



BIOECONOMÍA:

POTENCIAL Y RETOS PARA SU APROVECHAMIENTO EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE MANUAL DE CAPACITACIÓN



IICA



BIOECONOMÍA:

**POTENCIAL Y RETOS
PARA SU APROVECHAMIENTO
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE
MANUAL DE CAPACITACIÓN**

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2020



Bioeconomía: potencial y retos para su aprovechamiento en América Latina y el Caribe: manual de capacitación 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 está disponible en formato electrónico (PDF) en el sitio web institucional en <http://www.iica.int>.

Coordinación editorial: Marvin Blanco y Hugo Chavarría

Diseño de contenidos: Hugo Chavarría, Pablo Nardone, Miroslava González y Marvin Blanco

Compilación: Miroslava González

Corrección de estilo: Máximo Araya y Olga Vargas

Diagramado: Carlos Umaña

Bioeconomía: potencial y retos para su aprovechamiento en América Central y el Caribe: manual de capacitación / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – San José, Costa Rica : IICA, 2020.

116 p.; 21,59 cm X 27,94 cm.

ISBN: 978-92-9248-884-0

1. Bioeconomía 2. Bioenergía 3. Biocarburante 4. Biomasa 5. Biogás 6. Adopción de innovaciones 7. Industria 8. Capacitación para desarrollar 9. América Central 10. Caribe I.Chavarría, Hugo II.Nardone, Pablo III.González, Miroslava IV.Blanco, Marvin V.IICA IICA VI. Título

AGRIS

DEWEY

P06

333.7

TABLA DE CONTENIDOS

Tabla de contenidos	i
Presentación	v
Módulo 1. Bases conceptuales de la bioeconomía	6
Unidad 1.1. ¿Qué es la bioeconomía?	7
Definiciones de bioeconomía	7
Desarrollo conceptual de la bioeconomía	9
La bioeconomía, la economía circular y la economía verde	11
Arreglos institucionales en torno a la bioeconomía	12
Unidad 1.2. ¿Por qué la bioeconomía?	17
Retos del milenio	17
Oportunidades para ALC	18
Importancia de los recursos y los procesos biológicos para la bioeconomía	19
La bioeconomía en cifras	21
Unidad 1.3. La bioeconomía y los ODS	22
Contribuciones de la bioeconomía a la Agenda 2030	22
Resumen	25
Referencias bibliográficas	26
Módulo 2: La nueva frontera de conocimiento y tecnología	28
Unidad. 2.1. Introducción: Los avances científicos y tecnológicos como motores de la bioeconomía	29
Unidad 2.2. La biotecnología: conceptos centrales, tipos y ámbitos de aplicación	31
Biotecnología agrícola	33
La biotecnología en la cría de animales	35
Tecnologías para la producción de alimentos sintéticos	37
Biotecnología en la industria textil	38
Biotecnología y salud	39
Unidad 2.3. Tecnologías convergentes	41
Agricultura digital	41
Inteligencia artificial (IA)	42
Robótica	43
Internet de las cosas	44
Blockchain	45
Unidad 2.4. Nanotecnología	46
Resumen	48
Referencias bibliográficas	50

Módulo 3. Senderos para el aprovechamiento de la bioeconomía	42
Unidad 3.1. Inductores del desarrollo de la bioeconomía	43
Fuerzas inductoras de la bioeconomía	43
Vías alternativas para el desarrollo de la bioeconomía en ALC	45
Unidad 3.2. Senderos para el desarrollo de la bioeconomía en ALC	46
Sendero: Uso de los recursos de la biodiversidad	47
Sendero: Eointensificación (o intensificación sostenible)	48
Sendero: Biorrefinerías y bioproductos	49
Sendero: Aplicaciones biotecnológicas	54
Sendero: Servicios ecosistémicos	55
Sendero: Incremento de la eficiencia de las cadenas de valor	57
Vinculación entre senderos	59
Resumen	61
Referencias bibliográficas	63
Módulo 4. La bioeconomía en ALC: ventajas comparativas y oportunidades	66
Unidad 4.1. Ventajas comparativas de ALC para el desarrollo sostenible de la bioeconomía	67
Biodiversidad	68
Disponibilidad de tierra	70
Disponibilidad de agua	72
Producción de biomasa	72
Otros factores determinantes	76
Unidad 4.2. Oportunidades de la bioeconomía para el desarrollo económico, social y ambiental de ALC	82
Oportunidades en el sector agropecuario	82
Oportunidades en diversos sectores	84
Oportunidades para apoyar la inclusión y la sostenibilidad ambiental	86
Resumen	88
Referencias bibliográficas	89
Módulo 5. Experiencias de aprovechamiento bioeconómico en ALC	93
Unidad 5.1. Panorama general de las experiencias bioeconómicas en ALC	94
Desarrollos bioeconómicos en ALC	94
Unidad 5.2. Estudios de caso de bioeconomía en ALC	97
Caso 1. El proyecto bioenergético del Grupo Los Balcanes	98
Introducción	98
Desarrollo del caso	99
Proyección del caso	100
Preguntas para reflexionar	101
Caso 2. Minidestilerías de etanol de maíz Porta Hnos.	101
Introducción	102
Desarrollo del caso	103

Proyección del caso	105
Preguntas para reflexionar	106
Caso 3. CoopeTarrazú R. L., aprovechamiento de la pulpa de café para la biorremediación de los suelos	107
Introducción	107
Desarrollo del caso	108
Proyección del caso	110
Preguntas para reflexionar	110
Caso 4. Desarrollo de empaques biodegradables a partir de almidón de yuca	111
Introducción	111
Desarrollo del caso	113
Proyección del caso	116
Preguntas para reflexionar	116
Resumen	117
Referencias bibliográficas	118

Módulo 6. Retos y respuestas institucionales para impulsar la bioeconomía en ALC **119**

Unidad 6.1. La institucionalidad y las políticas de apoyo para la bioeconomía en ALC **120**

Contexto general	121
Argentina	122
Brasil	123
Colombia	124
Costa Rica	125
Ecuador	126
México	127
Paraguay	128
Uruguay	128

Unidad 6.2. Desafíos en materia de marcos normativos, políticos y de mercado para potenciar el aprovechamiento de la bioeconomía en ALC **130**

Requerimientos para la bioeconomía en ALC	131
Los desafíos de políticas en la transición hacia la bioeconomía	133
La hoja de ruta para la construcción de las políticas para la promoción de la bioeconomía	134
El apoyo del IICA a los procesos de gestión de políticas para la promoción de la bioeconomía en ALC	137
Resumen	139
Referencias bibliográficas	140

PRESENTACIÓN

La bioeconomía ofrece alternativas y respuestas concretas a los desafíos productivos, ambientales y sociales actuales; sin embargo, para aprovechar al máximo su potencial, esta nueva visión se debe reflejar en estrategias, políticas y programas que promuevan un modelo agrícola y rural más inclusivo y sostenible que no sacrifique el crecimiento, la eficiencia ni la rentabilidad.

En este contexto, el Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) ha elaborado el presente manual de capacitación intitulado “Bioeconomía: potencial y retos para su aprovechamiento en América Latina y el Caribe”, como parte de un proceso de difusión y sensibilización sobre el potencial de este enfoque económico para el desarrollo de la región.

Sin lugar a duda, América Latina y el Caribe (ALC) se halla ante una oportunidad única para aumentar la eficiencia en los productos y procesos biológicos, generando —a partir de la utilización intensiva de la biomasa— una participación en las cadenas de valor nunca antes considerada en rubros como la biofarmacéutica, la bioinformática, la generación de productos para la construcción, la cosmetología y los alimentos medicinales, entre otros, que pueden potenciar la agricultura de la región. Ello permitiría, además, un uso más intenso de la biotecnología y la provisión de servicios ecosistémicos, en beneficio de los temas ambientales y sociales.

En este manual se abordan las bases conceptuales de la bioeconomía, la nueva frontera científica-tecnológica, los nuevos senderos de aprovechamiento ofrecidos por este enfoque y las ventajas comparativas de ALC, considerando experiencias y casos prácticos que ya están siendo sistematizados. Finalmente, se analizan los desafíos que enfrenta la región en materia de bioeconomía.

La estructura y los contenidos del manual se basan en el curso virtual “Introducción a la Bioeconomía Argentina”, auspiciado por las Secretarías de Gobierno de Agroindustria y de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva, así como por la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina, en el marco de un acuerdo de cooperación.

Se espera que este manual contribuya a mejorar el conocimiento general acerca de la bioeconomía y las oportunidades que esta ofrece para apuntar al desarrollo sostenible de ALC.

Módulo 1.

Bases conceptuales de la bioeconomía



OBJETIVO DEL APRENDIZAJE

Conocer distintas concepciones de la bioeconomía, su visión del desarrollo productivo, sus orígenes, sus ejes impulsores y su potencial para el desarrollo económico, ambiental y social de ALC.

UNIDADES

- Unidad 1.1. ¿Qué es la bioeconomía?
- Unidad 1.2. ¿Por qué la bioeconomía?
- Unidad 1.3. La bioeconomía y los ODS

Unidad 1.1. ¿Qué es la bioeconomía?

En la actualidad existe un consenso generalizado de que el mundo se ve crecientemente desafiado y limitado por el deterioro de los recursos naturales y el cambio climático. Frente a proyecciones de población e ingresos que presagian fuertes aumentos en la demanda mundial de bienes y servicios, resulta cada vez más evidente que el largo ciclo de desarrollo iniciado con la revolución industrial y la incorporación del petróleo a la matriz energética está llegando a su fin, ya que no se hace frente de manera adecuada a los nuevos desafíos.

El mundo necesita encontrar y promover un desarrollo económico más limpio y sostenible. En esta coyuntura, los avances en las ciencias biológicas, la física, la química, las tecnologías de información y comunicación y las ingenierías convergen para proponer rumbos alternativos a las estrategias establecidas.

Es en este entorno donde se plantea la bioeconomía como una visión más amplia y ambiciosa del desarrollo, cada vez más central para cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y llevar a la práctica las estrategias de descarbonización de la economía, indispensables para alcanzar —para fines de este siglo— los objetivos relativos a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) compatibles con el límite de aumento de la temperatura media del planeta de 2 °C.

La bioeconomía se presenta como un modelo para alinear el desarrollo social y económico (negocios agrícolas y rurales más rentables, generación de empleo, mejor alimentación y calidad de vida, etc.) con el cuidado del medio ambiente, la descarbonización y la mitigación de los peligros que supone el cambio climático.



Definiciones de bioeconomía

En virtud de la diversidad de abordajes de la bioeconomía en varios países de todo el mundo, en la II Cumbre Mundial de Bioeconomía (GBS)¹, celebrada en Berlín, Alemania, el 20 de abril de 2018, el término bioeconomía se definió, desde una perspectiva global, como “La producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible” (GBS 2018:9).

En la conceptualización que aporta la GBS se destacan tres elementos clave que se presentan en la siguiente ilustración.

FIGURA 1. ELEMENTOS CLAVE DE LA BIOECONOMÍA SEGÚN LA GBS.



1

La conservación de los recursos biológicos, su uso directo y su transformación sostenible en el marco de procesos productivos.



2

La utilización del conocimiento de los recursos, procesos y principios biológicos en el desarrollo de productos, procesos y servicios.



3

La aplicación de tecnologías para la transformación y emulación de recursos, procesos y principios biológicos.

¹ La GBS es un evento global organizado por el Consejo Alemán de Bioeconomía (GBC) y financiado por el Gobierno alemán.

De acuerdo con los elementos clave de la figura 1, los recursos biológicos (como la biomasa y la biodiversidad), el conocimiento y las tecnologías convergentes (que incluyen fundamentalmente las biotecnologías) son los tres factores que impulsan este enfoque y conforman un nuevo paradigma dirigido a cumplir los objetivos de descarbonización y desarrollo sostenible. De modo similar a la GBS, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) define bioeconomía como “la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía” (IICA 2019:5).

La definición que aporta el IICA plantea un continuum de situaciones productivas posibles que van, desde el mejor aprovechamiento de los recursos o de las capacidades productivas subutilizadas en términos de su potencial, hasta las oportunidades emergentes a partir de la aparición de tecnologías disruptivas.

Por otro lado, el proyecto BioSTEP aporta una conceptualización sencilla, pero muy esclarecedora, de la bioeconomía: “La bioeconomía es la rama de la economía que implica el uso de recursos biológicos —bosques, cultivos, animales y microorganismos— para producir comida, materiales y energía” (BioSTEP 2016:4).

Los recientes desarrollos en las ciencias biológicas y las ingenierías confluyen y se retroalimentan con los avances logrados en otros campos, lo que permite aprovechar nuevos usos y oportunidades productivas, según las particularidades de cada espacio productivo-institucional (Bisang y Trigo 2017). De esta manera, la bioeconomía se constituye en un marco transformador del statu quo y en una opción para el desarrollo sostenible.

Desarrollo conceptual de la bioeconomía

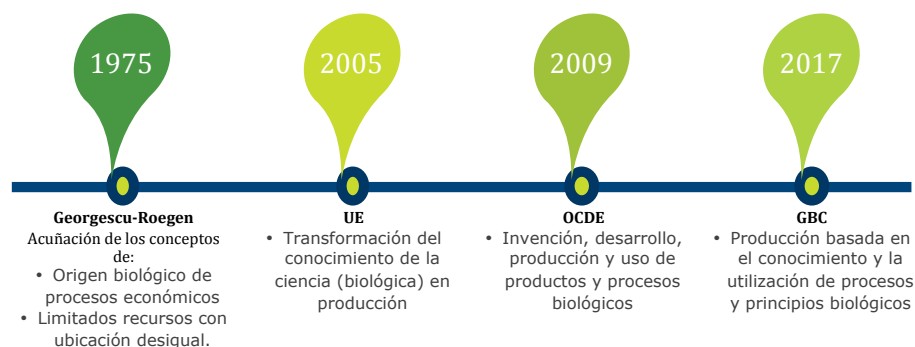
El término “bioeconomía” fue acuñado por Nicholas Georgescu-Roegen en 1975, con el objetivo de subrayar el origen biológico de los procesos económicos y, en consecuencia, los riesgos que la limitación de los recursos naturales y su distribución y apropiación desiguales plantean para la humanidad. Inicialmente, el uso de este término, estrictamente académico, se realizaba en campos como la biología, la economía o la historia natural.

El concepto de bioeconomía se incluyó en las discusiones sobre políticas de desarrollo e innovación que tuvieron lugar en la Unión Europea (UE) a mediados de la década del 2000, durante la celebración de dos conferencias intituladas:

- “Nuevas perspectivas en la bioeconomía basada en el conocimiento: transformando el conocimiento de las ciencias de la vida en productos nuevos, sostenibles, ecoeficientes y competitivos”², organizada en Bruselas, Bélgica en 2005, y
- “En ruta a la bioeconomía basada en el conocimiento”, efectuada en Colonia, Alemania en 2007.

2. Véase el informe que sintetiza los hallazgos de la conferencia (disponible en inglés): http://edz.bib.uni-mannheim.de/daten/edz-bra/gdre/05/kbbe_conferencereport.pdf.

FIGURA 2. HITOS DEL CONCEPTO DE BIOECONOMÍA.



El proceso iniciado con ambas conferencias se consolidó con la publicación en 2010 de “La bioeconomía europea en 2030”, así como con el lanzamiento y la adopción en febrero de 2012 de la Estrategia Europea de Bioeconomía, intitulada “Innovación para el crecimiento sostenible: una bioeconomía para Europa” (actualizada en 2018³).

Otro de los textos fundamentales acerca de esta temática es “La evolución de la bioeconomía hasta 2030: diseño de una agenda política”⁴, publicado en 2009 por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE).

La bioeconomía, la economía circular y la economía verde

Entre los antecedentes principales del concepto de bioeconomía se encuentra lo que se conoce como economía verde y economía circular. Estos tres conceptos no son excluyentes, sino términos emparentados en cuanto a su objetivo común de contribuir a un mundo más sostenible y con una menor huella de carbono. Para entender sus similitudes y diferencias, se presentan a continuación los conceptos de economía verde y economía circular.

- En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible (2012) en Río de Janeiro (Río+20), la economía verde se definió como “aquella economía que resulta en un mejor bienestar humano y equidad social, reduciendo significativamente los riesgos ambientales y las escaseces ecológicas” (PNUMA s. f.). En términos más simples, una economía verde es baja en carbono, eficiente en el uso de los recursos y socialmente inclusiva.
- En su Plan de Acción 2015 para la Economía Circular, la Comisión Europea la definió como una economía “donde el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantienen en la economía durante el mayor tiempo posible, y se minimiza la generación de desechos” (EEA 2018).

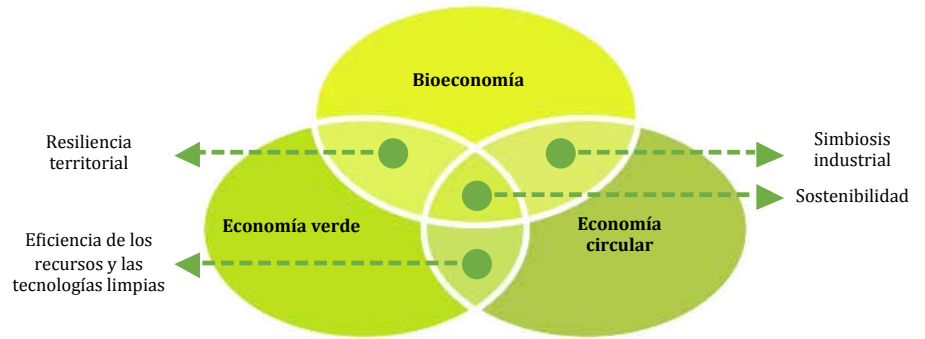
Los tres términos se basan en un conjunto de dimensiones y aspectos de sostenibilidad, que las empresas deberían incorporar en sus actividades (D’Amato et al. 2019).

3. Véase un documento sobre el tema (disponible solo en inglés): <https://ec.europa.eu/research/bioeconomy/index.cfm?pg=policy&lib=strategy>.

4- Véase un documento acerca del tema (disponible en inglés): <http://www.oecd.org/futures/long-termtechnologicalsocialchallenges/thebioeconomyto2030designingpolicyagenda.htm>.

Para recordar...
 Más allá del origen europeo del concepto, en los últimos años un creciente número de países de todo el mundo ha comenzado a adoptar la bioeconomía como una nueva visión del desarrollo y un camino posible para alcanzar muchos de los ODS, formulados por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su Agenda 2030.

FIGURA 3. LA BIOECONOMÍA Y SU RELACIÓN CON OTROS ABORDAJES.



Fuente: Elaborada con base en D'Amato et al. 2019.

Sobre la relación entre la economía verde y la bioeconomía, se puede decir que el primer término tiene un enfoque más socioecológico, mientras que en el segundo, aunque dicho aspecto sigue siendo relevante, se considera además la tecnología.

Hay autores que ubican a la bioeconomía en el marco de la economía verde; sin embargo, la bioeconomía va más allá, al apuntar a la “biologización” de las estrategias industriales y de consumo, al aumento de la eficiencia en el uso del carbono fósil (además de promover su sustitución por carbono sostenible) y a la reducción de los impactos ambientales negativos. Ambos conceptos tienen orígenes diferentes, pero deben ser considerados como complementarios y sinérgicos, ya que definen estrategias de desarrollo congruentes con lo planteado en los ODS (EEA 2018).

El concepto de economía circular está orientado al remplazo del ciclo lineal típico de los procesos derivados de la Revolución Industrial (extraer–procesar/transformar/utilizar–descartar) por sus principios fundamentales que son reducir, reciclar y reutilizar todo tipo de materiales (figura 4), incluidos los metales, los minerales y los recursos biológicos. Este es uno de los puntos en los que ambos conceptos están emparentados, el objetivo común de aportar al mundo procesos más sostenibles y con una menor huella de carbono (IICA 2019).

FIGURA 4. PRINCIPIOS DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.



Arreglos institucionales en torno a la bioeconomía

En los últimos años, la institucionalidad de diferentes países ha implementado estrategias para promover la bioeconomía. De acuerdo con el GBC, alrededor de 50 países han desarrollado o están desarrollando marcos de políticas públicas en materia de bioeconomía, como se ilustra en la figura 5.

FIGURA 5. POLÍTICAS DE BIOECONOMÍA EN EL MUNDO.



Fuente: GBC 2019.

