2011. Siembra directa actualización técnica n.º 58 (en línea). Consultado 04 mar. 2021. Disponible en https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-siembra_directa_2011.pdf
- **INTA** (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2018. El biodiésel argentino emite un 70 % menos de GEI (en línea). Consultado 03 mar. 2021. Disponible en <https://intainforma.inta.gob.ar/el-biodiesel-argentino-emite-un-70-menos-de-gei/>
- **IPCC** (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Suiza). 2012. Special report on renewable energy sources and climate change mitigation: summary for policymakers (en línea). Disponible en https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf.
- **ITC** (International Trade Centre). 2021. (Base de datos). Consultado 18 feb. 2021. Disponible en <https://www.trademap.org/Index.aspx>
- **Junta de Andalucía**. 2020. Bioeconomía en Andalucía. Consultado 31 ene. 2021. Disponible en <http://www.bioeconomiaandalucia.es/que-es-la-bioeconomia>
- **Klümper, W; Qaim, M.** 2014. A meta-analysis of the impacts of genetically modified crops (en línea). PLOS ONE 9:1-7. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111629>.
- **Kniss, AR.** 2018. Genetically engineered herbicide-resistant crops and herbicide-resistant weed evolution in the United States (en línea). Weed Science 66(2):260-273. Disponible en <https://doi.org/10.1017/wsc.2017.70>.
- **Kouser, S; Qaim, M.** 2011. Impact of Bt cotton on pesticide poisoning in smallholder agriculture: a panel data analysis. Ecological Economic 70:2105-2113
- **Kovalskys, I; Rigotti, A; Koletzko, B; Fisberg, M; Gómez, G; Herrera-Cuenca, M; Cortés Sanabria, LY; Yépez García, MC; Pareja R.; Zalcmán Zimberg, I; Del Arco, A; Zonis, L; Nogueira Previdelli, A.** 2019. Latin American con-

sumption of major food groups: Results from the ELANS study. Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225101>

- **Krüger, A; Schäfers, C; Busch, P; Antranikian, G.** 2020. Digitalization in microbiology: paving the path to sustainable circular bioeconomy (en línea). *New Biotechnology* 59:88-96. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.06.004>.
- **Lachman, J; Bisang, R; Obschatko, E; Trigo, E.** 2020. Bioeconomía: una estrategia de desarrollo para la argentina del siglo XXI. Impulsando a la bioeconomía como modelo de desarrollo sustentable: entre las políticas públicas y las estrategias privadas. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12478/BVE20108164e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- **Lewandowski, I.** 2017. Bioeconomy: shaping the transition to a sustainable, biobased economy (en línea). Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8>.
- **Linser, S; Lier, M.** 2020. The contribution of sustainable development goals and forest-related indicators to national bioeconomy progress monitoring (en línea). *Sustainability* 12. Consultado 2 feb. 2021. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12072898>.
- **Lokko, Y; Heijde, M; Schebesta, K; Scholtès, P; Van Montagu, M; Giacca, M.** 2018. Biotechnology and the bioeconomy: towards inclusive and sustainable industrial development (en línea). *New Biotechnology* 40:5-10. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.005>
- **Macias M; Girón, C; Nieto M; Chavier, N; Páez, D; Ureña, M; Moreno, J; García, M; de la Viña Hassan, SS; Williams, GA; Jaiswal, AK.** 2020. Tecnologías de bioeconomía para valorizar residuos y desperdicios oportunidades de negocio para la agricultura familiar. Costa Rica, IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/12942>
- **Malyska, A; Jacobi, J.** 2018. Plant breeding as the cornerstone of a sustainable bioeconomy (en línea). *New Biotechnology* 40(A):129-132. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.06.011>
- **Mangalassery, S; Sjögersten, S; Sparkes, DL; Sturrock, CJ; Craigon, J; Mooney, SJ.** 2014. To what extent can zero tillage lead to a reduction in greenhouse gas emissions from temperate soils? (en línea). *Scientific Reports* 4(4586). Disponible en <https://doi.org/10.1038/srep04586>.
- **Martinelli, LA; Garrett, R; Ferraz, S; Naylor, R.** 2011. Sugar and ethanol production as a rural development strategy in Brazil: Evidence from the state of São Paulo. *Agricultural Systems* 104(5):419-428. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2011.01.006>
- **Melgar-Lalanne, G; Hernández-Álvarez, AJ; Salinas-Castro, A.** 2019. Edible insects processing: traditional and innovative technologies (en línea). *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18(4):1166-1191. Disponible en <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>.

- **Meza, L; Quirós, D.** 2019. La naturaleza es nuestra mejor aliada para enfrentar el cambio climático e impulsar un renovado desarrollo rural en las Américas. IICA. Documento de trabajo.
- **MIT** (Instituto Tecnológico de Massachusetts, Estados Unidos de América). 2005. The third revolution: the convergence of the life sciences, physical sciences, and engineering (en línea). Disponible en <https://www.aplu.org/projects-and-initiatives/research-science-and-technology/hibar/resources/MITwhitepaper.pdf>.
- **Nelson, D.** 2019. 75 percent of Florida's oranges have been lost to disease. Can science save citrus? (en línea). Estados Unidos de América. Consultado 19 feb. 2021. Disponible en <https://www.ucdavis.edu/food/news/can-science-solve-citrus-greening-disease/>
- **Neufeld, L; Huang, J; Badiane, O; Caron, P; Sennerby-Forsse, L.** 2020. Advance equitable livelihoods: a paper on action track 4 (en línea). Scientific Group for the UN Food Systems Summit. Consultado 2 feb. 2021. Disponible en https://knowledge4policy.ec.europa.eu/publication/advance-equitable-livelihoods-paper-action-track-4_en.
- **Newell-McGloughlin, M.** 2014. Health impacts. In Socio-economic considerations in biotechnology regulations. Estados Unidos de América, Springer.
- **OCDE** (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Francia). 2018. The future of rural youth in developing countries: tapping the potential of local value chains (en línea). París. Disponible en <https://doi.org/10.1787/9789264298521-en>.
- **OCDE** (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, Francia); **FAO** (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2019. Agricultural Outlook 2019-2028. Chapter 2. Latin American Agriculture: Prospects and Challenges. Making agricultural growth more inclusive (en línea). Disponible en http://www.fao.org/3/CA4076EN/CA4076EN_Chapter2_Latin_American_Agriculture.pdf
- **OIT** (Organización Internacional del Trabajo, Suiza). 2020. Sector rural y desarrollo local en América Latina y el Caribe (en línea). Consultado 11 feb. 2021. Disponible en <https://www.ilo.org/americas/temas/sector-rural-y-desarrollo-local/lang-es/index.htm>.
- **OMC** (Organización Mundial de Comercio). 2021. Indicadores (en línea). Consultado 18 Feb. 2021. Disponible en <https://data.wto.org/>
- **ONU** (Organización de las Naciones Unidas). s.f. Vías de acción. Consultado 17 jun. 2021. Disponible en <https://www.un.org/es/food-systems-summit/action-tracks>
- **ONU** (Organización de las Naciones Unidas). 2021. Food Systems Summit 2021. Consultado 14 feb. 2021. Disponible en <https://www.un.org/en/food-systems-summit/about>.
- **Ordoñez-Araque, R; Egas-Montenegro, E.** 2021. Edible insects: a food alternative for the sustainable development of the planet (en línea). International

Journal of Gastronomy and Food Science 23. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100304>.