En el cuadro 1 se presenta una sinopsis de dichos arreglos institucionales. Según el tipo de estrategia, el GBC clasifica a los países en las siguientes cuatro categorías (Rodríguez et al. 2017):

- Con estrategias dedicadas;
- Con estrategias relacionadas;
- Con estrategias relacionadas y estrategias dedicadas en proceso de desarrollo; y
- Con estrategias dedicadas en desarrollo.

CUADRO 1. ESTRATEGIAS DE BIOECONOMÍA EN ALGUNOS PAÍSES.

Tipo de estrategia	Europa	Resto del mundo
Países con estrategias dedicadas	<ul style="list-style-type: none"> Alemania (National Research Strategy BioEconomy 2030, 2010; Germany National Policy Strategy on Bioeconomy, 2013; German Bioeconomy Council, 2013). España (Estrategia Española de Bioeconomía Horizonte 2030, 2016). Finlandia (Finland Finnish Bioeconomy Strategy: Sustainable Growth from Bioeconomy, 2014). Francia (A Bioeconomy Strategy for France, 2017). Islandia, Islas Faeroe y Groenlandia (Future Opportunities for Bioeconomy in the West Nordic Countries, 2015). Noruega (Norway's National Strategy on the Bioeconomy, 2016). 	<ul style="list-style-type: none"> Estados Unidos (National Bioeconomy Blueprint, 2012). Japón (Biomass Industrialization Strategy, 2012). Malasia (National Biomass Strategy 2020, 2011, 2013, Bioeconomy Transformation Programme, 2013). Sudáfrica (The Bioeconomy Strategy, 2013). Tailandia (National Biotechnology Policy Framework, 2012-2021). Canadá (The Canadian Bioeconomy Strategy, 2017). Brasil (Programa Bioeconomía Brasil Sociobiodiversidad, 2019). Ecuador (Estrategia Bioemprende, 2019).
Países con estrategias relacionadas y procesos para la elaboración de estrategias dedicadas	<ul style="list-style-type: none"> Austria (Position Paper Bioeconomy, 2013). Irlanda (Developing the Green Economy in Ireland, 2009; Delivering our Green Potential, 2012). Reino Unido (UK Bioenergy Strategy, 2012; Agri-Tech Strategy, 2014). 	
Países con procesos en marcha para la elaboración de estrategias dedicadas	<ul style="list-style-type: none"> Italia (en diciembre 2016 publicó un documento para consulta). Letonia (el 25 de agosto de 2016 se realizó el taller Contribution to Bioeconomy Strategy Development in Latvia). 	<ul style="list-style-type: none"> Argentina (un proceso de consulta regional se desarrolló durante 2016). Uruguay (la estrategia nacional está en proceso y ya presentó avances del Proyecto Bioeconomía Forestal 2050, 2018). Colombia (se estableció la Misión Internacional de Sabios, que coordina trabajos en materia de ciencia, tecnología e innovación para enfrentar desafíos productivos y sociales de forma sostenible, 2019).
Países que tienen estrategias relacionadas con la bioeconomía	<ul style="list-style-type: none"> Dinamarca (Agreement on Green Growth, 2009; The Copenhagen Declaration for a Bioeconomy in Action, 2012). Países Bajos (Framework Memorandum on the Bio-based Economy, 2012). Suecia (Sweden Research and Innovation Strategy for Bio-based Economy, 2012). 	<ul style="list-style-type: none"> Américas: México Asia y Pacífico: Australia, China, India, Indonesia, Nueva Zelanda y Corea del Sur África: Kenia, Mali, Mozambique, Senegal y Uganda

Fuente: Adaptado de Rodríguez et al. 2017.

Las estrategias mencionadas en el cuadro anterior, desarrolladas en ámbitos diversos, incluyen líneas de acción como las siguientes:

- Industrialización de la biomasa (Japón y Malasia).
- Bioenergía (Australia, Brasil, Filipinas, Ghana, India, Indonesia, Kenia, Mali, Mozambique, Nueva Zelanda y Reino Unido).
- Biotecnología en diversos planos (Australia, Brasil, Canadá, Corea del Sur, India, Reino Unido y Tailandia).
- Bioindustria (Australia, Austria, China, Reino Unido, Noruega y Rusia).
- Economía verde (Irlanda y Suiza).
- Economía de los océanos (Mauricio y países nórdicos occidentales).

En la UE las estrategias institucionales en materia de bioeconomía han tenido un mayor desarrollo; sin embargo, en América Latina también se registran esfuerzos relevantes. En la siguiente ilustración se ubican los países de la región que han avanzado al respecto, así como sus políticas más destacadas.

FIGURA 6. POLÍTICAS EN MATERIA DE BIOECONOMÍA EN ALC.



Fuente: IICA 2019.

En el cuadro 2 se explican en mayor detalle las estrategias bioeconómicas que han implementado los países de la región.

CUADRO 2. ACCIONES EN MATERIA DE BIOECONOMÍA REALIZADAS EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA LATINA.

BRASIL	Se desarrolló una política de bioeconomía en la que se implementó un moderno sistema legal de desarrollo de la biotecnología. En este país los factores clave para el desarrollo de la bioeconomía son la modernización del marco regulatorio, el incremento de la inversión en I+D, la consolidación de la base científica y tecnológica, la expansión y modernización de la infraestructura de laboratorio, los estímulos al emprendimiento y la diseminación de la cultura de innovación. En 2019 inició el Programa Bioeconomía Brasil Sociobiodiversidad.
MÉXICO	Este país dio inicio a un proceso de sensibilización y consulta como insumo para la formulación de políticas y estrategias en el tema; asimismo, trabaja en la transición energética y el aprovechamiento sostenible de la energía. Está desarrollando la multiplicación de semillas, plantas y material vegetativo y el establecimiento de cultivos comerciales para la producción de insumos bioenergéticos. En general, el factor clave de su éxito es la estructura institucional que impulsa constantemente la bioeconomía.
ARGENTINA	Se constituyó un comité interministerial y se avanza en el tema de la bioeconomía. La mayoría de los sectores priorizados en el Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de 2013: Argentina Innovadora 2020 se ubican claramente en el ámbito de la bioeconomía. El Ministerio de Agroindustria elaboró una visión de la bioeconomía desde este sector, haciendo hincapié en asuntos de seguridad alimentaria, seguridad energética, mitigación del cambio climático y adaptación a él, y sostenibilidad.
COSTA RICA	Se inició un proceso de consulta, cuyo objetivo es contar con una estrategia nacional de bioeconomía antes de finalizar 2019. Asimismo, el país cuenta desde hace varios años con estrategias de conservación y protección de la biodiversidad y su utilización sostenible.
COLOMBIA	En 2019 se constituyó la Misión Internacional de Sabios, cuya prioridad es la formulación de una política de bioeconomía. Además, se está llevando a cabo el Proyecto Nacional Colombia BIO, liderado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), que apunta a generar una bioeconomía para 2025, aprovechando el hecho de ser el segundo país más biodiverso del mundo. Además, se respaldan varios programas relacionados con el crecimiento de los mercados verdes.
URUGUAY	En 2017 se lanzó el estudio prospectivo “Bioeconomía forestal al 2050”, cuyos resultados se presentaron en 2018. Actualmente se trabaja en un programa nacional de largo plazo sobre el tema para transformar la matriz productiva, con la sostenibilidad como elemento central.
ECUADOR	En 2019 el Gobierno puso en marcha el centro BioEmprende, que promoverá la generación de negocios con base en el uso sostenible de los recursos naturales (biocomercio, bioemprendimiento y bioindustria). El objetivo es fomentar el uso sostenible de la biodiversidad como una estrategia de conservación natural.

Fuente: Adaptado de Betancur et al. 2018.

Unidad 1.2. ¿Por qué la bioeconomía?

Retos del milenio

La bioeconomía ofrece alternativas y respuestas concretas a las presiones productivas y ambientales del mundo actual que, lejos de atenuarse, se incrementarán en las próximas décadas. Por un lado, la agricultura enfrentará fuertes presiones para alimentar a una población mundial no solo sustancialmente más grande, sino también con mayores ingresos y más urbana y avejentada.

El incremento requerido en la producción agropecuaria mundial para 2050 deberá realizarse en un escenario marcado por la reducción del área cultivada, una mayor competencia por los recursos hídricos, la pérdida de la biodiversidad y los recursos naturales y una mayor exposición a los impactos del cambio climático.

FIGURA 7. FACTORES QUE CONDICIONARÁN LA OFERTA Y LA DEMANDA DE ALIMENTOS, FIBRAS Y ENERGÍAS EN 2050 .



Oportunidades para ALC

Ante el panorama antes expuesto, se requiere un modelo agrícola y rural más inclusivo y sostenible, pero que no sacrifique el crecimiento ni la eficiencia, elementos indispensables para satisfacer las principales necesidades en materia de alimentación. La importancia de estas relaciones queda claramente expuesta cuando se analizan las potenciales contribuciones de la bioeconomía al logro de los 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Agenda 2030), pues la bioeconomía está claramente asociada al logro de por lo menos 11 de ellos.

Para los países de ALC, la bioeconomía representa una nueva y relevante oportunidad. La región alberga a países megadiversos (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Cos-

5. Los recursos naturales (agua, suelo y biodiversidad), así como la energía, constituyen la columna vertebral de la agricultura; sin ellos, es difícil concebir su existencia, ya que su productividad depende directamente de la forma en que estos se utilizan (IICA 2015).

6. Las proyecciones son para 2050, a menos que se indique lo contrario.

ta Rica y México), con extensas tierras cultivables y recursos abundantes como agua dulce. Estas condiciones han hecho que ALC sea una de las principales regiones productoras de biomasa sostenible.

Además, la región cuenta con otros elementos que permitirían un mayor y mejor aprovechamiento de sus recursos y conocimientos biológicos, dentro de los que destacan las capacidades científicas y tecnológicas, la infraestructura industrial, el desarrollo de la bioenergía y las relaciones comerciales con el resto del mundo.

CUADRO 3. NECESIDADES Y OPORTUNIDADES DE LA BIOECONOMÍA PARA ALC.

Necesidades	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> • Se debe incrementar sustancialmente la producción de alimentos, energías, fibras y materiales para satisfacer las demandas de una población más grande, adinerada y urbana. • El escenario está caracterizado por una mayor degradación y competencia de los recursos naturales y por un mayor impacto del cambio climático. • Existen fuertes compromisos para avanzar en la descarbonización y sostenibilidad ambiental, así como para mejorar las condiciones de vida de los agentes de las cadenas agrícolas y las poblaciones de los territorios rurales. 	<ul style="list-style-type: none"> • ALC tiene 8 de los 17 países más megadiversos del planeta, más de una cuarta parte de las tierras cultivables y una tercera parte de los recursos de agua dulce del mundo, lo que la convierte en la región con el mayor potencial para la generación de biomasa. • Los avances en las ciencias naturales (biología, física, y química), las ciencias sociales (sociología, economía y política) y las tecnologías de la información y la comunicación se complementan para plantear sendas de desarrollo más eficientes, sostenibles e inclusivos. • ALC tiene la posibilidad de incrementar sustancialmente la eficiencia y sostenibilidad de la producción y transformación de los recursos biológicos a partir del aprovechamiento de las nuevas tecnologías y conocimientos (incrementar la productividad, producir más con menos, reducir las pérdidas y desperdicios, mejorar la eficiencia ambiental, agregar valor, elaborar bioenergías y bioproductos, etc.).

En lo estratégico, la bioeconomía representa la posibilidad de poner en un plano diferente las discusiones sobre la conveniencia de adoptar estrategias de desarrollo basadas en la agricultura en vez de en la industria. Los viejos “límites” sectoriales se vuelven difusos y poco relevantes, dando lugar a nuevas cadenas de valor y formas sostenibles de aprovechar los recursos biológicos, más allá de las restricciones impuestas por lo que se ha dado en llamar la “trampa de los recursos naturales”.

Importancia de los recursos y los procesos biológicos para la bioeconomía

El primer eslabón, o primer nivel trófico, de cualquier cadena alimentaria lo constituyen las plantas (productores primarios), las cuales tienen la capacidad de transformar la energía lumínica del sol en energía que pueda ser utilizada por el resto de los seres vivientes. Ellas disponen de un proceso muy complejo que les permite fabricar su propio alimento y, a partir de él, construir sus propios tejidos y estructuras vegetales de sostén, de transporte, de conducción y almacenamiento de agua y nutrientes, de captura de luz solar y de propagación, es decir, la biomasa.

La biomasa es el “conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma” (PROBIOMASA s. f.). Todos los tipos de biomasa provienen de la luz solar y se originan gracias al proceso de fotosíntesis vegetal, mediante el cual las plantas extraen dióxido de carbono del aire y lo transforman en sustancias orgánicas.

Las plantas producen biomasa a partir de los elementos y compuestos inorgánicos del medio, en presencia de agua y con la intervención de la luz solar como aporte energético. Este proceso fundamental que llevan a cabo las plantas es la fotosíntesis, que tiene una importancia clave para la bioeconomía y para la humanidad en su conjunto. Posteriormente, los animales comen las plantas y aprovechan esos compuestos orgánicos para crear su propia estructura corporal, que en algunas circunstancias servirá también de alimento a otros animales. Estos animales constituyen los siguientes eslabones de la cadena alimentaria, es decir, los siguientes niveles tróficos de los ecosistemas. Por último, se encuentran los descomponedores, como es el caso de los hongos o las bacterias que se alimentan de la materia orgánica muerta y los desechos, devolviendo al medio nutrientes que pueden ser reciclados y utilizados por los productores primarios (las plantas). De esta forma, se completa el ciclo.

La biomasa es el “conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma” (PROBIOMASA s. f.). Todos los tipos de biomasa provienen de la luz solar y se originan gracias al proceso de fotosíntesis vegetal, mediante el cual las plantas extraen dióxido de carbono del aire y lo transforman en sustancias orgánicas.

FIGURA 8. PIRÁMIDE TRÓFICA

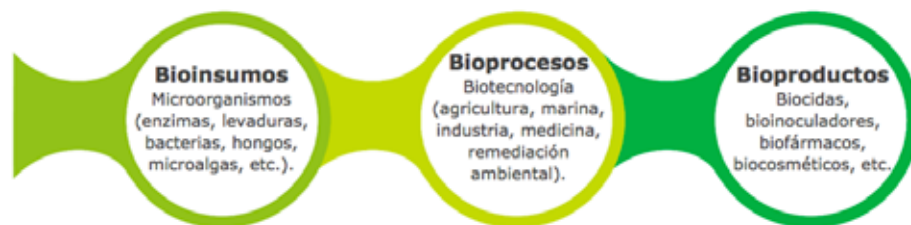


El conocimiento de los procesos biológicos permite intervenir en el flujo natural de la energía y la materia de dos modos:

- en primer lugar, diseñando procesos y tecnologías que maximicen el aprovechamiento “tradicional” de la biomasa;
- en segundo lugar, creando nuevos productos y replicando procesos y sistemas observados en la naturaleza.

De esta manera, la bioeconomía abre camino a la industrialización eficiente y sostenible de la biomasa. Es decir, la bioeconomía permite aprovechar el conocimiento y la tecnología no solo para agregar valor a granos y semillas, entre otros (por ejemplo, bioenergías, biomateriales, etc.), sino también utilizar los procesos y principios biológicos (fuera de los seres vivos) en los procesos productivos y de transformación (figura 9).

FIGURA 9. EJEMPLO DE BIOINSUMOS, BIOPROCESOS Y BIOPRODUCTOS.



Fuente: Elaborada con base en Rodríguez 2016.

En términos del territorio, la bioeconomía enfatiza las oportunidades para los territorios rurales y periféricos de aprovechamiento de los recursos biológicos que pueden resultar en procesos y productos de alta calidad con identidad territorial; de hecho, la bioeconomía habilita el desarrollo de economías localmente integradas (Bugge et al. 2016).

Esto es así porque, por criterios de rentabilidad, la inversión para aprovechar el recurso biológico se debe hacer donde este se localiza, lo cual, evidentemente, incrementará la densidad económica del territorio rural, generando nuevas posibilidades económicas y sociales para los actores ahí presentes.

La bioeconomía en cifras

Europa es la región más avanzada en cuanto al desarrollo de la bioeconomía. Según las últimas cifras disponibles de la Comisión Europea (CE 2018), los procesos productivos basados en la bioeconomía (agricultura, silvicultura, pesca, alimentación, bioenergía y productos de base biológica) representan ingresos anuales de aproximadamente EUR 2000 millones y generan 18 millones de puestos de trabajo.

La facturación de la bioeconomía en ese continente representa el 4.2 % del producto interno bruto (PIB) y el 8.2 % del empleo total de la UE. Cabe destacar que el valor añadido de la bioeconomía aumentó en aproximadamente EUR 96 000 millones entre 2009 y 2015; 60 % de estos fueron generados por los sectores de la agricultura, los alimentos, las bebidas y el tabaco. En ese mismo período, mientras el empleo general se reducía, el generado por los sectores de base biológica aumentó, como fue el caso de los productos químicos, los productos farmacéuticos, los plásticos y el caucho (27 000 personas, 6.6%), y el sector de la electricidad de base biológica (6000 personas, 79.9 %) (Philippidis 2019).

A nivel global, los mercados relacionados con la bioeconomía crecen a tasas superiores al 10 % anual, lo que representa una oportunidad para generar procesos, productos y servicios innovadores, si se aprovechan los recursos biológicos, genéticos y sus derivados, así como la biomasa residual, para incorporar conocimiento e innovación y generar nuevos negocios. En el cuadro 4 se resumen algunas de estas oportunidades (DNP 2018).

CUADRO 4. OPORTUNIDADES DE MERCADO RELACIONADAS CON LA BIOECONOMÍA.

Aplicación sectorial	Ventas (miles de millones de USD)	Tasa de crecimiento (%)	Año previsto
Alimentos médicos	13.34	7.3	2018
Cosmecéutica	52.75	8.62	2018
Biofertilizantes	10.2	14.07	2018
Material de siembra	85.23	12.1	2018
Biofármacos	289.52	12.3	2017
Bioinformática	9100	24.4	2018
Biocombustibles	23.9	25	2020

Fuente: Elaborado con base en datos de DNP 2018.

Unidad 1.3. La bioeconomía y los ODS

La bioeconomía no se basa solamente en el aprovechamiento de los nuevos conocimientos y tecnologías, que convergen y se potencian entre sí para ofrecer nuevas opciones que hace muy poco tiempo no se consideraban posibles. También se basa en un cambio total del rol que juegan los recursos biológicos en las propuestas de nuevos modelos de desarrollo que contribuyan en mayor medida a la eficiencia, al bienestar social y a las demandas de patrones de producción y consumo más alineados con los objetivos de mitigación del cambio climático y adaptación a sus efectos.

La bioeconomía fomenta la densidad económica en un territorio y las interacciones entre las cadenas ahí presentes. Permite aprovechar los procesos, principios y recursos biológicos para obtener una diversa cantidad de productos adicionales (más allá del grano, la semilla o el producto primario que hoy representa una significativa proporción de la producción sectorial) y dinamizar procesos productivos comerciales que se encadenan con otros sectores.

La bioeconomía surgió como una estrategia para aprovechar de mejor manera las nuevas tecnologías biológicas, principalmente la biotecnología; sin embargo, rápidamente ha evolucionado hacia una visión más amplia para el desarrollo sostenible, en línea con los ODS.