- **Ort, DR; Merchant, SS; Alric, J; Barkan, A; Blankenship, RE; Bock, R; Croce, R; Hanson, MR; Hibberd, JM; Long, SP; Moore, TA; Moroney, J; Niyogi, KK; Parry, MAJ; Peralta-Yahya, PP; Prince, RC; Redding, KE; Spalding, MH; van Wijk, KJ; Vermaas, WFJ; von Caemmerer, S; Weber, APM; Yeates, TO; Yuan, JS; Guang Zhu, X.** 2015. Redesigning photosynthesis to sustainably meet global food and bioenergy demand (en línea). *PNAS* 112(28):8529-8536. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.1424031112>
- **Park, HS.** 2017. Technology convergence, open innovation, and dynamic economy (en línea). *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity* 3(24). Disponible en <https://doi.org/10.1186/s40852-017-0074-z>
- **Patermann, C; Aguilar, A.** 2018. The origins of the bioeconomy in the European Union (en línea). *New Biotechnology* 40:20-24. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.04.002>.
- **Pellegrino, E; Bedini, S; Nuti, M; Ercoli, L.** 2018. Impact of genetically engineered maize on agronomic, environmental and toxicological traits: a meta-analysis of 21 years of field data. *Science Reports* 8(3113):1-12.
- **Ploetz, RC.** 2007. Cacao diseases: important threats to chocolate production worldwide. *Phytopathology* 12:1634-1639.
- **Post, MJ; Levenberg, S; Kaplan, DL; Genovese, N; Fu, J; Bryant, CJ; Negowetti, N; Verzijden, K; Moutsatsou, P.** 2020. Scientific, sustainability and regulatory challenges of cultured meat (en línea). *Nature Food* 1(7):403-415. Disponible en <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0112-z>.
- **Refsgaard, K; Kull, M; Slätmo, E; Meijer, MW.** 2021. Bioeconomy: a driver for regional development in the Nordic countries (en línea). *New Biotechnology* 60:130-137. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2020.10.001>
- **Regúnaga, M; Trigo, E.** 2019. Bioeconomía, Desarrollo Territorial y Agricultura Familiar. Proyecto FAO-Bolsa de Cereales.
- **Riva, F.** 2020. When complexity turns into local prosperity: a system dynamics approach to meeting the challenges of the rural electricity-development nexus (en línea). *Energy for Sustainable Development* 59:226-242. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.esd.2020.10.009>.
- **Rodríguez, AG; Aramendis, RH.** 2019. El financiamiento de la bioeconomía en América Latina. Identificación de fuentes nacionales, regionales y de cooperación internacional. Serie Recursos Naturales y Desarrollo (193)2664-4525. CEPAL.
- **Rodríguez, AG; Aramendis, RH; Mondaini, AO.** 2018. El financiamiento de la bioeconomía en países seleccionados de Europa, Asia y África. Experiencias para América Latina y el Caribe. Serie desarrollo productivo. (222). CEPAL.
- **Ronzon, T; Piotrowski, S; Tamosiunas, S; Dammer, L; Carus, M; M'barek, R.** 2020. Developments of Economic Growth and Employment in Bioeconomy

Sectors across the EU. Sustainability 12,11:4507. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12114507>