Contribuciones de la bioeconomía a la Agenda 2030

Como destaca el Comunicado de la Cumbre Global de Bioeconomía (GBS 2018), celebrada en Berlín, Alemania, la bioeconomía puede realizar contribuciones significativas para la implementación de la Agenda 2030, al promover factores relevantes para el logro de varios ODS, tal como se detalla a continuación:

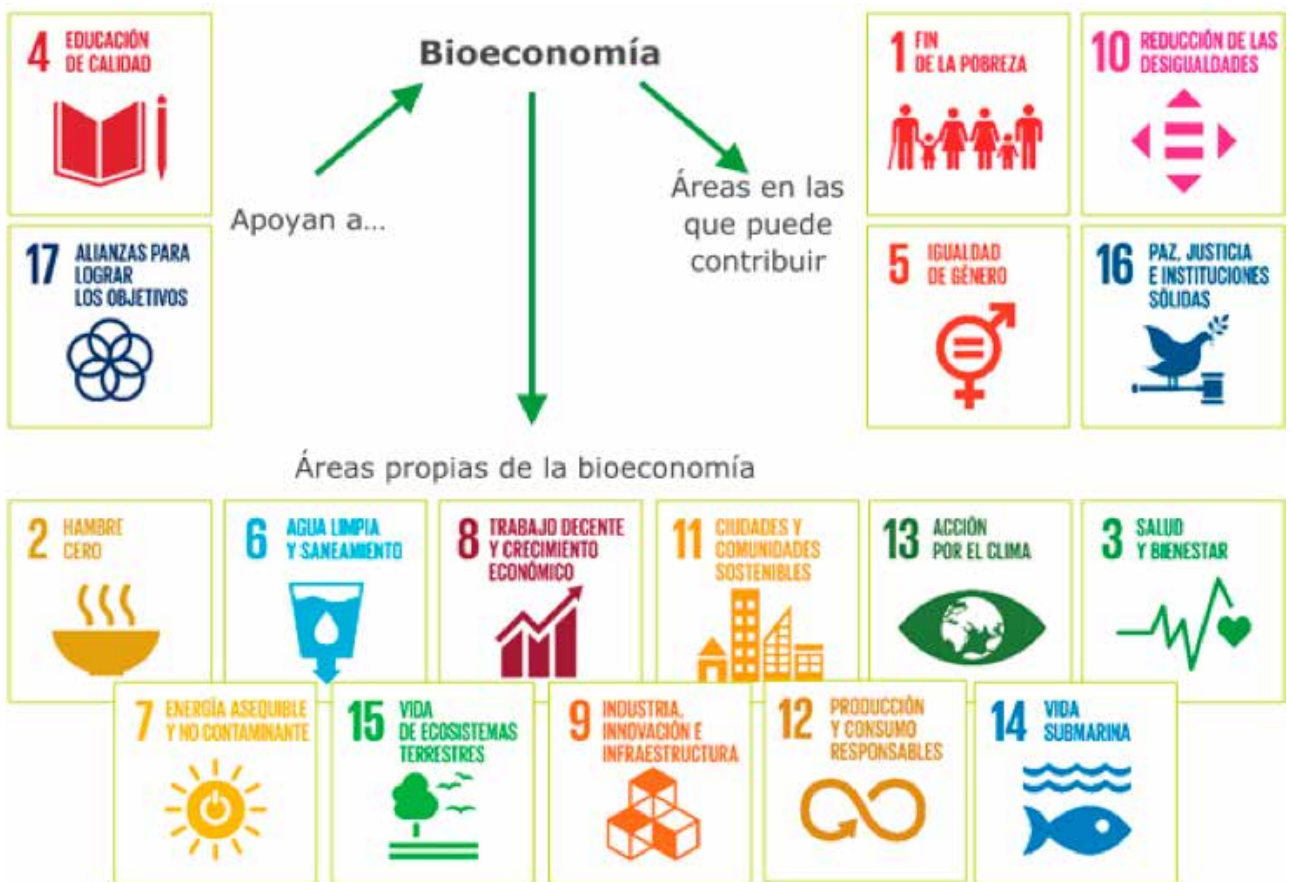
- La base material y energética de la bioeconomía la constituyen los recursos biológicos, por lo que es una alternativa para descarbonizar la economía, y puede desempeñar un rol fundamental en la acción climática (ODS 13: combatir el cambio climático).
- La bioeconomía se relaciona con la producción sostenible de alimentos saludables y con la intensificación sostenible de la producción agropecuaria (ODS 3: vidas saludables y ODS 15: protección de ecosistemas terrestres).
- La bioeconomía está relacionada con la producción de bioproductos y bioinsumos agrícolas y con el desarrollo de nuevas actividades de base biológica (ODS 2: terminar con el hambre, ODS 8: nuevas fuentes de trabajo decente y desarrollo económico sostenible, y ODS 9: industria e innovación).
- Entre los senderos de aprovechamiento de la bioeconomía están las biorrefinerías y asociada a ellas la producción de biomateriales (tales como bioplásticos) y productos de mayor valor, y de distintos tipos de bioenergía (ODS 8: nuevas fuentes de trabajo decente y desarrollo económico sostenible, ODS 9: industria e innovación, y ODS 7: energía sostenible y accesible para todos).
- Asociada al concepto de refinería también está la posibilidad de cerrar ciclos productivos, mediante la utilización productiva de la biomasa de desecho generada en procesos de producción y consumo (ODS 12: producción y consumo responsables y ODS 11: ciudades y comunidades sostenibles).
- Un elemento innovador de la bioeconomía es la posibilidad de desarrollar productos, procesos y sistemas replicando procesos y sistemas observados en la naturaleza (biomímesis). Ello puede dar lugar al desarrollo de nuevas cadenas de valor (ODS 9: industria e innovación, ODS 14: uso sostenible de la biodiversidad submarina, y ODS 15: usos sostenibles de la biodiversidad terrestre).
- La bioeconomía también abarca el desarrollo de alternativas de biorremediación para enfrentar problemas de contaminación ambiental, por ejemplo, para la recuperación de suelos degradados o contaminados y el tratamiento de aguas para consumo humano y de aguas de desecho (ODS 6: agua limpia y saneamiento para todos y ODS 15: usos sostenibles de la biodiversidad terrestre) (Rodríguez s. f.).

Para recordar...

La bioeconomía permite:

- El incremento del desarrollo productivo de las cadenas de valor al aumentar no solo la producción de biomasa sino también sus posibles usos.
- Nuevas posibilidades económicas y sociales para todos los actores presentes en los territorios (incluyendo también a los jóvenes y mujeres rurales, dado que por criterios de logística y rentabilidad el aprovechamiento de la bioeconomía requiere que las inversiones se ubiquen en los territorios donde se encuentran los recursos biológicos).
- Reducir la huella de carbono de los países, dado que la bioeconomía fomenta la circularización de los procesos productivos y los nuevos usos de la biomasa para la producción de bioenergías y bioproductos que fomentan el cambio en la matriz energética.
- Paralelamente, la radicación local de las producciones contribuye a mejorar la huella de carbono al trasladar productos energéticamente más densos y/o de menor volumen que sus materias primas.

FIGURA 10. LA BIOECONOMÍA Y LOS ODS.



Resumen

La bioeconomía constituye un modelo para alinear el desarrollo social y económico (negocios agrícolas y rurales más rentables, creación de empleo, mejor alimentación y calidad de vida, etc.) con el cuidado del medio ambiente, la descarbonización y la mitigación de los peligros del cambio climático.

El IICA (2019) define la bioeconomía como la utilización intensiva de conocimientos en recursos, procesos, tecnologías y principios biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios en todos los sectores de la economía. Este concepto difiere de lo que se conoce como economía verde y economía circular, pero no son excluyentes, sino que más bien se complementan.

Cada vez más la institucionalidad de diferentes países ha comenzado a adoptar la bioeconomía como un modelo de desarrollo ante las presiones demográficas y ambientales actuales y proyectadas. Bien gestionado, este desafío podría constituir una oportunidad para ALC, considerando que esta región alberga a países megadiversos, característica inherente e indispensable para la bioeconomía.

De igual manera, los mercados relacionados con la bioeconomía se han venido posicionando en el ámbito global, lo que representa una oportunidad para generar procesos, productos y servicios innovadores mediante el aprovechamiento de los recursos biológicos, genéticos y sus derivados, así como de la biomasa residual.

De esta manera, la bioeconomía genera nuevas posibilidades económicas y sociales para los territorios rurales, que es donde se ubica el recurso biológico.

Dada su orientación, la bioeconomía podría contribuir en la implementación de la Agenda 2030, considerando que sus fundamentos están alineados con la mayoría de los ODS.

Referencias bibliográficas

- Betancur, CM; Moñux, D; Canavire, G; Villanueva, DF; García, J; Renza, LM; Méndez, K; Zúñiga, AC; Olaguer, E. 2018. Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia n.º 1240667, fase I: Priorización de los sectores estratégicos de bioeconomía para Colombia (en línea). s. l., Colombia, Biointropic, Universidad EAFIT, SILO. Consultado 18 may. 2019. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/Creimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/informe%201-1-INFORME%20BIOECONOMIA%20FASE%201%20FINAL%2024012018.pdf>.
- BioSTEP. 2016. Modelando juntos la bioeconomía (en línea). Berlín, Alemania, BIOCOM AG. Consultado 20 may. 2019. Disponible en http://www.bio-step.eu/fileadmin/BioSTEP/Bio_documents/Biostep_BroA5_2016_ES.pdf.
- Bisang, R; Trigo, E. 2017. Bioeconomía argentina. Modelos de negocios para una nueva matriz productiva. Buenos Aires, Argentina, Bolsa de Cereales-Ministerio de Agroindustria.
- Bugge, MM; Hansen, T; Klitkou, A. 2016. What Is the bioeconomy? A review of the literature (en línea). Sustainability 8(7). Consultado 16 may. 2019. Disponible en <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/691>.
- CE (Comisión Europea, Bélgica). 2018. Una nueva estrategia en materia de bioeconomía para una Europa sostenible (en línea). Bruselas, Bélgica. Consultado 17 may. 2019. Disponible en europa.eu/rapid/press-release_IP-18-6067_es.pdf.
- 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. Consultado 16 may. 2019. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800918306414>.
- DNP (Departamento Nacional de Planeación, Colombia). 2018. Estudio sobre bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia. n.º 1240667. Fase I. Bogotá, Colombia, Biointropic, EAFIT.
- EEA (Agencia Europea del Ambiente, Dinamarca). 2018. The circular economy and the bioeconomy. Partners in sustainability. Luxemburgo. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- GBC (Concejo de Bioeconomía de Alemania). 2019. Bioeconomy Policies around the World (en línea). s. l. Consultado 10 may. 2019. Disponible en https://biooekonomie-rat.de/fileadmin/images/BOER_Bioeconomy_Around_World_Map.pdf.
- GBS (Global Bioeconomy Summit, Alemania). 2018. Comunicado de la Segunda Cumbre Mundial de Bioeconomía (en línea). Berlín Alemania. Consultado 16 may. 2019. Disponible en https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Communique.pdf.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2019. Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 15 may. 2019. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7909/1/BVE19040201e.pdf>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, México). 2015. Documento técnico "Una productividad competitiva, incluyente y sustentable: oportunidad para el continente americano". México.

Philippidis, G. 2019. El papel de la bioeconomía para enfrentar los desafíos de la sociedad en el siglo XXI (en línea). Opiniones y experiencias. Consultado 18 may. 2019. Disponible en <http://bit.ly/31hgds3>.

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Kenia). s. f. Green economy (en línea). Consultado 10 may. 2019. Disponible en <https://www.unenvironment.org/fr/node/23750>.

PROBIOMASA (Proyecto para la Promoción de la Energía Derivada de Biomasa, Argentina). s. f. Energía derivada de biomasa (en línea). Consultado 20 jun. 2019. Disponible en <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/biomasa.php>.

Rodríguez, A. 2016. Bioeconomy and ecosystem services in the context of the 2030 Development Agenda (en línea, diapositivas en Power Point]. In Seminario de Desarrollo Profesional “Gestión de servicios ecosistémicos de bosques tropicales” (Liberia, Costa Rica, 2016). Consultado 19 may. 2019. Disponible en <http://www.iai.int/admin/site/sites/default/files/uploads/Presentation-Adrian-Rodriguez.pdf>.

Rodríguez, A. s. f. La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe. s. n. t. Boletín CEPAL/FAO/IICA.

Rodríguez, A; Mondaini, A; Hitschfeld, M. 2017. Bioeconomía en América Latina y el Caribe (en línea). Santiago, Chile, CEPAL. Consultado 19 may. 2019. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42427/1/S1701022_es.pdf.

Módulo 2.

La nueva frontera de conocimiento y tecnología



OBJETIVO DEL APRENDIZAJE

Sensibilizar y concientizar sobre los principales desarrollos científicos y tecnológicos que posibilitan e impulsan la bioeconomía.

UNIDADES

- Unidad 2.1. Introducción: Los avances científicos y tecnológicos como motores de la bioeconomía
- Unidad 2.2. La biotecnología: conceptos centrales, tipos y ámbitos de aplicación
- Unidad 2.3. Tecnologías convergentes
- Unidad 2.4. Nanotecnología

Unidad. 2.1. Introducción: Los avances científicos y tecnológicos como motores de la bioeconomía

En el primer módulo de este curso, definimos la bioeconomía y repasamos las bases conceptuales en que se apoya su desarrollo. En este segundo módulo, abordaremos las principales tecnologías que posibilitan su aprovechamiento, destacando sus potencialidades para los países de América Latina y el Caribe (ALC).

Si bien el uso de las tecnologías tradicionales contribuye en forma significativa a la aplicación del enfoque de la bioeconomía, los cambios más sustanciales y disruptivos que lo posibilitan fueron provocados por una avalancha de conocimientos biológicos generados en las últimas décadas, los cuales han sido aprovechados gracias a incorporaciones tecnológicas emergentes y a nuevas formas de hacer agronegocios (figura 11).

FIGURA 11. LAS TECNOLOGÍAS ESTÁN CAMBIANDO LA FORMA DE HACER AGRONEGOCIOS.



Fuente: Solution Sistema e Gestão s. f.

En particular, en muchos casos la bioeconomía emerge a partir de un proceso de convergencia de innovaciones provenientes de diferentes ámbitos. Por ejemplo, la combinación de avances en ámbitos como la biodiversidad o las bases moleculares con otros de disciplinas como la química, la ingeniería de sistemas o la mecánica se traduce en diversas aplicaciones y procesos con múltiples utilidades industriales y permite desarrollar nuevos procesos productivos u optimizar los existentes.

Si bien en la bioeconomía confluyen muchas tecnologías, en este módulo abordaremos solo algunas de ellas, enfocándonos especialmente en la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Unidad 2.2. La biotecnología: conceptos centrales, tipos y ámbitos de aplicación

Aunque el concepto puede ser relativamente nuevo para el público general, la biotecnología hace referencia a actividades de producción muy antiguas, aunque en el pasado se desconocía la participación de microorganismos en ellas. Por ejemplo, en el proceso de fermentación de las uvas para producir vino, de los cereales para elaborar cerveza y de las manzanas para elaborar sidra intervienen microorganismos que transforman componentes ricos en azúcares del jugo de frutas o de almidones de los cereales en alcohol. Otros procesos biotecnológicos muy habituales incluyen la fabricación de pan mediante el uso de levaduras y la elaboración de quesos o yogur a partir del agregado de bacterias. Todas estas aplicaciones forman parte de lo que se conoce como biotecnología tradicional.

La biotecnología tradicional se emplea en la elaboración de diferentes productos industriales como alimentos, telas, detergentes, combustibles, plásticos, papel y medicamentos, que por lo general son derivados del metabolismo de los microorganismos involucrados. Son ejemplos la producción de alcohol (para la industria alimenticia y farmacéutica, o para ser utilizado como combustible) y de yogures probióticos.

Otro caso relevante es la producción de enzimas, proteínas que funcionan como catalizadores biológicos y aceleran reacciones químicas, haciendo que el proceso sea más rápido y eficiente. Son utilizadas habitualmente en los detergentes o polvos para lavar la ropa, en la industria alimenticia (por ejemplo, en la fabricación de jugos se usa la enzima pectinasa para disolver los restos de semillas), en la industria textil (por ejemplo, para ablandar los pantalones tipo “jeans” se utiliza la enzima celulasa) y en la industria papelera (por ejemplo, para lograr diferentes texturas en el papel se usa también la celulasa).

La comprensión de los procesos biológicos ha permitido desarrollar en las últimas décadas nuevas técnicas que dieron lugar a la biotecnología moderna. Esta surge en la década de 1980 y se caracteriza por utilizar las técnicas de ingeniería y edición genética, así como el cultivo de tejidos, para modificar y transferir genes de un organismo a otro. La variabilidad genética proviene de todo el conjunto de genes disponibles en la naturaleza, de los diversos centros de origen de las especies y de las múltiples adaptaciones de las especies incorporadas en su material genético. A diferencia de la biotecnología tradicional, el empleo de estas técnicas permite eliminar las barreras de compatibilidad reproductiva.

Hoy muchos países apelan a la ingeniería genética para la producción de alimentos, medicamentos y productos industriales. Algunas aplicaciones incluyen la producción de insulina humana para el tratamiento de la diabetes por bacterias o levaduras y el mejoramiento de cultivos.

Una definición general de biotecnología es la propuesta por el Convenio sobre la Diversidad Biológica, adoptado en 1992, que en su artículo 2 la define como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos, o sus derivados, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos” (MAFA Vegetal Ecobiology 2018).

Por su parte, la Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola (AgroBio) define a la disciplina como “el conjunto de técnicas, procesos y métodos que utilizan organismos vivos o sus partes para producir una amplia variedad de productos”. Podemos plantear que, en sentido amplio, el término se refiere al uso de organismos vivos o sus partes para la creación de productos y procesos útiles para el ser humano (AgroBio 2019).

Cabe destacar que la obtención de un organismo transgénico mediante técnicas de ingeniería genética implica la participación de un organismo que dona el gen de interés y de un organismo receptor del gen que expresará la nueva característica deseada.



Biotecnología agrícola

La biotecnología agrícola o agrobiotecnología se refiere a la aplicación de las técnicas de la ingeniería genética al mejoramiento de cultivos, con el objetivo de generar beneficios para el productor agropecuario. Entre sus aplicaciones se encuentra la obtención de plantas tolerantes a herbicidas, resistentes a insectos y enfermedades, o que pueden sobrevivir mejor en suelos salinos, a bajas temperaturas o en ambientes con lluvias escasas (ver figura 12). También se incluye la obtención de alimentos más nutritivos o saludables, frutos que toleren mejor el transporte y almacenamiento, así como plantas productoras de moléculas de uso farmacológico, biopolímeros o destinadas a la producción de lubricantes o biocombustibles.

FIGURA 12. ARRIBA: MAZORCA DE MAÍZ BT, RESISTENTE A LOS INSECTOS. ABAJO: MAZORCA REGULAR, AFECTADA POR PLAGAS.



En la actualidad, el mejoramiento de plantas es un proceso multidisciplinario y coordinado en que se utiliza o integra una gran cantidad de herramientas y elementos que tradicionalmente se han utilizado a ese fin, así como la bioinformática, la biología molecular y la ingeniería genética. El mejoramiento genético convencional enfrenta algunas limitaciones, tanto en términos de la disponibilidad de germoplasma, como de los plazos requeridos para la obtención y liberación de nuevas variedades.

Germoplasma es el conjunto de los genes que, mediante células reproductoras o gametos, son transmitidos a los descendientes a través de la reproducción.

El uso más habitual de germoplasma se encuentra en el terreno de la botánica y de la agricultura. La idea alude a la diversidad genética de las diferentes especies de plantas, ya sean silvestres o cultivadas por el hombre. Para garantizar la posibilidad de reproducción de las especies, existen los bancos de germoplasma.

Un banco de germoplasma es un reservorio de propágulos —es decir, de partes de la planta que pueden originar nuevos ejemplares como semillas, raíces, esquejes, etc.—, que permite conservar la diversidad genética de un cultivo y de las especies silvestres relacionadas.

En cambio, las técnicas de transformación o ingeniería genética se usan para mejorar o introducir nuevas características a los cultivos mediante intervenciones más precisas, rápidas y predictivas. Por ejemplo, puede aplicarse cuando la característica a ser introducida no está presente en la especie de interés o es muy difícil de mejorar o cuando el proceso puede llevar mucho tiempo por métodos convencionales.

La posibilidad de superar la barrera de cruzamiento sexual mediante la ingeniería genética permite hacer uso de un patrimonio genético más amplio, ya que es posible aislar genes de

Conceptos claves de la biotecnología

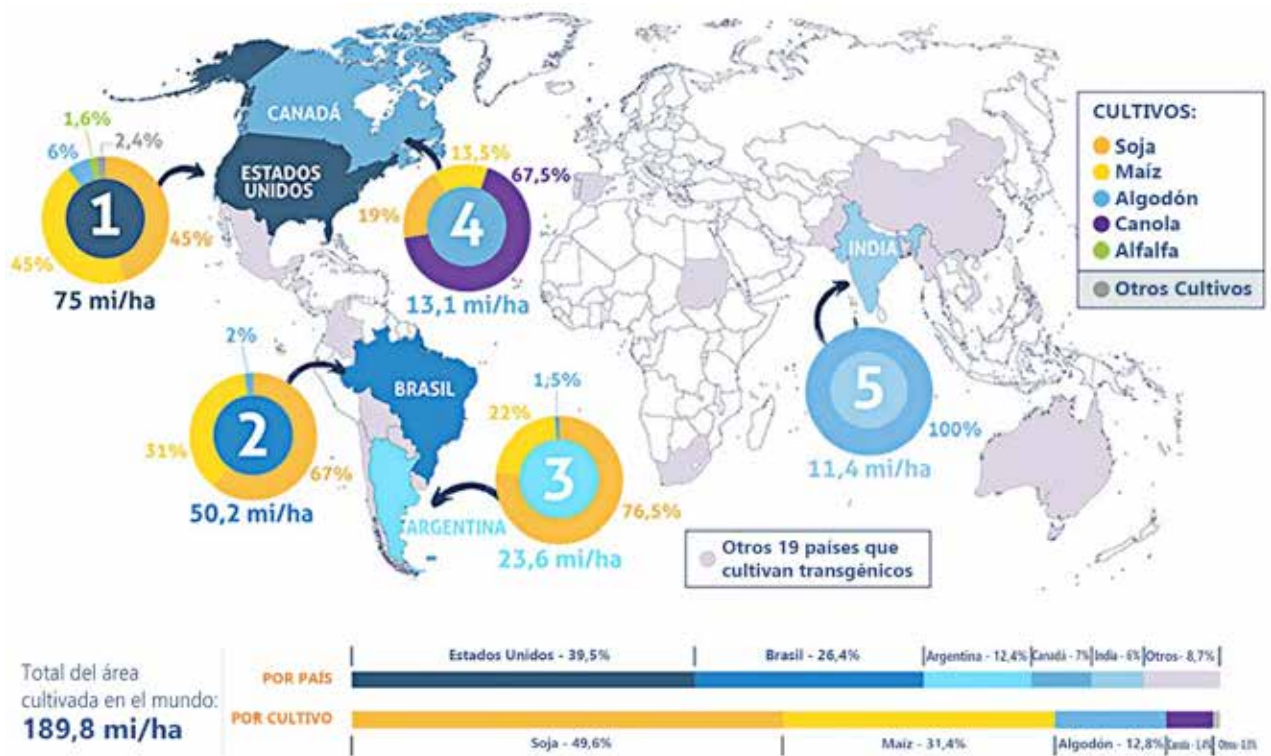
- La ingeniería genética es un conjunto de metodologías que permite clonar (multiplicar) fragmentos de ácido desoxirribonucleico (ADN) y expresar genes —es decir, producir las proteínas para las cuales estos genes codifican— en organismos diferentes al de origen. Así, es posible obtener proteínas de interés en organismos diferentes del original del cual se extrajo el gen, para —por ejemplo— mejorar el desempeño productivo de cultivos y animales o producir fármacos.
- El segmento de ADN que contiene la información para codificar una proteína específica se denomina gen. El ADN que combina fragmentos de organismos diferentes es conocido como ADN recombinante (ADNr). En consecuencia, las técnicas que emplea la ingeniería genética se llaman técnicas de ADNr.
- Los organismos que reciben un gen que les aporta una nueva característica se denominan organismos genéticamente modificados (OGM) o transgénicos y pueden ser plantas, bacterias, hongos o animales.

cualquier origen y transferirlos entre especies no emparentadas. Es también posible dirigir la expresión de estos nuevos genes a ciertas partes específicas de la planta (raíz, hoja) o en algún momento en particular o circunstancia del ciclo vital del organismo, como la floración.

Por otra parte, las prácticas de biotecnología agrícola brindan la posibilidad de incrementar la productividad sin agregar impactos negativos al medioambiente e incluso de revertir los impactos ya causados. En este sentido, pueden utilizarse como una alternativa sostenible a las prácticas convencionales.

El uso de cultivos transgénicos puede disminuir potencialmente la necesidad de plaguicidas y herbicidas para controlar plagas, malezas y enfermedades y permitir una aplicación más selectiva de los productos químicos agrícolas. Así, la combinación de la siembra directa con cultivos transgénicos tolerantes a los herbicidas o resistentes a las plagas puede ayudar a evitar la degradación y erosión del suelo, por cuanto se reduce o elimina el desmalezado, la labranza y la compactación del suelo y se deja sobre el terreno el residuo de las cosechas anteriores, a fin de formar una capa protectora del suelo con materia orgánica reciclada.

FIGURA 13. ÁREA CULTIVADA CON TRANSGÉNICOS EN EL MUNDO (EN MILLONES DE HECTÁREAS).



Fuente: Adaptada de ISAAA 2018.

Expertos de todo el mundo estiman que a mediano plazo las innovaciones biotecnológicas triplicarán los rendimientos de los granos sin requerir más tierra cultivada. En efecto, dichas innovaciones ofrecen los medios para incrementar el rendimiento de las cosechas y producir alimentos más nutritivos y de mejor gusto, así como plantas más resistentes a enfermedades e insectos. Y, por supuesto, si se reduce el empleo de productos fitosanitarios, menor será la contaminación ambiental y la exposición animal y humana a los químicos.

Desde el punto de vista de la seguridad para el uso humano y animal, pocas tecnologías en la historia de la humanidad han sido introducidas con marcos regulatorios tan estrictos como la biotecnología moderna. Las variedades transgénicas son evaluadas rigurosamente antes de ser introducidas en el mercado, en lo que respecta a seguridad ambiental, aptitud para el consumo, composición sustancial, calidad nutricional y presencia de toxinas o alérgenos (ver figura 14).

FIGURA 14. VARIEDADES TRANSGÉNICAS DE ARROZ DORADO PRODUCTOR DE BETA-CAROTENOS.



Por eso, puede afirmarse que ningún otro tipo de cultivo (de mejoramiento clásico) ha sido sometido a evaluaciones tan rigurosas como los transgénicos. A la vez, millones de personas en todo el mundo consumen plantas transgénicas y sus derivados (aceite, harina, almidón, etc.) desde hace más de una década, sin que se haya reportado evidencia científica alguna que sugiera que los alimentos derivados de cultivos genéticamente modificados sean más riesgosos para la salud humana que el resto de los alimentos.

La biotecnología en la cría de animales

En cuanto al impacto de la biotecnología moderna en la cría de animales, cabe mencionar que sus desarrollos son más incipientes que los realizados en materia de cultivos y microorganismos. Sin embargo, ya existen avances importantes en marcha en el mundo y en ALC.

Cabe señalar que la primera ternera transgénica desarrollada por clonación fue obtenida en Argentina en 2002, y producía la hormona de crecimiento humana en su leche, con posibilidades de aplicación para tratar patologías del crecimiento en los niños. Por otra parte, en Nueva Zelanda, por ejemplo, se han realizado avances en la creación de vacas transgénicas que producen leche con menos riesgo de provocar reacciones alérgicas. Algunas posibles aplicaciones de la ingeniería genética en animales incluyen:

7. Para más información sobre el tema, consultar el artículo “No es un ternero cualquiera”, disponible en <https://www.pagina12.com.ar/diario/sociedad/3-1036-2002-01-21.html>.

8. Para profundizar sobre el tema, consultar el artículo “Una vaca modificada genéticamente produce leche hipoalérgica”, disponible en https://elpais.com/sociedad/2012/10/02/actualidad/1349174134_902151.html.

Un poco de historia...

Los ratones fueron los primeros animales transgénicos. El primero surgió como producto de una investigación publicada en la prestigiosa revista científica *Nature* en 1982, y producía la hormona de crecimiento de la rata. Al generar mucha más hormona de crecimiento que el ratón silvestre, se veía bastante más grande. Este experimento constituyó una revolución porque mostraba que un gen de una especie podía introducirse en otra especie diferente, integrarse al genoma del receptor y expresarse; es decir, la proteína se fabricaba y el organismo manifestaba la característica asociada. Desde ese momento, los ratones transgénicos constituyeron una herramienta fundamental en el laboratorio para el estudio de la fisiología animal y sirvieron de modelos experimentales para entender las bases de muchas enfermedades que afectan al hombre. Gracias al desarrollo de las técnicas de clonación, con el correr de los años se posibilitó también la obtención de animales transgénicos grandes, como ovejas, cabras, cerdos y vacas. Tracy fue la primera oveja transgénica —antes de la famosa Dolly— y vivió entre 1991 y 1998. Dolly, en cambio, fue la primera oveja obtenida por clonación a partir de células somáticas y constituyó un hito porque sentó las bases para crear posteriormente animales transgénicos grandes.

- Ayudar a los investigadores a identificar, aislar y caracterizar los genes y así entender cómo funcionan.
- Contribuir al desarrollo de nuevas drogas y estrategias de tratamiento para enfermedades que afectan a los seres humanos, empleando a los animales como modelos.
- Utilizar animales como fuente de tejidos y órganos para trasplantes en humanos.
- Permitir el mejoramiento del ganado y otros animales de importancia económica.
- Producir leche con mayor valor nutricional o que contenga proteínas de importancia farmacéutica (que se purifican de la leche en grandes cantidades).

Una vez que se obtiene el animal transgénico, es posible producir otros idénticos a partir de la clonación. De esta forma, se puede conservar y multiplicar alguna característica beneficiosa. La clonación permite, además, recuperar animales en extinción para proteger la especie, así como obtener tejidos y órganos para trasplantes.

Tecnologías para la producción de alimentos sintéticos

En los últimos tiempos, se han vuelto cada vez más frecuentes en los medios masivos las referencias a la producción de alimentos sintéticos. Se trata de tecnologías que se orientan a la producción eficiente y sostenible de alimentos, sin necesidad de depender de condiciones ambientales específicas. Si bien los avances que plantean parecen tener tintes futuristas, no se trata de una preocupación tan novedosa: su historia puede rastrearse a la década de 1960, a partir de iniciativas de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) de los Estados Unidos para la producción de alimentos para astronautas.

FIGURA 15. CARNE SINTÉTICA.



Recientemente, la preocupación por el impacto ambiental de los sistemas de producción y la consolidación de movimientos en contra de la matanza de los animales han llevado al surgimiento de la agricultura celular, campo orientado a la generación de diversos productos agrícolas a partir del cultivo de células, a fin de evitar la cría y el sacrificio de animales.

El desarrollo más conocido de la agricultura celular es la carne sintética de ganado vacuno, pollo, pavo y pescado (ver figura 15), producto que diversas start-ups (o nuevos emprendimientos primeros en su tipo) están comenzando a elaborar en forma experimental en Estados

9. Para saber más sobre "carne sintética", consultar "Vamos a comer pronto carne artificial", disponible en: <https://www.lanacion.com.ar/economia/campo/carne-artificial-un-negocio-no-tan-lejano-nid2210042>.

10. Para saber más sobre "leche sintética", consultar "leche sin vaca", disponible en: <https://www.ngenespanol.com/15/buscan-producir-leche-sin-usar-vacas/>.

Unidos, Israel y Europa. Otras direcciones de investigación incluyen la producción de leche sintética —libre de hormonas y antibióticos, y apta para veganos— y la de proteínas, a partir de agua, bacterias, dióxido de carbono y electricidad.

Biología en la industria textil

En cuanto a las aplicaciones de la biología en la industria textil, su uso se encuentra ligado a una doble búsqueda: obtener el efecto deseado en las fibras y, al mismo tiempo, generar el mínimo impacto ambiental. Las enzimas obtenidas por medio de procesos biológicos actúan sobre moléculas específicas bajo condiciones menos agresivas y son biodegradables —y, por ende, respetuosas con el medio ambiente—. Entre las enzimas empleadas, se encuentran las amilasas y las lipasas, utilizadas para el desengrasado de las fibras de algodón; las pectinasas, para su lavado alcalino; las catalasas y las peroxidasas, para realizar un lavado especial previo al teñido; y las celulasas, para ablandar y alisar los tejidos y darles una textura aterciopelada.

FIGURA 16. APARIENCIA DESGASTADA DE JEANS MEDIANTE EL USO DE CELULASAS.



Fuente: Fundación ProTejer

Las celulasas son usadas en la actualidad para generar una apariencia desgastada en los jeans (ver figura 16). Tradicionalmente, para ello se utilizaba un proceso a base de piedra pómez, que desvanecía el color de forma local por roce, pero acarrearaba muchas desventajas. Las máquinas utilizadas se deterioraban rápidamente, la abrasión generada afectaba la calidad de la tela y, al producir efluentes no biodegradables, daba lugar a problemas ambientales. Por el contrario, la utilización de celulasas en el proceso de desgaste de jeans no causa gran degradación de la fibra y asegura un desgaste más uniforme.

Por otra parte, la industria textil es una de las mayores productoras de efluentes contaminantes. En muchos casos, estos contienen productos no biodegradables, son tóxicos y resisten a la destrucción por métodos de tratamiento fisicoquímico.

Las enzimas —al igual que algunos microorganismos— juegan un rol central en el tratamiento de esos efluentes, y pueden ser utilizadas para degradar de manera eficiente un gran número

de contaminantes. Por ejemplo, el *Bacillus subtilis* fue adaptado a un medio de cultivo artificial para biodegradar colorantes del tipo “azo” bajo condiciones de poca oxigenación. Otras bacterias utilizadas para la degradación de azo-colorantes son la *Pseudomonas* sp. y *Sphingomonas* sp.

Biotecnología y salud

El desarrollo de técnicas para el diagnóstico de enfermedades infecciosas o hereditarias es una de las aplicaciones de mayor impacto de la tecnología del ADN. Mediante técnicas de secuenciación de ADN y de reacción en cadena de la polimerasa (PCR), técnica científica que permite tener una gran cantidad de copias de un segmento de ADN determinado, los científicos pueden diagnosticar infecciones virales, bacterianas y fúngicas. La tuberculosis, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA) y muchísimas otras enfermedades infecciosas son diagnosticadas mediante técnicas de PCR en forma más sencilla y rápida que por los métodos tradicionales, lo que permite intervenir para tratarlas de forma más temprana.

La secuenciación del ADN es un conjunto de técnicas bioquímicas que permiten determinar el orden de los nucleótidos, que forman la molécula de ADN. El conocimiento de la secuencia del ADN permite detectar anomalías genéticas.

Otra aplicación estratégica de la biotecnología es la obtención de proteínas humanas recombinantes con fines terapéuticos, mediante sistemas de crecimiento en reactores especiales.

Las proteínas recombinantes son aquellas que se obtienen al expresar un gen clonado en una especie o una línea celular distinta a la célula original.

El primer fármaco recombinante fue la insulina humana, desarrollada a partir de la inserción del gen que la produce en la bacteria *Escherichia coli*. También se han desarrollado muchas vacunas con base en proteínas recombinantes contra distintas enfermedades infecciosas, como la hepatitis B y el virus del papiloma humano. En 2017, se aprobó en la Argentina el empleo de una vacuna recombinante para evitar la “enfermedad de Gumboro¹¹” (ver figura 17), que produce alta mortandad en los criaderos avícolas.

FIGURA 17. VACUNA CONTRA LA ENFERMEDAD AVIAR “GUMBORO”.



Fuente: <http://ria.inta.gob.ar>

11. Para saber más sobre la vacuna contra la enfermedad de Gumboro, consultar el siguiente artículo: www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/prensa/index.php?accion=noticia&id_info=170907123123.

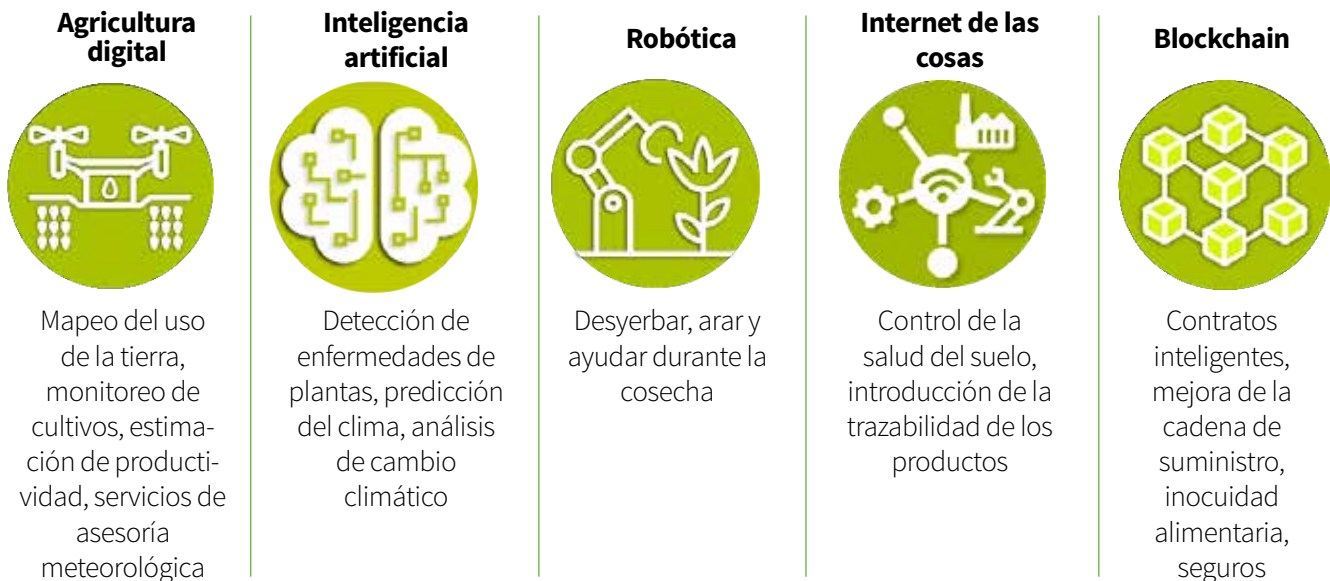
Unidad 2.3. Tecnologías convergentes

La convergencia científico-tecnológica es un concepto central para el enfoque de la bioeconomía. Tal como lo plantean Gauna et al. (2019), se trata de un marco para la resolución de problemas que combina conocimientos, herramientas y técnicas de distintas disciplinas, como las ciencias de la vida, las de la computación, la matemática, la física y las ingenierías, a fin de dar lugar a un abordaje holístico, que permita hacer frente a desafíos científicos y sociales complejos y multidimensionales, como son los casos del cambio climático, los cambios en el uso del suelo y la pérdida de la biodiversidad.

En este marco, los países de ALC —una de las regiones históricamente más destacadas en la producción y exportación de commodities agropecuarios y alimentos a nivel mundial— se ven ante la necesidad de revisar sus modelos tradicionales de organización de la ciencia e innovación, para responder a las necesidades y demandas de un contexto crecientemente complejo e incierto.

Algunas de las tecnologías convergentes cuya aplicación en los sectores agropecuario y agroalimentario conlleva un significativo potencial son la agricultura digital, la inteligencia artificial, la robótica, la internet de las cosas (IdC, o IoT por su sigla en inglés) y el blockchain (figura 18), entre otras, las cuales se abordan a continuación.

FIGURA 18. EJEMPLOS DE NUEVAS APLICACIONES TECNOLÓGICAS EN LA AGRICULTURA.



Fuente: Elaborada con base en FAO e ITU 2019.

Agricultura digital

El concepto alude al empleo intensivo de tecnologías de información y computación en la producción agrícola y da cuenta de una nueva etapa en la evolución de la agricultura de precisión. Este último concepto engloba al conjunto de tecnologías que buscan optimizar la producción agrícola a través de la observación, el monitoreo y la actuación sobre la variabilidad de los factores de producción del cultivo (como las cantidades de agua y fertilizantes, o los tipos de suelo), tanto en su dimensión espacial como temporal.

Con los avances en el ámbito digital, las técnicas de la agricultura de precisión se han complejizado a partir de la incorporación de un rango muy amplio de tecnologías, que incluyen desde plataformas y aplicaciones digitales simples hasta desarrollos derivados de la robótica, la dronótica (ver figura 19), la inteligencia artificial, la teledetección, los sensores, la internet de las cosas y la inteligencia de datos (big data).

FIGURA 19. USO DE DRONES EN LA AGRICULTURA.



Fuente: RuralTV s. f.

En particular, se trata de herramientas que permiten recoger, procesar y actuar sobre colecciones de datos muy variadas, que incluyen mapas de productividad, muestreos de suelo por ambientes, parámetros de características físicas, químicas y biológicas del suelo, topografía, densidad y aptitud de uso de la tierra, y que desafían a pensar integradamente. Por ejemplo, existen plataformas digitales que permiten recopilar y visualizar fácilmente los datos de campo, analizar y evaluar el rendimiento de los cultivos y gestionar la variabilidad de las tierras, mediante planes personalizados de fertilidad y siembra para optimizar la productividad de los cultivos.

Algunos desafíos para la expansión de la agricultura digital en ALC se vinculan con el uso y la propiedad de los datos recolectados por los nuevos sistemas, con la generación de modelos que permitan analizar datos de campo de creciente complejidad y heterogeneidad y con el desarrollo de la infraestructura necesaria para la gestión de plataformas integradas de datos.