- **Rosenstein, L.** 2017. Crean destilerías a escala feedlot. Revista electrónica valor carne: información para la nueva ganadería. Disponible en <https://www.valorcarne.com.ar/crean-destilerias-a-escala-feedlot/>
- **Rotz, S; Duncan, E; Small, M; Botschner, J; Dara, R; Mosby, I; Reed, M; Fraser, ED.** 2019. The politics of digital agricultural technologies: a preliminary review. Sociologia Ruralis, 59(2):203-229. Disponible en <https://doi.org/10.1111/soru.12233>
- **Rozemberg, R; Saslavsky, D; Svarzman, G.** 2009. La Industria de biocombustibles en Argentina en la industria de biocombustibles en el MERCOSUR (en línea) Serie Red Mercosur n.º 15, Ed. Red Mercosur, Montevideo. Disponible en <https://www.redsudamericana.org/sites/default/files/doc/Libro%20Biocombustibles%20presentacion.pdf>
- **Smyth, SJ.** 2020. The human health benefits from GM crops. Plant Biotechnology Journal 18(4):887-888.
- **Smyth, SJ; Gusta, M; Belcher, K; Phillips, PWB; Castle, D.** 2011. Environmental impacts from herbicide tolerant canola production in Western Canada. Agricultural Systems 104(5):403-410.
- **Subramanian, A; Qaim, M.** 2010. The impact of Bt cotton on poor households in rural India. Journal of Development Studies 46:295-311.
- **Tamburini, E; Gaglio, M; Castaldelli, G; Fano, EA.** 2020. Biogas from agri-food and agricultural waste can appreciate agro-ecosystem services: the case study of Emilia Romagna region (en línea). Sustainability (12). Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12208392>.
- **The American Chestnut Foundation.** 2015. Science strategies (en línea). Consultado 7 feb. 2021. Disponible en <https://acf.org/science-strategies/tree-breeding/>.
- **Torres-Giner, S; Prieto, C; Lagaron, JM.** 2020. Nanomaterials to enhance food quality, safety, and health impact (en línea). Nanomaterials (10). Disponible en <https://doi.org/10.3390/nano10050941>.
- **Torroba, A.** 2020a. Atlas de los biocombustibles líquidos 2019-2020 (en línea). Costa Rica, IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/13974/BVE20128304e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **Torroba, A.** 2020b. Los biocombustibles líquidos en las Américas: situación actual y potencial de desarrollo (en línea). Costa Rica, IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/9975/BVE20058034e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- **Truitt, G.** 2017. Sembrando el camino hacia un clima saludable. The Nature Conservancy (en línea). Consultado 03 mar. 2021. Disponible en <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestra-vision/perspectivas/sembrando-camino-hacia-clima-saludable/>

- **Usmani, Z; Sharma, M; Awasthi, AK; Sivakumar, N; Lukk, T; Pecoraro, L; Thakur, VK; Roberts, D; Newbold, J; Gupta, VK.** 2021. Bioprocessing of waste biomass for sustainable product development and minimizing environmental impact (en línea). *Bioresource Technology* 322(124548). Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124548>
- **Van Dijk, ADJ; Kootstra, G; Kruijer, W; de Ridder, D.** 2021. Machine learning in plant science and plant breeding (en línea). *IScience* 24(1). Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101890>.
- **Von, Braun, J; Afsana, K; Frescom L; Hassan, M; Torero, M.** 2020. Food systems: definition, concept and application for the UN Food Systems Summit (en línea). Scientific Group of the UN Food Systems Summit. Consultado 08 feb. 2021. Disponible en https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/food_systems_concept_paper_scientific_group_draft_dec_20_2020.pdf.
- **WBCSD** (Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, Suiza). 2020. The circular bioeconomy: a business opportunity contributing to a sustainable world (en línea). Ginebra. Disponible en <https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/The-circular-bioeconomy-A-business-opportunity-contributing-to-a-sustainable-world>
- **Wesseler, J; Smart, RD; Thomson, J; Zilberman, D.** 2017. Foregone benefits of important food crop improvements in Sub-Saharan Africa (en línea). *PLOS ONE* 12(7). Disponible en <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181353>.
- **Wesseler, J; Zilberman, D.** 2014. The economic power of the Golden Rice opposition (en línea). *Environment and Development Economics* 19(6):724-742. Disponible en <https://doi.org/10.1017/S1355770X1300065X>.
- **Yadav, B; Pandey, A; Kumar, LR; Tyagi, RD.** 2020. Bioconversion of waste (water)/residues to bioplastics: a circular bioeconomy approach (en línea). *Bioresource Technology* 298. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.122584>.
- **Zihare, L; Muizniece, I; Spalvins, K; Blumberga, D.** 2018. Analytical framework for commercialization of the innovation: case of thermal packaging material (en línea). *Energy Procedia* (147):374-381. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.07.106>.
- **Zilberman, D; Kim, E; Kirschner, S; Kaplan, S; Reeves, J.** 2013. Technology and the future bioeconomy. *Agricultural Economics* (44):95-102.



IICA – Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
Organismo del Sistema Interamericano especializado en desarrollo agropecuario y rural.