Inteligencia artificial (IA)

Esta disciplina estudia el problema general de simular procesos de inteligencia humana en máquinas, especialmente en sistemas informáticos. Entre sus diferentes ramas, se destaca el aprendizaje de máquinas o automatizado (conocido como ML por sus siglas en inglés, machine learning), una de las áreas con mayor potencial de aplicaciones en el sector agropecuario.

Su objetivo es desarrollar técnicas que permitan que las computadoras mejoren su desempeño con la experiencia, identificando patrones a partir de comportamientos e inferencias particulares y utilizando estas inferencias para realizar predicciones y tomar decisiones aplicadas a un conjunto más amplio (y potencialmente infinito) de datos.

Las aplicaciones de estas tecnologías en agricultura son todavía incipientes, pero tienen un importante potencial. Entre ellas, se encuentran desarrollos orientados a la identificación temprana de enfermedades y evaluación de daños, al control de malezas mediante un empleo más eficiente de herbicidas, al uso de modelos predictivos para la mejora en la toma de decisiones agronómicas y a la realización de pruebas en cultivos con deficiencias nutricionales, entre otras (ver figura 20).

FIGURA 20. USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA AGRICULTURA.



Fuente: depositphotos.com

FIGURA 21. USO DE ROBOTS EN LA AGRICULTURA.

Robótica

El avance de la robótica en las actividades agropecuarias y bioindustriales se orienta a una creciente automatización de los procesos productivos. Dicho avance ha sido impulsado por los progresos en las ciencias de la computación e ingeniería, que están llevando a mejoras en las funcionalidades de los robots (ver figura 21) y a disminuciones significativas en sus costos de producción y uso, pero también por la escasez de mano de obra en muchas áreas rurales.

Respecto de este factor, cabe observar que, si bien los robots pueden reducir la demanda de mano de obra para las tareas agropecuarias, su desarrollo alienta nuevas demandas de fuerza de trabajo para otras tareas especializadas conexas, como la programación y el diseño. Algunos ejemplos de estas aplicaciones son el uso de robots para el control de las malezas, a fin de minimizar el uso de herbicidas; el empleo de robots con sensores para la detección de plagas y enfermedades, lo que permite reducir el uso de productos fitosanitarios; la instalación de lecherías robotizadas y otros desarrollos que apuntan a reducir el impacto ambiental de la ganadería o realizar el fenotipado de plantas en el campo.

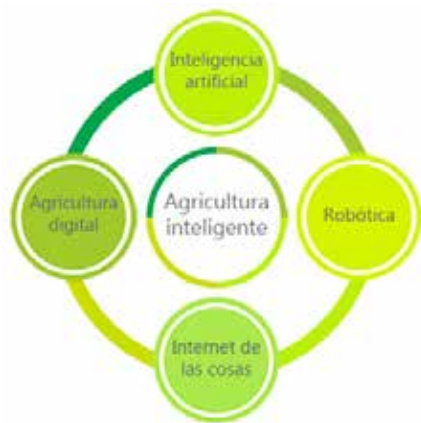


Fuente: depositphotos.com

Internet de las cosas

Conocida como IdC o IoT (por su sigla en inglés: Internet of Things), se refiere a la interconexión digital de objetos físicos como vehículos o máquinas con Internet. A través de la IdC, se pueden instalar sensores donde se desee —en el suelo, el agua o los vehículos— para recoger datos sobre metas relacionadas con los insumos, tales como la humedad del suelo y la salud de los cultivos. La información recopilada se almacena en un servidor o un sistema de nube inalámbrico, que permite el acceso sencillo a los productores por medio de tabletas y teléfonos móviles con conexión a Internet.

FIGURA 22. COMPONENTES DE LA AGRICULTURA INTELIGENTE.



Los avances mencionados en agricultura digital, inteligencia artificial, robótica e IdC en las actividades agrícolas se combinan y fusionan entre sí, convergiendo en un nuevo concepto conocido como agricultura inteligente o 4.0 (ver figura 22). Los objetivos de este modelo apuntan a una producción eficiente, sostenible, en condiciones controladas, de forma remota y que ya no requeriría contar con grandes extensiones de tierras.

Blockchain

Se trata de una tecnología de registro distribuido que permite a todos los miembros de un grupo registrar transacciones en una base de datos descentralizada, distribuida y segura (cifrada), mantenida en una red de computadoras. Las transacciones deben ser verificadas y validadas por varios usuarios, lo que incrementa su transparencia y seguridad.

La tecnología de blockchain (cadena de bloques) se popularizó por ser la base del desarrollo de las criptomonedas, como el bitcoin. Esta tecnología emergente y disruptiva evoluciona rápidamente, pero resulta difícil de regular.

En el campo de la agricultura y la alimentación, la implementación de blockchain puede aumentar la transparencia y confianza de los sistemas de trazabilidad o seguimiento de los productos a lo largo de sus cadenas de valor y, así, ayudar a incrementar el valor de los bienes con atributos de credibilidad y reducir el número de intermediarios en la cadena.

Ejemplos de aplicaciones de blockchain en la agricultura

- Trazabilidad de prácticas de comercio justo, a fin de garantizar que un proceso productivo cumple con prácticas comercialmente éticas y beneficia a productores locales.
- En la trazabilidad de prácticas agropecuarias puede contribuir a reducir eventos de contaminación y garantizar la inocuidad de los alimentos, o aumentar la transparencia en el mercado de tierras agrícolas.

Unidad 2.4. Nanotecnología

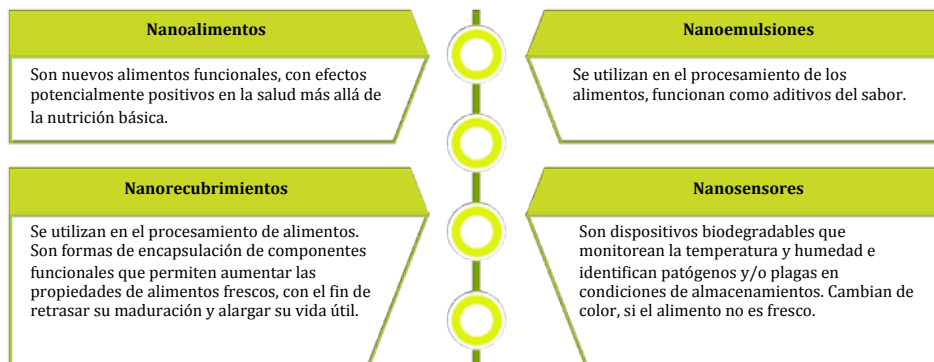
La nanotecnología es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas a través del control de la materia y la explotación de sus fenómenos y propiedades a nanoescala, es decir, en una escala muy pequeña. Un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro. La nanociencia trabaja en una escala 1000 veces más pequeña que cualquier cosa que se pueda ver con un microscopio óptico. No es solamente una ciencia, sino una plataforma que incluye la biología, la química, la física, la medicina, la ciencia de los materiales y la ingeniería.

Esta tecnología, que comenzó su desarrollo hace unos 50 años, pero tuvo un gran crecimiento en la última década, está teniendo un gran impacto en las actividades agropecuarias, la industria y la medicina.

En la agricultura, por ejemplo, se utilizan nanosensores —es decir, dispositivos que permiten transmitir datos e información sobre el comportamiento y las características de las nanopartículas del nivel nanoscópico al macroscópico—, con aplicaciones muy diversas e interesantes: regenerar suelos dañados, tratar enfermedades de los cultivos eficientemente, degradar rápidamente complejas moléculas de pesticidas y mejorar la asimilación de nutrientes por las plantas. Estas diferentes estrategias aportan a una producción agrícola más rentable y sostenible.

Para la industria alimenticia, los beneficios son cada vez mayores y atañen a todos los aspectos del sistema alimentario, desde el cultivo hasta la producción de alimentos, el procesamiento, el envasado, el transporte, la vida útil y la biodisponibilidad de los nutrientes (ver figura 23).

FIGURA 23. EJEMPLOS DE APLICACIONES DE LA NANOTECNOLOGÍA EN LA INDUSTRIA ALIMENTICIA.



La nanotecnología también facilita la purificación de agua, mediante la utilización de nanomateriales como los nanotubos de carbono y fibras de alúmina para la nanofiltración. Este método permite eliminar sedimentos, residuos químicos, partículas cargadas, bacterias y otros patógenos, como los virus, además de trazas de sustancias tóxicas, como arsénico, e impurezas en forma de líquidos viscosos, como los aceites.

Asimismo, la nanotecnología se está empleando para el desarrollo de bioplásticos mejorados. Las soluciones actuales utilizan biopolímeros —macromoléculas sintetizadas por los seres vivos— pero muchos de ellos presentan numerosas limitaciones como, por ejemplo, propiedades de barrera a humedad bajas y propiedades mecánicas débiles.

Otras aplicaciones interesantes de estas novedosas tecnologías se asocian a la reducción del consumo energético, mediante la provisión de nanocomponentes que facilitan el aislamiento térmico; a la producción de fármacos y vacunas vehiculando más apropiadamente los principios activos; a la fabricación de telas con propiedades antibióticas y a muchísimos otros usos más.

Resumen

A diferencia de otros modelos, como la economía verde o la circular, la bioeconomía hace un fuerte énfasis en la aplicación de nuevos conocimientos y en la convergencia de tecnologías diversas, que cumplen un rol fundamental para desarrollar nuevos procesos productivos u optimizar los existentes. En el enfoque bioeconómico convergen tecnologías tradicionales asociadas a las actividades agropecuarias e industriales y otras sumamente modernas y de vanguardia, vinculadas a la biología, la química, las nanoescalas y la gestión de la información y comunicación.

Una de las disciplinas que operan como motor de la bioeconomía es la biotecnología. Si bien desde hace miles de años se han utilizado de modo intuitivo procesos productivos de índole biotecnológico, especialmente para la elaboración de algunos alimentos y bebidas, la comprensión de su funcionamiento y el desarrollo de la biotecnología moderna —basada en técnicas de ingeniería genética, el cultivo de tejidos y la transformación genética— condujo rápidamente a explorar y producir avances sumamente significativos en la salud, la alimentación y el bienestar general.

Por otra parte, los progresos en ingeniería genética y desarrollo de técnicas como la edición génica impulsan innovaciones en campos como la agricultura, la cría de animales, la industria textil y la salud, que ayudan a consolidar nuevos sistemas productivos mucho más eficientes, seguros y amigables con el ambiente.

Asimismo, las TIC también contribuyen de múltiples modos con los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos, complementando y potenciando muchos de los avances mencionados. Los sistemas de trazabilidad seguros basados en la tecnología blockchain contribuyen a la confianza en el consumo de bienes y servicios. La robotización, por su parte, reemplaza eficientemente muchas tareas arduas e inseguras para los trabajadores.

Por último, la nanotecnología, basada en el diseño, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas a nanoescala, también opera como una plataforma de convergencia, que incluye la biología, la química, la física, la medicina, la ciencia de los materiales y la ingeniería. Esta disciplina impulsa innovaciones de vanguardia en campos como la industria alimenticia, la purificación del agua, el consumo energético y la producción de bioplásticos.

Referencias bibliográficas

- AgroBio (Asociación de Agrobiotecnología Vegetal Agrícola, Colombia). 2017. Cultivos transgénicos. Respondemos tus preguntas (en línea). Bogotá, Colombia. Consultado 22 may. 2019. Disponible en https://www.agrobio.org/wp-content/uploads/2016/03/Libro_croplife.compressed.pdf.
- ArgenBio (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología). s. f. Programa Por Qué Biotecnología (PQBio): Colección “El Cuaderno” (en línea). Buenos Aires, Argentina. Consultado 24 may. 2019. Disponible en <https://porquebiotecnologia.com.ar/el-cuaderno>. Cuadernos consultados: 1, 2, 4, 5, 6, 11, 100 y 114.
- BioSTEP. 2016. Modelando juntos la bioeconomía (en línea). Berlín, Alemania, BIOCOM AG. Consultado 24 may. 2019. Disponible en http://www.bio-step.eu/fileadmin/BioSTEP/Bio_documents/Biostep_BroA5_2016_ES.pdf.
- Bonadeo, M; Repetto, L; Bessón, P; Di Leo, N. 2017. La Agricultura Digital y los nuevos desafíos profesionales (en línea). Agromensajes, diciembre, p. 47-48. Consultado 24 may. 2019. Disponible en https://fcagr.unr.edu.ar/wp-content/uploads/2017/12/AM49_013.pdf.
- EEOC (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Argentina). 2018. Caminos de la biomasa. Una experiencia guía en Tucumán (en línea). Avance Agroindustrial 39-1, p. 14-17. Consultado 24 may. 2019. Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar/publicaciones/categoria/14/807/04-AA-39-1.html>.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, Italia); ITU (International Telecommunication Unit, Tailandia). 2019. E-agriculture in action: Blockchain for agriculture: Opportunities and challenges. Roma, Italia.
- ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications) 2018. Brief 54: Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. Consultado 22 may. 2019. Disponible en <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/54/default.asp>
- Gauna, D; Oviedo, S; Kanadani Campos, S; Gomes Pena, M; Vial, A; Szostak S. 2019. Síntesis del estudio prospectivo: el Cono Sur ante una instancia de desarrollo tecnológico global. Montevideo, Uruguay, IICA.
- Sternberg, S. 2018. La revolución biológica de la edición genética con tecnología CRISPR. In BBVA, Proyecto Open Mind. ¿Hacia una nueva Ilustración? Una década trascendente. Madrid, España.
- Macía, J; Solé, R. 2011. Presente y futuro de la biología sintética (en línea). Lychnos 5, junio, 56-59. Consultado 22 may. 2019. Disponible en http://www.fgcsic.es/lychnos/upload/publicacion.9.ficPDF_castellano.LYCHNOS_5_ESP_WEB.pdf.
- MAFA Vegetal Ecobiology. 2018. ¿Qué es la Biotecnología? Definición y aplicaciones. Consultado 24 may. 2019. Disponible en <http://bit.ly/3fZ1W7s>.
- RuralTV. s. f. El uso de drones se empieza a generalizar en la agricultura mexicana (en línea). Mérida, México. Consultado 18 jul. 2019. Disponible en <http://ruraltv.com.mx/el-uso-de-drones-se-empieza-a-generalizar-en-la-agricultura-mexicana/>.
- Solution Sistema e Gestão. s. f. Tecnologías que estão mudando a forma de fazer agronegócio (en línea). s. n. t. Consultado 18 jun. 2019. Disponible en <http://gestaosolution.com.br/blog/4-tecnologias-que-estao-mudando-a-forma-de-fazer-agronegocio/>.

Módulo 3.

Senderos para el aprovechamiento de la bioeconomía



OBJETIVO DEL APRENDIZAJE

Adquirir un panorama de los potenciales senderos para la implementación de desarrollos bioeconómicos, considerando las condiciones de los países de América Latina y el Caribe (ALC).

UNIDADES

Unidad 3.1. Inductores del desarrollo de la bioeconomía
Unidad 3.2. Senderos para el desarrollo de la bioeconomía en ALC

Unidad 3.1. Inductores del desarrollo de la bioeconomía

Como resultado derivado de los avances en las ciencias biológicas, químicas e ingenieriles, la bioeconomía impulsa nuevas actividades para producir bienes y servicios a partir de una base biológica. Esto permite la generación de oportunidades para fomentar el desarrollo local con recursos humanos más capacitados, especialmente en las áreas agrícola e industrial, lo que puede dar lugar a entramados productivos más complejos y eficientes.

Europa es una de las regiones más avanzadas en este proceso de desarrollo hacia un sector basado en los recursos y procesos biológicos. Su apuesta en el sector agroalimentario es fomentar la creación de nuevas empresas, impulsar la diversificación de las actividades productivas y mejorar la generación de ingresos en beneficio de los agricultores, silvicultores y pescadores, mediante la gestión sostenible de los recursos naturales y los elementos de la biodiversidad (Lamborelle y Fortuna 2019).

FIGURA 24. METAS EN BIOECONOMÍA (EUROPA).

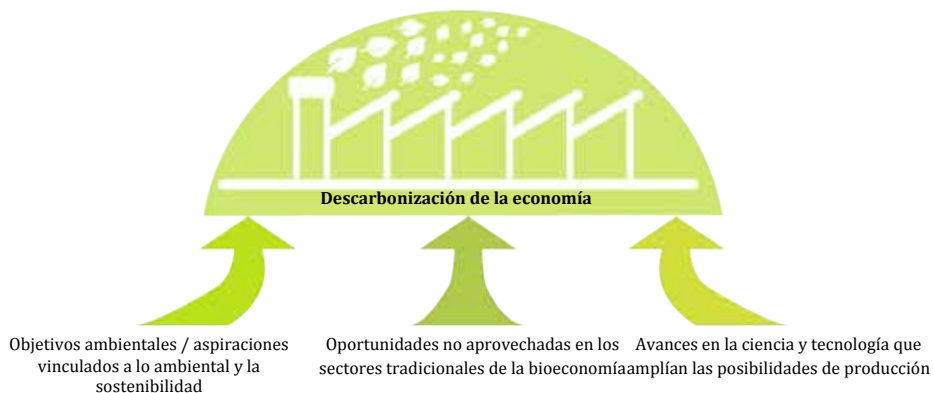


Fuente: Elaborada con base en Lamborelle y Fortuna 2019.

Fuerzas inductoras de la bioeconomía

La diversificación de actividades productivas y la creación de nuevas industrias y actividades económicas, basadas en el uso de recursos o procesos biológicos, responden a fuerzas inductoras configuradas por consumidores cada vez más conscientes de la problemática ambiental, la acción política que reconoce e interviene para hacer frente al deterioro ambiental, las oportunidades no aprovechadas en los sectores tradicionales de la bioeconomía y los avances en la ciencia y la tecnología. Bisang y Trigo (2017) clasifican estos inductores en tres grandes categorías:

FIGURA 25. INDUCTORES DEL DESARROLLO DE LA BIOECONOMÍA.



Fuente: Elaborada con base en Lamborelle y Fortuna 2019.

Ventajas comparativas

Los países con grandes dotaciones de tierras y recursos endógenos en sus territorios rurales, condiciones agroclimáticas favorables y baja densidad de población tienen una ventaja comparativa para producir biomasa para bioenergía y materiales de base biológica (por ejemplo, bioplásticos) en gran escala y a un costo comparativamente bajo. En este caso se encuentra Brasil, que tiene una ventaja competitiva para producir caña de azúcar. Por otra parte, los países con condiciones de recursos naturales menos favorables y/o recursos terrestres limitados tendrán que centrarse más en la innovación biotecnológica o en tecnologías para el desarrollo de su bioeconomía (Birner 2018).

- **Objetivos ambientales/aspiraciones vinculados a lo ambiental y la sostenibilidad, incluyendo la energía sostenible.** Inductores relacionados con la acción política que establece objetivos de impulso a la bioeconomía para: a) responder a las restricciones de uso de los recursos naturales y las preocupaciones por el cambio climático; b) atender la descarbonización de la economía y la tendencia a reemplazar el uso de los recursos fósiles como fuente de carbono; y c) focalizar esfuerzos en nuevos y más eficientes usos de la biomasa. Lo relevante de estos inductores es el reconocimiento del problema y la decisión de la sociedad y la política de avanzar hacia un marco adecuado para las transformaciones a nivel micro.
- **Oportunidades no aprovechadas en los sectores tradicionales de la bioeconomía (agricultura, silvicultura, pesca).** Son indicadores de oportunidades —que podrían inducir a potenciales desarrollos—, los bajos niveles de productividad, la existencia de recursos no aprovechados y/o las potenciales externalidades positivas no valorizadas comercialmente en los distintos niveles de las cadenas de valor. Por ejemplo, constituye una gran oportunidad para su puesta en valor si el objetivo —global y su reflejo en lo nacional y local— fuese el reemplazo de los recursos fósiles, la mejora de la productividad de las “industrias” agrícola, forestal o pesquera.
- **Los avances en la ciencia y tecnología que amplían las posibilidades de producción.** Representan la esencia del concepto y resumen la posibilidad de hacer frente a los desafíos de crear un futuro diferente del de las crisis potenciales asociadas a los actuales patrones productivos. La forma en que los sistemas económico-institucionales responden a los desafíos y oportunidades implícitos en estos avances confiere el perfil particular de las diversas bioeconomías del mundo. En otros términos, las vías por las que estos inductores —avances en ciencia y tecnología— son percibidos por los agentes económicos (productores, consumidores y formuladores de política pública), resultan en condiciones favorables del entorno para generar rentabilidad y promover actividades concretas con impactos económicos positivos y tangibles.

Vías alternativas para el desarrollo de la bioeconomía en ALC

Los inductores descritos en el apartado anterior son una realidad, por lo que ALC enfrenta la necesidad de implementar nuevas estrategias productivas más limpias que permitan responder a las demandas de una sociedad con más conciencia sobre aspectos ambientales y aprovechar la biodiversidad existente junto con los avances en ciencia y tecnología alcanzados en la región.

La bioeconomía —que es más que reemplazar los combustibles fósiles— ofrece una amplia gama de posibilidades en todos los sectores productivos. En este contexto, corresponde a cada país de ALC identificar sus fortalezas para definir en qué campo de la bioeconomía puede ser más competitivo.

No existe un patrón común para el desarrollo de la bioeconomía que pueda ajustarse a toda la región, debido a las asimetrías en la dotación, disponibilidad y sostenibilidad de los recursos naturales, las características económicas y sociales e incluso la naturaleza de cada país vinculado a la economía mundial. Hay, más bien, diversas vías que reflejan diferentes aspectos y ventajas comparativas, pero todas ellas comparten los mismos principios destinados a un uso más eficaz, eficiente y sostenible de los productos y procesos biológicos para alcanzar objetivos sociales específicos (Trigo et al. 2014).

Teniendo en cuenta las ventajas comparativas de ALC, se han identificado los siguientes seis senderos para aprovechar la bioeconomía en la región: a) la utilización de los recursos de la biodiversidad, b) la ecointensificación (o intensificación sostenible), c) las biorrefinerías y los bioproductos, d) las aplicaciones biotecnológicas, e) el incremento de la eficiencia de las cadenas de valor, y f) los servicios ecosistémicos. Los seis senderos se abordan en la siguiente unidad.

Unidad 3.2. Senderos para el desarrollo de la bioeconomía en ALC

El aprovechamiento de la bioeconomía es una opción abierta para los agentes económicos involucrados en las cadenas de valor asentadas en los territorios, tanto las de corte agrícola como otras relacionadas.

En general, las aplicaciones de la bioeconomía se pueden agrupar en seis senderos (figura 26). Estos senderos se refieren a prácticas de la bioeconomía orientadas al aprovechamiento del conocimiento y tecnología para un uso más intensivo, eficiente y sostenible de los recursos, principios y procesos biológicos en la producción.

Cabe destacar que no todos los territorios o países de ALC podrán utilizar y aprovechar la bioeconomía de la misma manera. Las prácticas de la bioeconomía dependerán de la base de recursos biológicos presentes, la estructura productiva y comercial de la agricultura, las capacidades tecnológicas, científicas, humanas y/o logísticas, el tejido empresarial, entre otros factores.

En algunos casos, el uso eficiente de los recursos biológicos se podría realizar a partir de modelos altamente intensivos en tecnología de punta como, por ejemplo, el uso de organismos genéticamente modificados (OGM) en agriculturas con cero labranzas o la elaboración de plásticos o alimentos médicos a partir de recursos biológicos. En otros casos, el aprovechamiento de la bioeconomía podría basarse en modelos más aptos para países que, aunque cuentan con una gran base de recursos naturales, pueden tener menor desarrollo tecnológico, científico o logístico.

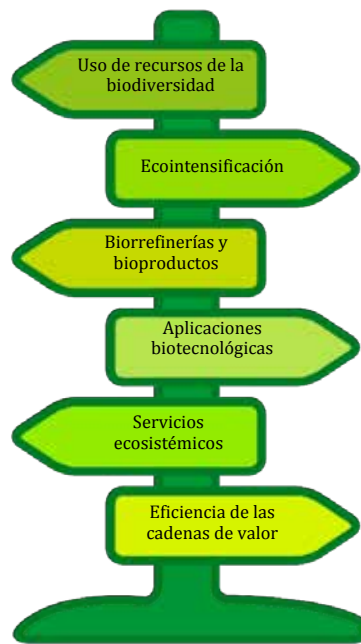
En ALC ya operan iniciativas de agricultura de pequeña y mediana escalas que han maximizado el aprovechamiento de los recursos biológicos mediante el uso de la biomasa para la generación de energías, la elaboración de bioinsumos para cadenas agrícolas tradicionales, la fabricación de productos cosméticos o para limpieza de origen vegetal, o el aprovechamiento de la flora y la fauna presentes en las fincas para ofrecer servicios de bioturismo. A continuación se aborda en detalle cada uno de los senderos de aprovechamiento de la bioeconomía.

Sendero: Uso de los recursos de la biodiversidad

La biodiversidad, también conocida como diversidad biológica, se refiere a la amplia variedad de seres vivos que existen en la Tierra y los patrones naturales que la conforman, como resultado del largo proceso natural de evolución y de la influencia creciente de las actividades humanas. El concepto abarca la variedad de ecosistemas y las diferencias genéticas dentro de cada especie que permiten la combinación de múltiples formas de vida, cuyas interacciones mutuas y con el entorno son la base de la vida en el planeta.

El estudio y el conocimiento profundo de la biodiversidad generan amplias posibilidades de aprovecharla en forma sostenible, tales como las siguientes:

FIGURA 26. SENDEROS PARA APROVECHAR LA BIOECONOMÍA.



Tara, planta ancestral de Perú

La tara, también conocida como “taya”, es una planta originaria del Perú utilizada desde la época prehispánica en la medicina popular y, en los años recientes, como materia prima en el mercado mundial de hidrocoloides alimenticios. Perú es el mayor productor de tara del mundo con el 80 % de la producción mundial. La producción se da básicamente por medio de bosques naturales y, en algunas zonas, de parcelas agroforestales. Perú es el país de los Andes que tiene mayor área con bosques de tara, seguido muy de lejos por Bolivia, Ecuador y Colombia.

Fuente: TQV s. f.



- la extracción racional (por ejemplo, el desarrollo de plantaciones forestales sostenibles con árboles nativos o la recolección de frutos, hongos y plantas);
- la producción de especies menos abundantes con utilidades comerciales (como es el caso de la replantación de variedades de interés);
- el aprovechamiento de los recursos genéticos (por ejemplo, la producción de nuevos fármacos a partir del análisis de la dotación genética de un organismo y de la identificación y manipulación de genes específicos gracias a la ingeniería genética); y
- el aprovechamiento de la diversidad biológica de poblaciones bacterianas que intervienen en la descomposición de la biomasa y que están presentes en los rumiantes, la rizosfera e incluso en el intestino de las termitas, las cuales, por ejemplo, habilitan diversos usos para la obtención de metano y etanol con propósitos energéticos.

CUADRO 5. ALCANCES Y PRÁCTICAS DE LA UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS DE LA BIODIVERSIDAD.

Alcances	Prácticas (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> • Descubrimiento de rasgos funcionales relacionados con usos y sectores específicos. • Desarrollo de nuevos productos mediante innovaciones, transformación estratégica, desarrollo de mercados para productos locales, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Descubrimiento y domesticación de la biodiversidad local (genética de especies y ecosistemas). • Transformación de biodiversidad distintiva en productos de valor (cosechados, transformados). • Vinculación de productos de biodiversidad distintiva a mercados (amigables con el ambiente, orgánicos o de valor agregado).

Fuente: Elaborado con base en IICA 2019.

El sendero está relacionado con el concepto de biocomercio; sin embargo, no solo brinda nuevas oportunidades de mercado, sino que también representa empleo y movilidad socioproductiva, al incorporar a las cadenas agrícolas, alimentarias, de subsistencia y de producción de piensos para animales (Aramendis et al. 2018).

Biocomercio es entendido como las actividades de recolección, producción, transformación y comercialización de bienes y servicios derivados de la biodiversidad nativa, bajo los criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica (UNCTAD s. f.).

En relación con actividades industriales, el uso de ingredientes y materias primas derivados de especies nativas es cada vez de mayor interés en la industria de alimentos procesados, así como en las industrias de cosméticos, productos orgánicos para el cuidado personal, plantas medicinales, extractos botánicos y aceites esenciales, entre otras. El potencial económico del sendero es alto, con tasas de crecimiento en el mercado de entre 8 % y 10 % (Aramendis et al. 2018).

Sendero: Ecointensificación (o intensificación sostenible)

La ecointensificación se refiere al empleo de prácticas agronómicas sostenibles (figura 27) que promueven la conservación del ambiente, procurando niveles competitivos de producción/productividad (González et al. 2014).

Ecointensificación: serie de estrategias de producción orientadas a producir más en una misma cantidad de área o con una misma cantidad de insumo, mejorando los rendimientos y preservando los recursos como el suelo y el agua, así como la integridad y productividad de los ecosistemas.

El sendero de la ecointensificación está asociado a la noción de tecnologías limpias, específicamente, en aspectos relacionados con el uso de procesos biológicos en apoyo de actividades industriales y otras (por ejemplo, tratamientos de aguas residuales) (Trigo et al. 2014).

Por otra parte, uno de los principios básicos de la intensificación sostenible es el uso de recursos biológicos renovables priorizando su conservación, lo que implica obtener mayor rendimiento por unidad de superficie o insumo y la integridad y productividad sostenible de los ecosistemas circundantes (Trigo et al. s. f.).

La intensificación agrícola sostenible requiere el uso de métodos innovadores para producir variedades mejoradas, precisión en el uso de fertilizantes y buenas prácticas agrícolas para la protección fitosanitaria de los cultivos. Esta aspiración está en línea con las tendencias recientes, que muestran que alrededor del 70 % de la productividad total de los factores se deriva de las innovaciones en la agricultura y solo alrededor del 12 % de la extensión de la superficie terrestre (Lewandowski et al. 2018).

Los métodos de producción sostenibles no solo se aplican en la agricultura, sino también en la ganadería, la silvicultura y la acuicultura. En el siguiente cuadro se resumen algunas de las aplicaciones de la ecointensificación.

CUADRO 6. ALCANCES Y PRÁCTICAS DE LA ECOINTENSIFICACIÓN (O INTENSIFICACIÓN SOSTENIBLE).

Alcances	Prácticas (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> Prácticas agronómicas dirigidas a mejorar el desempeño de la huella ambiental de las actividades agrícolas procurando niveles competitivos de producción/productividad. Equilibrio de beneficios agrícolas, ambientales, económicos y sociales, buscando un uso más eficiente de los recursos energéticos y apuntando a reducir la utilización de combustibles fósiles, plaguicidas y otros contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> Prácticas agrícolas de cero o mínima labranza. Estrategias de agricultura de precisión. Manejo integrado de plagas. Fomento del ciclo natural de nutrientes. Gestión sostenible del suelo. Tecnologías limpias para el procesamiento/ industrialización (aguas, desechos, etc.). Uso de bioinsumos como biorreguladores y bioestimulantes, entre otros.

Fuente: Elaborado con base en IICA 2019.

Una de las estrategias empleadas para aprovechar de mejor manera la bioeconomía y preservar la funcionalidad de los ecosistemas consiste en maximizar los procesos fotosintéticos, impulsando la generación de áreas verdes (bosques y praderas) o adaptando cultivos con mayor capacidad fotosintética o cultivos precoces de mayor aptitud fotosintética en regiones con un fotoperíodo corto, junto con prácticas de intensificación agrícola sostenible dirigidas a reducir el daño o huella ambiental mediante:

- la minimización del uso de fertilizantes y plaguicidas,
- la generación de menores emisiones de gases de efecto invernadero, y
- la producción y mantenimiento de una diversidad de bienes públicos, tales como agua limpia, secuestro de carbono, protección contra inundaciones, recarga de acuíferos y valores recreativos del paisaje.

Sendero: Biorrefinerías y bioproductos

Otro factor clave para el desarrollo es la disponibilidad de energía, recurso imprescindible para asegurar la satisfacción de las necesidades humanas y el progreso de las sociedades,

FIGURA 27. CAMPOS DE LA ECOINTENSIFICACIÓN.



Argentina se consolida en agricultura de precisión

Argentina se posiciona como la segunda potencia mundial en la agricultura de precisión, solo después de los Estados Unidos. De acuerdo con un cálculo realizado por el INTA Manfredi (Córdoba), de 33 millones de hectáreas sembradas en el país, el 21.6 % — equivalente a 7 150 000 ha— está equipado con herramientas de aplicación variable de insumos. El INTA Manfredi destaca que la agricultura de precisión es una herramienta valiosa en un proyecto integrado de valor agregado en origen, porque no es lo mismo producir commodities que tener un producto diferenciado desde el origen, con certificación, en un proceso trazado y con control de calidad y gestión.

Los softwares, conjuntos de programas y sensores son los elementos más dinámicos de los cambios de la agricultura de precisión. Todo comienza a ser reemplazado por cables y mangueras, con el objetivo de facilitar mucho más los movimientos de la maquinaria agrícola. Todo esto ha posicionado a la industria nacional en un alto nivel dentro del continente.

Fuente: Elaborado con base en *La Capital* 2017 e *INTAGRI* 2014.

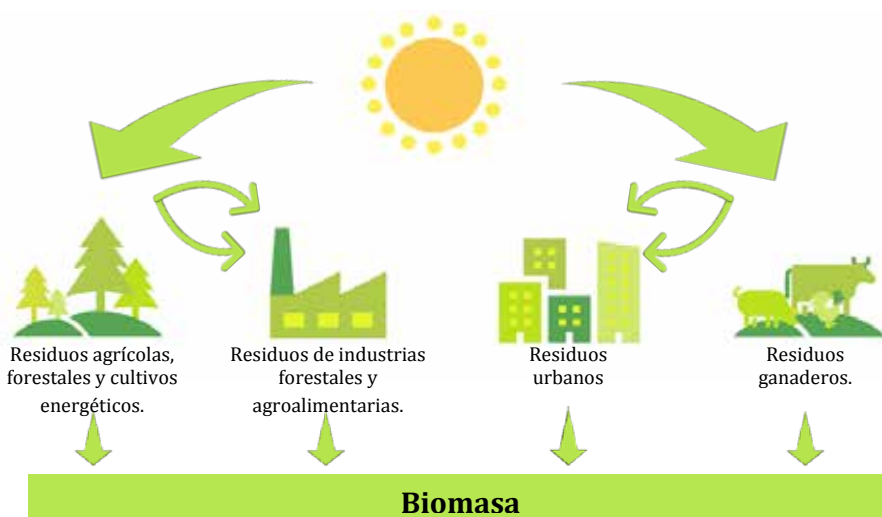
incluyendo sus procesos productivos. En un enfoque de desarrollo sostenible, resulta esencial que la energía se obtenga a partir de fuentes renovables y evitar el uso de los recursos fósiles, con el fin de detener el proceso de carbonización de la atmósfera y el aumento de la temperatura global.

Las energías renovables pueden ser de varios tipos y su producción constituye un gran motor para promover mejoras sustantivas de las sociedades. Entre ellas destaca la obtenida a partir de distintos procesamientos de la biomasa.

Biomasa: *Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía (RAE s. f.). PROBIOMASA (s. f.) define el concepto como el “conjunto de materia orgánica renovable de origen vegetal, animal o procedente de la transformación natural o artificial de la misma”.*

La acepción de biomasa de la Real Academia Española de la Lengua (RAE) aplica en el ámbito de la producción energética. En este caso, la idea está centrada en la biomasa “útil” de diferentes residuos (figura 28); es decir, la que puede aprovecharse para generar energía: las plantas fotosintetizan transformando energía lumínica en energía química que queda almacenada como materia orgánica. Esta puede ser recuperada al quemarla por combustión directa o transformándola en biocombustibles por medios físicos, químicos o biológicos.

FIGURA 28. FUENTES GENERADORAS DE BIOMASA.



La producción de energía biomásica requiere importantes inversiones en tecnología, en capacitación y para la instalación de las plantas (tanto para su operación como para la elaboración de sus insumos). Asimismo, las plantas de procesamiento deben estar asentadas en las zonas de producción de los recursos biomásicos debido a la característica inherente de baja densidad energética (relación peso de biomasa/energía obtenida) y valor relativo de este tipo de energía. Este factor contribuiría a promover oportunidades de empleo y desarrollo económico en las zonas rurales.

Las bioenergías han impulsado fuertemente la aparición de biorrefinerías (o biofábricas). Éstas son instalaciones que integran procesos y equipos de conversión de biomasa para producir combustibles, productos químicos, piensos, materiales y energía de biomasa, entre otros. Su objetivo es optimizar el uso de los recursos y minimizar los desechos, maximizando así los beneficios y la rentabilidad (WEF 2010).

Un amplio espectro de biocombustibles y bioproductos de interés comercial puede generarse en una biorrefinería a través de una combinación de biotecnología y tecnologías físico-químicas o térmicas. A diferencia de los planteamientos actuales de reciclado de residuos orgánicos, las biorrefinerías habilitan un mayor número de productos finales, los cuales son más novedosos, ecoeficientes y rentables (cuadro 7).

CUADRO 7. ALCANCES Y PRÁCTICAS DE LAS BIORREFINERÍAS Y BIOPRODUCTOS.

Alcances	Prácticas (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de biomasa para producir bioenergía. • Procesos destinados a la sustitución de insumos industriales y combustibles de origen fósiles. 	<p>Bioenergía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biocombustibles gaseosos: biogás, gas de síntesis, hidrógeno y biometano. • Biocombustibles sólidos: pellets o briquetas, lignina, carbón vegetal. • Biocombustibles líquidos: bioetanol, biodiésel, biocombustibles Fischer-Tropsch y bioaceites. <p>Bioproductos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos químicos: productos de la industria química fina, productos aromáticos, aminoácidos, xilitol, polialcoholes, ácidos (succínico, láctico, levulínico, itacónico, furandicarboxílico, furfural), fenoles, antioxidante, absorbentes de olor, conservadores de alimentos, entre otros productos de importancia para las industrias química, farmacéutica, de alimentos y de cosméticos. • Polímeros y resinas: producidos por la conversión bioquímica de monómeros de biomasa como ácido poliláctico (PLA), resinas fenólicas y furánicas. • Biomateriales: fibras de celulosa y papel; fibras de madera. • Productos para alimentación animal y humana. • Fertilizantes/abonos.

Fuente: Elaborado con base en IICA 2019 y Bioenarea s. f.

Conceptualmente, las biorrefinerías son equivalentes a las refinerías de petróleo, pero mientras las primeras emplean carbono fijado en la actualidad (biomasa), las segundas utilizan el capturado hace millones de años, incrementando así las emisiones de carbono en la atmósfera al ser consumido.

Existe la percepción de que una biorrefinería es una instalación grande, pero no es así. En un futuro se espera que se desarrollen plantas más pequeñas en el ámbito rural, capaces de procesar diversas materias primas. Las biorrefinerías no requieren nuevas instalaciones; pueden ser industrias alimentarias o plantas de tratamiento de residuos —entre otras— que evolucionan hacia esta área de negocio. Además, gracias al empuje de la bioeconomía y la economía circular, se impulsará el mercado de los denominados bioproductos como alternativa a los derivados del petróleo (Pascual 2018).

De hecho, hace relativamente pocos años aparecieron las biorrefinerías de “pequeña escala”, plantas reducidas, habitualmente destinadas a producir biocombustibles y productos alimenticios, que permiten a los productores agregar valor en origen, y así vuelven más eficiente y rentable al proceso productivo.

Cabe destacar que hay biorrefinerías orientadas a la producción energética y llevan a cabo una valorización posterior de las sustancias que no pueden ser aprovechadas en su proceso principal (por ejemplo, plantas de bioetanol con valorización de los DDG (residuos secos) para alimento animal). Hay otras que se dedican a la producción de compuestos de alto valor

añadido y emplean los residuos como fuente de energía (por ejemplo, bodegas donde, aparte de la producción de vino, se puede llevar a cabo una extracción de polifenoles de los restos de uva para su uso como antioxidantes). Por otro lado, atendiendo al tipo de biomasa que se usa, se pueden distinguir cuatro tipos de biorrefinerías, que serán explicadas a continuación (Bioenarea s. f.).

FIGURA 29. TIPOS DE BIORREFINERÍAS SEGÚN BIOMASA UTILIZADA.



Fuente: Elaborada con base en Bioenarea s. f.

El potencial del sendero es promisorio. Para el 2023, se espera que la producción mundial de bioetanol y biodiésel aumente hasta alcanzar los 158 Mml (miles de millones de litros) y 40 Mml, respectivamente; para ese mismo año, se estima que el 12 % de la producción mundial de cereales secundarios, el 28 % de la producción mundial de caña de azúcar y el 14 % de aceite vegetal serán utilizados para la producción de energía basada fundamentalmente en etanol y biodiésel (GBD Network 2014, citado por Aramendis et al. 2018).

Sendero: Aplicaciones biotecnológicas

El despliegue de la bioeconomía se basa en desarrollos tecnológicos, entre los que se encuentra la biotecnología, la cual juega un papel clave al generar oportunidades económicas para la agricultura, la salud, la química y los sectores manufactureros, con impactos potenciales de gran alcance en los ámbitos socioeconómico y ambiental. En 2014 los ingresos totales de la industria biotecnológica global fueron de USD 323 100 millones.

La convergencia tecnológica (principalmente entre la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías digitales) constituye una plataforma central para potenciar el desarrollo de la bioeconomía, toda vez que permite aumentar las fronteras para la utilización sostenible de toda la gama de recursos biológicos disponibles (Rodríguez s. f.).

Para atender los desafíos bioeconómicos, las áreas en que la biotecnología —sostenida sobre los avances de la nanotecnología y las TIC— puede aportar conocimiento son la producción de recursos renovables de origen biológico, el sector de la salud y la mayor parte de la producción

industrial a partir de nuevos insumos de base biológica. Los desarrollos de la moderna biotecnología están dando paso al *cracking*¹³ de la biomasa (Anlló et al. 2018). En este proceso, se comienzan a configurar diferentes posibilidades, tales como las que se muestran en el cuadro 8.

CUADRO 8. ALCANCES Y PRÁCTICAS DE LAS APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS.

Alcances	Prácticas (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> • Uso de biomasa para producir bioenergía. • Procesos destinados a la sustitución de insumos industriales y combustibles de origen fósiles. 	<p>Bioenergía</p> <ul style="list-style-type: none"> • Biocombustibles gaseosos: biogás, gas de síntesis, hidrógeno y biometano. • Biocombustibles sólidos: pellets o briquetas, lignina, carbón vegetal. • Biocombustibles líquidos: bioetanol, biodiésel, biocombustibles Fischer-Tropsch y bioaceites. <p>Bioproductos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Productos químicos: productos de la industria química fina, productos aromáticos, aminoácidos, xilitol, polialcoholes, ácidos (succínico, láctico, levulínico, itacónico, furandicarboxílico, furfural), fenoles, antioxidante, absorbentes de olor, conservadores de alimentos, entre otros productos de importancia para las industrias química, farmacéutica, de alimentos y de cosméticos. • Polímeros y resinas: producidos por la conversión bioquímica de monómeros de biomasa como ácido poliláctico (PLA), resinas fenólicas y furánicas. • Biomateriales: fibras de celulosa y papel; fibras de madera. • Productos para alimentación animal y humana. • Fertilizantes/abonos.

Fuente: Elaborado con base en IICA 2019.

Desde sus inicios en 1996, los países de ALC han sido protagonistas en la adopción y uso de organismos genéticamente modificados (OGM). Actualmente, 4 países de ALC se encuentran en la lista de los 10 países con más hectáreas sembradas con OGM, los cuales suman un total de 78 millones de hectáreas. Brasil y Argentina destacan en el uso de esta tecnología, pero su uso se ha incrementado en Uruguay, México, Colombia, Honduras, Chile y Costa Rica (en menor medida). Además, es importante destacar el papel que tienen Costa Rica y Chile como productores de semilla genéticamente modificada, aunque no tengan áreas dedicadas a la plantación comercial.

Sendero: Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos comprenden los procesos a través de los cuales el medio ambiente brinda los recursos utilizados por los seres humanos, como el aire fresco, el agua, los alimentos y los materiales. Dada la naturaleza especial de la relación y las interacciones entre los recursos naturales y las actividades económicas y sociales desde un enfoque bioeconómico, una perspectiva ecosistémica se convierte en un componente indispensable en cualquier estrategia de bioeconomía sostenible (Trigo et al. 2014).

Se denominan servicios ecosistémicos a los distintos recursos y procesos que el ambiente brinda, los cuales deben ser acompañados, aprovechados y protegidos.

Los ecosistemas prestan servicios que pueden originar la aparición de nuevos modelos y negocios. Entre estos se encuentran la producción de agua y aire puro, de alimentos, y de materiales de construcción; el tratamiento de desechos; la monetización de la captura de carbono; el pago de servicios ambientales y la administración de los recursos hídricos, entre otros.

13. Proceso mediante el cual un componente es sometido a fraccionamiento en componentes más livianos y reorganizado para formar otro que supla funciones de mayor utilidad y de agregación de valor.

Química verde

Braskem es una compañía brasileña especializada en resinas termoplásticas que viene consolidando el “plástico verde”, o polietileno (PE) “verde”, un producto que utiliza la ruta del alcohol (etanol) de caña de azúcar, en lugar de la ruta a partir de la nafta.

El objetivo primordial de la química verde combinada con una biorrefinería es producir productos químicos genuinamente verdes y sostenibles. El producto final debe ser atóxico, degradable en productos inocuos y con la generación de pequeñas cantidades de residuos. Las metodologías y técnicas empleadas por la química verde para alcanzar tales objetivos involucran solventes no tóxicos y de poca inflamabilidad como CO2 supercrítico, líquidos iónicos, ultrasonido, microondas y principalmente fermentación de biomasa.

Muchos polímeros naturales directamente disponibles de la biomasa tienen el potencial de generar productos valiosos, a través de modificaciones químicas y físicas. Entre estos se incluyen almidones, celulosa, hemicelulosa, lignina, proteínas y lípidos. La modificación de polímeros naturales es interesante, ya que pueden sustituir polímeros derivados de fuentes fósiles como plásticos y textiles.

Fuente: Elaborado con base en La Capital 2017 e INTAGRI 2014.

Costa Rica: Más de 20 años de experiencia en PSA

Desde hace más de 20 años, Costa Rica es referente mundial en esquemas de Pago por Servicios Ambientales (PSA), a través del cual se paga a finqueros y protectores del bosque por varias modalidades de conservación, incluyendo protección al bosque, protección de vida silvestre, protección de fuentes de agua, reforestación y servicios ambientales agroforestales, entre otras categorías.

Los recursos con los que se financia el PSA provienen —en su mayoría— del impuesto a los combustibles fósiles, así como de donaciones de empresas privadas y de organizaciones no gubernamentales extranjeras. El PSA es una política que cumple con las condiciones de la sostenibilidad:

- Dimensión social: hay un beneficio social que se refleja en el disfrute del bosque para actividades recreativas, de salud mental y de aprendizaje.
- Dimensión ambiental: fomenta diferentes acciones que favorecen el ecosistema.
- Dimensión económica: permite a entes privados generar un flujo de caja anual, además de otras actividades económicas, como el ecoturismo.

Fuente: Elaborado con base en FONAFIFO 2018.

Dentro de este sendero de la bioeconomía, también se consideran las actividades relacionadas con el uso de los entornos, paisajes, ecosistemas y sistemas productivos que la propia bioeconomía trata de proteger y estimular. Por ello, el turismo rural, el agroecoturismo y otras experiencias recreativas, culturales y deportivas al aire libre forman parte del sendero.

Dichas externalidades pueden brindar oportunidades para impulsar muy buenos negocios, pero estos solo podrán permanecer en el tiempo y tener éxito si se respeta la integridad del ambiente. En el cuadro 9 se resumen el alcance y las prácticas de este sendero.

CUADRO 9. ALCANCES Y PRÁCTICAS DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.

Alcances	Prácticas (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none"> • Productos, herramientas y procesos biotecnológicos, incluidos el cultivo de tejidos industriales, la selección asistida por marcadores en cultivos y en la cría, las semillas/plantas genéticamente modificadas, los diagnósticos de base molecular, la mejora de la reproducción animal a través de técnicas moleculares, enzimas modificadas, microorganismos y levaduras, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniería genética vegetal (producción de nuevas variedades de plantas con mayor rapidez que antes, con características nutricionales mejoradas, tolerancia a condiciones adversas y resilientes a plagas y a herbicidas específicos). • Aplicaciones biotecnológicas en salud humana y animal (diagnóstico de enfermedades, vacunas, terapia genética, identidad molecular, etc.). • Biotecnología ambiental (biorremediación, manejo de residuos, biolixiviación, diagnóstico y detección de sustancias, etc.). • Alimentos funcionales (nutracéuticos, suplementos alimentarios, alimentos diseñados, farmalimentos, alimentos enriquecidos, medicalimentos, vitaminalimentos, etc.).

Fuente: Elaborado con base en IICA 2019.

La bioeconomía es una respuesta a un largo período de utilización excesiva y no sostenible de recursos. En consecuencia, las estrategias de implementación solo pueden tener éxito, si en los procesos de toma de decisiones se reconoce la integridad del medio ambiente natural y si se da cuenta del relevante valor de los diferentes flujos de ingreso y salida de los ecosistemas (Trigo et al. 2014).

Dentro de este contexto general, el desarrollo de los sistemas de crédito de carbono, las estrategias de agroecoturismo y los mecanismos de fijación de precios y administración del agua son tres puntos de entrada específicos que deben ser considerados en relación con los servicios de los ecosistemas en el marco de un enfoque bioeconómico (Trigo et al. 2014).

FIGURA 30. RESULTADOS DEL PROGRAMA DE PSA DE 1997 A 2018 EN COSTA RICA.



Fuente: Elaborado con base en FONAFIFO 2018.

Sendero: Incremento de la eficiencia de las cadenas de valor

Existe la necesidad de satisfacer las crecientes demandas globales de alimento, pienso y combustible (comprendidas en un rango de incremento de 50-70 % sobre los niveles actuales) sin más invasión de bosques y tierras marginales y, al mismo tiempo, utilizando parte de los esfuerzos de producción de biomasa para reemplazar el uso actual de los recursos fósiles. Las opciones de base biológica no son por sí mismas más sostenibles, por lo que es necesario evitar el uso excesivo de recursos haciendo lo procesos más eficientes y sostenibles (Trigo et al. 2014).

En este contexto, el sendero del incremento de la eficiencia de las cadenas de valor está orientado a la aplicación de estrategias para reducir las pérdidas poscosecha y definir los vínculos de mercado correspondientes para productos biológicos innovadores. Cabe destacar que el sendero no se refiere propiamente a establecer nuevos modelos de negocio, sino a mejorar y hacer eficientes los ya establecidos.

Básicamente, el sendero engloba prácticas que mejoren la eficiencia de los procesos de producción, comercialización y transformación. Por ejemplo, el uso de nuevas tecnologías y/o conocimiento que incrementen la productividad de los factores, que reduzcan pérdidas o desperdicios y que permitan aprovechamientos alternativos de la biomasa residual (circularidad dentro de la finca/agroindustria). En el cuadro 10 se resumen los alcances y las prácticas de este sendero.

CUADRO 10. ALCANCES Y PRÁCTICAS PARA EL INCREMENTO DE LA EFICIENCIA DE LAS CADENAS.

Alcances	Prácticas (ejemplos)
<ul style="list-style-type: none">Aumento en la cantidad y/o valor de la producción o en los mercados como resultado del aprovechamiento de la biomasa residual y del desarrollo de vínculos de mercado para productos innovadores de base biológica.	<ul style="list-style-type: none">Prácticas para reducir las pérdidas de poscosecha (comercio para alimentos cercanos a perecer, venta de productos imperfectos).Aprovechamiento de residuos y desperdicios (energía para autoconsumo, venta de subproductos, materia prima para otras cadenas productivas, etc.).Circuitos cortos/nichos, encadenamientos con mercados sostenibles/nostálgicos/justos/ orgánicos, etc.

Fuente: Elaborado con base en IICA 2019.

Como se observa en el cuadro anterior, para hacer más eficientes las cadenas se deben abordar cuestiones como cuáles son las opciones tecnológicas, logísticas y políticas para mejorar la eficiencia de la cadena. Además, un aspecto que a menudo se olvida es el reciclaje y la reutilización de los nutrientes y otros recursos en la producción agrícola que tienen que ser regenerados durante el proceso a partir de los productos de origen biológico que se obtengan al final (Trigo et al. 2014).

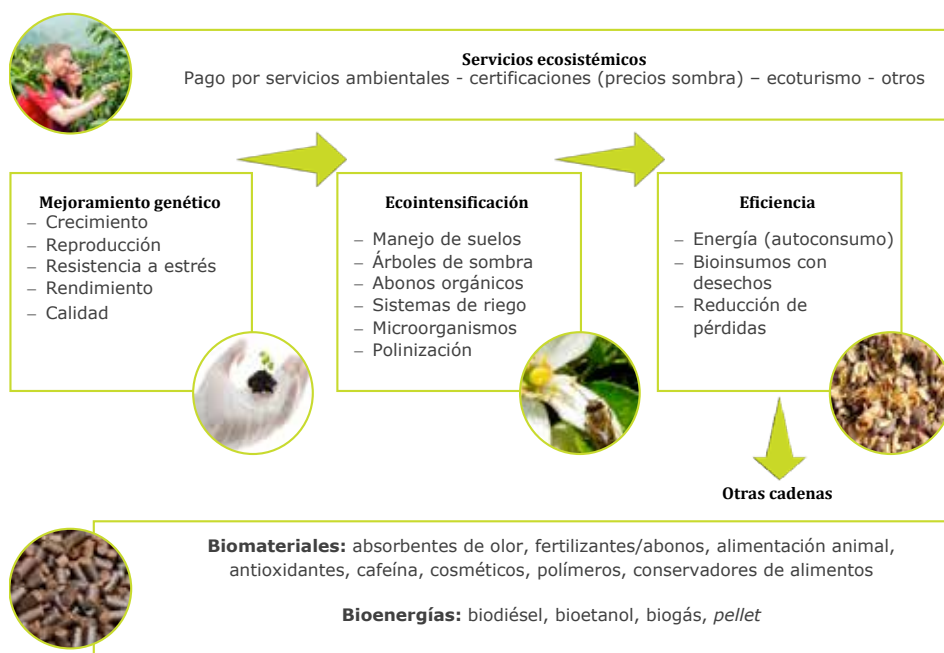
La bioeconomía está transformando las relaciones entre la agricultura y la industria. La biologización de la economía —planteada por la bioeconomía— permite migrar a estrategias industriales más circulares en las que se aprovechan las tecnologías en cascada y los procesos de reciclado para el desarrollo de cadenas de valor completamente nuevas, donde las distintas materias primas contribuyen a diversas cadenas (Trigo 2015).

Estas redes de valor hacen que la “industria de la biomasa” se constituya en un sector transversal que aporta insumos y componentes al conjunto de la industria (química, automotriz, construcción, cosmética, etc.) y no solamente a los sectores industriales tradicionalmente asociados a la “agregación de valor” a la producción agropecuaria (alimentos y bebidas, textiles, etc.) (Trigo 2015).

Vinculación entre senderos

En la práctica, los senderos de la bioeconomía se combinan y se potencian entre sí. Esto se puede observar en la figura 31 referida a la cadena de café, pero aplica en todas las cadenas; téngase en cuenta que las posibilidades de aprovechamiento de la bioeconomía que se ejemplifican son solo algunas, pero podrían ser más.

FIGURA 31. EJEMPLOS DE APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA EN LA CADENA DEL CAFÉ.



Como se observa en la ilustración, es posible utilizar más intensivamente los recursos y procesos biológicos en el desarrollo productivo de la cadena de café a través de:

- Mejoramiento genético para obtener variedades con más vigor de crecimiento y reproducción o mayor resistencia a estrés, plagas o enfermedades, una tarea que viene haciendo desde hace casi 25 años en la región institutos de investigación y/o enseñanza como el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura (PROMECAFE) y el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agronómica para el Desarrollo (CIRAD) de Francia.
- Prácticas agronómicas para incrementar la eficiencia ambiental y aumentar, a su vez, la productividad, las cuales en el caso del café podrían ejemplificarse con los sistemas agroforestales productivos, que combinan el manejo de suelos, la siembra de árboles de sombra y la aplicación de abonos orgánicos, entre otras prácticas, que en su conjunto reducen la erosión del suelo, fomentan el control biológico natural, promueven la polinización cruzada, mantienen la humedad en tiempos de sequía, etc.
- Incremento en la eficiencia de la cadena de valor como resultado del aprovechamiento de los residuos de pulpa, mucílago y materiales de poda para producción de abono orgánico, compostaje y generación de energía para autoconsumo.

- Las valoraciones que realizan los mercados de las externalidades positivas que se dan como resultado del mejor uso del recurso biológico en la cadena. En el caso del café, los mercados internacionales reconocen las prácticas sostenibles a través de instrumentos como los PSA, las medidas de mitigación apropiadas para cada país (MMAP o NAMA, por sus siglas en inglés), y el agroecoturismo, entre otros.
- El aprovechamiento más disruptivo de la bioeconomía se da cuando se utilizan los nuevos conocimientos sobre los recursos y procesos biológicos para generar bioproductos y biomateriales, lo que permite vincular una cadena de valor con otras diferentes (cruzamiento de cadenas de valor). En el caso del café, por ejemplo, solamente el 20 % del grano es utilizado para la generación de la bebida; el 80 % restante (compuesto por la cascarilla, la pulpa, el mucílago y la borra) tiene propiedades que la ciencia ya ha investigado y ha desarrollado aplicaciones para la producción de bioenergía y biomateriales.

Resumen

De la mano del conocimiento y la convergencia de tecnologías, la bioeconomía promueve nuevas actividades basadas en el uso de recursos y procesos biológicos. Esta nueva matriz productiva es modelada por fuerzas inductoras generadas por una sociedad más consciente en temas ambientales, el entramado institucional que reconoce y se ocupa del deterioro ambiental, las oportunidades no aprovechadas y los avances en la ciencia y las tecnologías.

Con base en las ventajas comparativas y experiencias en ALC, se ha identificado que las posibilidades para aprovechar la bioeconomía en la región se centran en seis senderos, todos ellos orientados a un uso eficaz y eficiente de los productos y procesos biológicos, los cuales representan una oportunidad sostenible para los territorios rurales.

El sendero utilización de recursos de la biodiversidad está orientado a la puesta en valor de la biodiversidad nativa; actualmente, los ingredientes y las materias primas derivadas de esa biodiversidad ganan mercado en diferentes industrias; la producción de orgánicos también está integrada en esta forma de aprovechar la bioeconomía.

Otro sendero es la ecointensificación, que se basa en prácticas agronómicas amigables con el medio ambiente, procurando mantener niveles competitivos de producción y productividad. Por su parte, el sendero biorrefinerías y bioproductos, emblema de la bioeconomía, abarca actividades del sector de la bioenergía, así como los procesos encaminados a la sustitución de insumos industriales de combustibles de origen fósil.

El sendero aplicaciones biotecnológicas tiene campos de acción muy extensos; sus aportes abarcan la ingeniería genética vegetal (producción de nuevas y mejoradas variedades, por ejemplo); la salud humana y animal (por ejemplo, diagnósticos de enfermedades); y el ambiente (biorremediación, por ejemplo).

El sendero de servicios ecosistémicos involucra oportunidades mediante los servicios de apoyo, de aprovisionamiento, de regulación y culturales. Por último, el sendero incremento de la eficiencia de las cadenas de valor está orientado a la aplicación de estrategias que mejoren y hagan más eficientes los actuales modelos de negocios.

Las distintas actividades bioeconómicas suelen responder a más de un sendero. Paralelamente, las distintas tecnologías son transversales a muchos de ellos.

Referencias bibliográficas

- Andina (Agencia Peruana de Noticias). 2018. Perú es líder en desarrollar el biocomercio y los bionegocios (en línea). Lima, Perú, Editora Perú. Consultado 05 jun.2019. Disponible en <https://andina.pe/agencia/noticia-peru-es-lider-desarrollar-biocomercio-y-los-bionegocios-725024.aspx>. Fecha de publicación: 13 sept. 2018.
- Anlló, G; Bisang, R; Trigo, E. 2018. Bioeconomía: hacia una lógica productiva sostenible. Montevideo, Uruguay, CILAC.
- Aramendis, R; Rodríguez, A; Krieger, L. 2018. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía. Santiago, Chile, CEPAL.
- Bioenarea (Proyecto para el Mejoramiento de las de las Políticas Regionales en Bioenergía y Desarrollo Territorial). s. f. Biorrefinerías. Una oportunidad de negocio para las zonas rurales y las industrias. Castilla y León, España, Ente Regional de la Energía de Castilla y León.
- Birner, R. 2018. Bioeconomy concepts (en línea). In Lewandowski, I (ed.). Bioeconomy. Shaping the transition to a sustainable, biobased economy (p. 17-38). Stuttgart, Alemania, Springer Nature. Consultado 06 jun. 2019. Disponible en <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68152-8.pdf>.
- Bisang, R; Trigo, E. 2017. Bioeconomía argentina: Modelos de negocios para una nueva matriz productiva. Buenos Aires, Argentina, Bolsa de Cereales- Ministerio de Agroindustria.
- FONAFIFO (Fondo Nacional de Financiamiento Forestal, Costa Rica). 2018. Rendición de cuentas 2018 (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 18 jul. 2019. Disponible en <https://www.fonafifo.go.cr/es/documentos/presentaciones/>.
- Gomes, R; Lima, P; Kuriyama, S; Fidalgo, A. 2018. Desenvolvimento da química verde no cenário industrial brasileiro (en línea). Revista Fitos, edición especial, p. 80-89. Consultado 18 jul. 2019. Disponible en <http://revistafitos.far.fiocruz.br/index.php/revista-fitos/article/view/580/html>.
- González, C; Trigo, E; Herrera-Estrella, L; Farías, A. 2014. Estado actual y potencial de la bioeconomía basada en el conocimiento en relación con la investigación y la innovación en ALC. In Hodson, E. Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (p. 93-117). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2019. Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 15 may. 2019. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/7909/1/BVE19040201e.pdf>.
- INTAGRI (Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura, México). 2014. Argentina consolida su liderazgo en agricultura de precisión (en línea). Consultado 25 jun. 2019. Disponible en <https://www.intagri.com/articulos/noticias/argentina-consolida-liderazgo-en-agricultura-de-precision>.
- La Capital. 2017. Argentina está segunda en agricultura de precisión (en línea). Consultado 10 julio. 2019. Disponible en <https://www.lacapital.com.ar/campo/argentina-esta-segunda-agricultura-precision-n1500924.html>. Publicado: 4 nov.

- La Jornada. 2019. Rescatan suelos en Xochimilco con fórmula de desechos orgánicos (en línea). Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://www.jornada.com.mx/2019/04/11/sociedad/036n1soc>. Publicado: 11 abr.
- Lamborelle, A; Fortuna, R. 2019. Bioeconomy, a smarter way of using agricultural resources (en línea, infografía). Bruselas, Bélgica, Euractive. Consultado 26 may. 2019. Disponible en <https://euractiv.eu/wp-content/uploads/sites/2/infographic/24042019-DGA-GRI-EN-V01-1-5.pdf>.
- Lewandowski, I; Gaudet, N; Lask, J; Maier, J; Tchouga, B; Vargas, R. 2018. Context (en línea). In Lewandowski, I. (ed.). Bioeconomy. Shaping the transition to a sustainable, biobased economy (p. 5-16). Stuttgart, Alemania, Springer Nature. Consultado 23 jun.2019. Disponible en <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68152-8.pdf>.
- Pascual, A. 2018. Bioeconomía: de los residuos a los nuevos bioproductos a través de las biorrefinerías (en línea). Valencia, España, Ainia. Consultado 07 jul. 2019. Disponible en <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/formacion/bioeconomia-residuos-bioproductos/>.
- PROBIOMASA (Proyecto para la promoción de la energía derivada de biomasa). s.f. Energía derivada de biomasa. Consultado 26 may. 2019. Disponible en <http://www.probiomasa.gob.ar/sitio/es/biomasa.php>
- PROMPERÚ (Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo). 2014. Sistematización del proyecto Biocomercio Andino (en línea). Lima, Perú. Consultado 06 jun. 2019. Disponible en <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/exportaciones/546351112rad-577FF.pdf>.
- RAE (Real Academia Española de la Lengua). s. f. Biomasa (en línea). Madrid, España. Consultado 26 may. 2019. Disponible en <https://dle.rae.es/?id=5YtOE4H>.
- Rodríguez, A. s. f. La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe. Boletín CEPAL/FAO/IICA.
- Trigo, E. 2015. La bioeconomía como modelo de desarrollo: oportunidades y desafíos (en línea). Buenos Aires, Argentina, Asociación de Maíz y Sorgo Argentino. Consultado 07 jun. 2019. Disponible en <http://www.maizar.org.ar/vertex.php?id=475>.
- Trigo, E; Henry, G; Sanders, J; Schurr, U; Ingelbrecht, I; Revel, C; Santana, C; Rocha, P. 2014. Hacia un desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe. In Hodson, E. (ed.). Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (p. 17-46). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.
- Trigo, E; Vera, E; Grassi, L; Losada, J; Dellisanti, J; Molinari, M; Murmis, MR; Almada, M; Molina, S. s. f. Bioeconomía Argentina. Visión desde Agroindustria. Buenos Aires, Argentina, Ministerio de Agroindustria.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development). s. f. About BioTrade (en línea). s. n. t. Consultado 26 may. 2019. Disponible en <https://unctad.org/en/Pages/DITC/Trade-and-Environment/BioTrade.aspx>.
- WEF (World Economic Forum, Suiza). 2010. The future of industrial biorefineries (en línea). Ginebra, Suiza. Consultado 5 jul. 2019. Disponible en <https://bit.ly.2NvdCCx>

Módulo 4.

La bioeconomía en ALC: ventajas comparativas y oportunidades



OBJETIVO DEL APRENDIZAJE

Comprender las oportunidades y fortalezas con que cuenta América Latina y el Caribe (ALC) para impulsar el aprovechamiento de la bioeconomía en su agricultura y territorios rurales.

UNIDADES

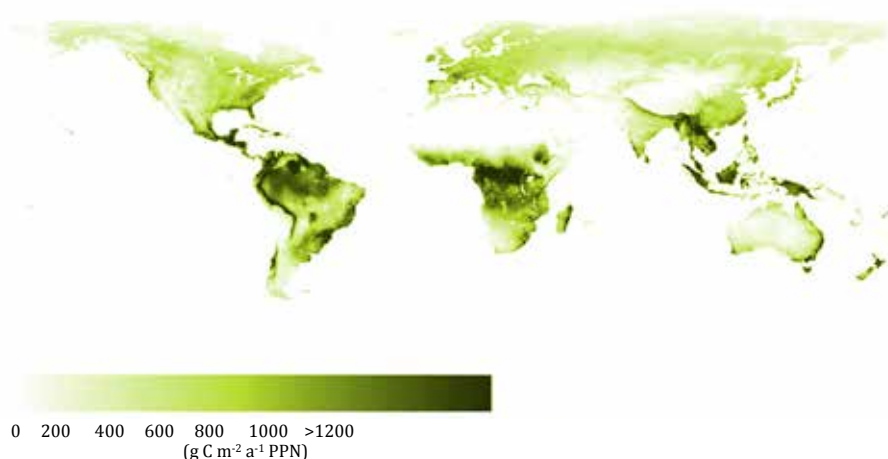
Unidad 4.1. Ventajas comparativas de ALC para el desarrollo sostenible de la bioeconomía.
Unidad 4.2. Oportunidades de la bioeconomía para el desarrollo económico, social y ambiental de ALC.

Unidad 4.1. Ventajas comparativas de ALC para el desarrollo sostenible de la bioeconomía

La bioeconomía representa la visión de una sociedad futura mucho menos dependiente de la energía y de las materias primas provenientes de recursos fósiles, en la que la biomasa producida de forma sostenible desempeña un papel fundamental para la producción de alimentos y de productos de salud, industriales, fibras y energía (Trigo et al. 2014).

La amplia y diversa base de recursos naturales (tierra, agua y diversidad biológica), junto con el conocimiento ancestral y reciente, otorga a América Latina y el Caribe (ALC) ventajas comparativas para la producción de biomasa. Para dimensionar este potencial, basta mencionar que el promedio de producción primaria neta (PPN) de biomasa terrestre global —sin intervención humana— se estima en 430 g C m⁻² año⁻¹, en tanto que en la región es de aproximadamente 800 g C m⁻² año⁻¹. (GNASL 2012).

FIGURA 32. PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA (PPN) DE BIOMASA, EN GRAMOS DE CARBONO (C) POR M-2 Y AÑO.



Fuente: Elaborada con base en Imhoff et al. 2004, citados por Lewandowski et al. 2018.

Biodiversidad

La diversidad biológica sostiene el funcionamiento del ecosistema y la provisión de servicios ecosistémicos, que son esenciales para el bienestar humano. Proporciona seguridad alimentaria, salud humana y sustento a la vida, suministro de aire y agua; asimismo, contribuye a los medios de vida locales y al desarrollo económico, y es fundamental para el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), incluida la reducción de la pobreza (CBD 2010).

*Por **diversidad biológica** se entiende la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas (CDB 1992).*

Una de las principales ventajas comparativas de ALC para el desarrollo de la bioeconomía es su riqueza en biodiversidad. En un área que representa el 15 % de la superficie terrestre mundial (FAO 2015), la región concentra alrededor del 60 % de la vida terrestre del planeta (UNEP-WCMC 2016).

De igual manera, ALC alberga a ocho de los 17 países más megadiversos del mundo, como son Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Perú, México y Venezuela. En el Índice Nacional de Biodiversidad (INB), aplicado a más de 160 países, 7 países de ALC se destacan entre los 10 países del mundo con las puntuaciones más altas (cuadro 11).

CUADRO 11. LOS 10 INB MÁS ALTOS DEL MUNDO.

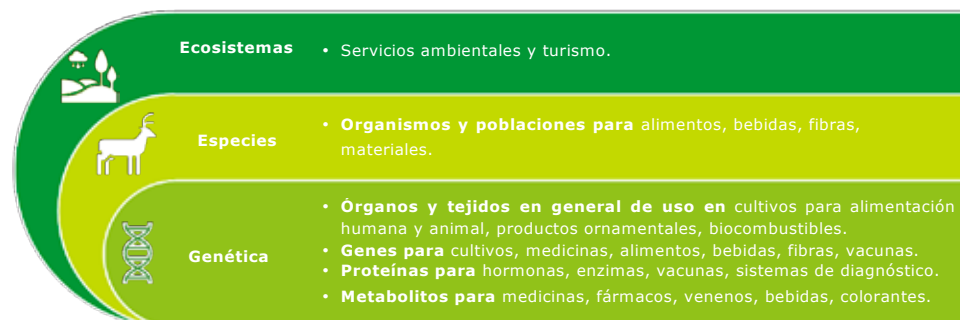
País	INB
Indonesia	1.000
Colombia	0.935
México	0.928
Brasil	0.877
Ecuador	0.873
Australia	0.853
Venezuela	0.850
Perú	0.843
China	0.839
Costa Rica	0.820

Fuente: Elaborado con base en CBD 2001.

El INB es un indicador que estima la riqueza y el endemismo de cuatro clases de vertebrados terrestres (mamíferos, reptiles, aves y anfibios) y plantas vasculares presentes en un país. Los valores del índice varían en un rango de entre 1 y 0. Uruguay es el país de ALC con el NBI más bajo (0.487); sin embargo, se ubica sobre la mayoría de los países europeos (Trigo et al. 2014).

La biodiversidad puede agruparse en tres niveles jerárquicos: diversidad de ecosistemas (espacios físicos con características específicas en donde habitan las especies), diversidad de especies (unidades en que se categorizan los seres vivos) y diversidad genética (se refiere a los distintos códigos genéticos de cada especie). Estos tres elementos que integran la biodiversidad son esenciales para el desarrollo de la bioeconomía, pues son fuente de infinidad de productos y servicios (figura 33).

FIGURA 33. ELEMENTOS DE LA BIODIVERSIDAD Y ALGUNOS DE SUS USOS.



Fuente: Elaborada con base en Rocha 2014.

ALC ha sido el origen de importantes cultivos alimentarios que son consumidos en todo el mundo, como es el caso del maíz, la papa, el cacao, el frijol, el aguacate, el chile y la quinua, entre otros. Asimismo, en la región se concentra un gran número de plantas con flores que poseen compuestos especiales para la alimentación y la agricultura, así como para las industrias biofarmacéutica, nutracéutica, cosmética y ambiental (Trigo et al. 2014).

La biodiversidad presente en ALC ofrece varias posibilidades para el aprovechamiento de los recursos y procesos biológicos. Por ejemplo, hay oportunidad de incidir en el mejoramiento genético de las especies para hacerlas más productivas y aptas para los nuevos desafíos; de igual manera, hay gran potencial para el procesamiento de biomasa de los mismos productos de origen biológico y de los descartes para la producción de bioenergías y bioproductos.

Asociada a la biodiversidad, existe una rica gama de compuestos naturales con estructuras peculiares que siguen siendo una de las fuentes más sofisticadas de nuevos modelos moleculares para la química médica y el desarrollo de nuevos fármacos, cosméticos, perfumes, agroquímicos y complementos alimenticios (Valli et al. 2018).

En línea con lo anterior, cabe mencionar que de los 1211 nuevos prototipos de bajo peso molecular (conocidos como nuevas entidades químicas) introducidos en el mercado mundial como productos farmacéuticos durante el período 1981-2014, el 60 % se deriva de productos naturales, miméticos o diseñados a partir de estructuras de productos naturales (Newman y Cragg 2016).

El desarrollo de una bioeconomía con base en la biodiversidad debe fundamentarse en una estrategia erigida sobre tres pilares fundamentales: protección, conocimiento y uso sostenible (Rodríguez s. f.). Es importante tomar en consideración que más allá de potenciar el uso de la biodiversidad de manera sostenible, esto amplía la posibilidad de llevar desarrollo a distintos territorios.

Disponibilidad de tierra

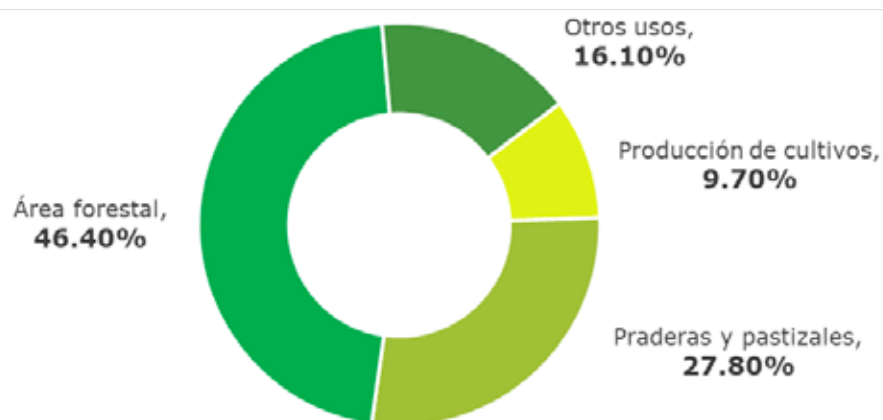
De acuerdo con FAOSTAT, en 2016, aproximadamente el 10 % (alrededor de 200 millones de hectáreas) de la superficie terrestre de la región (2014 millones de hectáreas, excluyendo aguas continentales) tenía como uso la producción de cultivos, tanto en tierras arables como en tierras de cultivos permanentes.

FIGURA 34. EJEMPLOS RELEVANTES DE ESPECIES DE LAS AMÉRICAS.



Fuente: Elaborada con base en FAO 2016.

FIGURA 35. SUPERFICIE TERRESTRE DE ALC SEGÚN SU USO Y EN PORCENTAJE (2016).



Fuente: Elaborada con base en FAO 2016.

ALC está muy bien posicionada en términos de disponibilidad agrícola. El 54 % de la superficie terrestre de la región —alrededor de 1095 millones de hectáreas— está valorada como “muy adecuada”, “adecuada” y “moderadamente adecuada” para la producción de cultivos de secano como cereales, raíces y tubérculos, cultivos de azúcar, legumbres y oleaginosas.

Para el 2050, la expansión agrícola se estima que será de casi 70 millones de hectáreas a nivel global; las regiones que más aportarán a este crecimiento serán África subsahariana (51 millones) y ALC (49 millones), mientras en los países desarrollados se pronostica un decrecimiento de 38 millones de hectáreas.

CUADRO 12. TIERRA ARABLE EN USO PROYECTADA PARA EL AÑO 2050 (MILLONES DE HA).

Región	2005-2007	2050	Crecimiento anual (%)
África subsahariana	240	291	0.44
América Latina y el Caribe	202	251	0.49
Cercano Oriente y África del Norte	84	84	0.00
Asia del Sur	206	213	0.08
Asia Oriental	236	236	0.00
Países desarrollados	624	586	-0.14
Mundo	1,592	1,661	0.10

Fuente: Elaborado con base en Alexandratos y Bruinsma 2012.

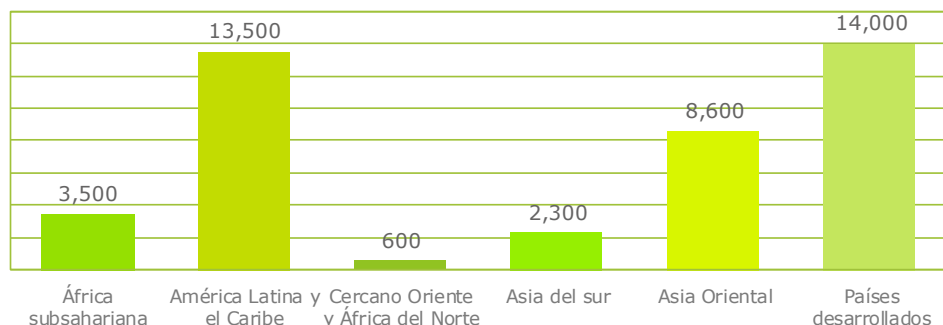
Además de los 251 millones de hectáreas que se indican en el cuadro 12, se proyecta que para el 2050 estarán en uso 23 millones de hectáreas de tierras irrigadas en ALC (20 millones actuales y 3 millones producto de la expansión), por lo que para el 2050 podrían estar en producción un total de 274 millones de hectáreas en la región sin comprometer los bosques.

Disponibilidad de agua

De los 42 000 km³/año de recursos renovables de agua dulce en el mundo, 32 % se encuentra en ALC (Alexandratos y Bruinsma 2012). No obstante que la región está bien dotada del

recurso agua, este se distribuye de manera desigual dentro de la región, pero menos desigual que en otras.

FIGURA 36. RECURSOS HÍDRICOS ANUALES RENOVABLES EN KM³/AÑO (2005-2007).



Fuente: Con base en Alexandratos y Bruinsma 2012.

Cabe destacar que algunas áreas extensas como las planicies de la costa del Pacífico en Centroamérica, las áreas costeras de Chile y Perú, la Patagonia en Argentina y el Nordeste brasileño, entre otros, enfrentan restricciones absolutas o por estaciones que limitan sustancialmente su potencial de producción agrícola (Trigo et al. 2014).

Producción de biomasa

Las cifras expuestas sobre biodiversidad y disponibilidad de tierra y agua revelan el potencial que tiene América Latina para la producción de biomasa, insumo basal de la bioeconomía.

A nivel mundial, la producción primaria neta (PPN) actual de biomasa de plantas verdes en ecosistemas terrestres asciende a aproximadamente 118 000 millones de toneladas de materia seca por año (Gt/año) con un valor calorífico bruto (VCB) de 2190 EJ/año¹⁶. No obstante, una proporción considerable del PPN se ubica en las partes subterráneas de las plantas que no se pueden cosechar; por lo tanto, la PPN terrestre aérea es de 67 000 millones de Gt/año o 1241 EJ/año (figura 37). A estas últimas cifras, la PPN de ALC aporta alrededor del 25 % (GEA 2012).

Los datos antes mencionados se utilizan para establecer el potencial de la biomasa, parámetro importante en las evaluaciones de los recursos de la biomasa, lo cual puede realizarse a través de cuatro enfoques:

- **Potencial teórico.** Potencial máximo de la biomasa disponible a nivel mundial o en un sistema dado.
- **Potencial técnico.** Fracción del potencial teórico que está disponible bajo ciertas condiciones como son las tecnologías utilizadas (técnicas de cosecha, infraestructura y accesibilidad, técnicas de procesamiento, etc.). También tiene en cuenta otros usos de la tierra (para alimentos, piensos y producción de fibra), así como las limitaciones ecológicas (por ejemplo, reservas naturales) y otros aspectos no técnicos.
- **Potencial económico.** Parte del potencial técnico que cumple con los criterios de rentabilidad económica.

16. Exajulios (1 x 10¹⁸ J). 1 EJ = 0.28 PWh o 24 Mtoe.

FIGURA 37. PPN DE BIOMASA TERRESTRE AÉREA GLOBAL EN EJ/ AÑO (2000).



Fuente: Con base en GEA (2012).

- **Potencial de implementación.** Fracción del potencial económico que puede implementarse en un tiempo dado y en determinadas condiciones sociopolíticas, incluidas las limitaciones institucionales y sociales y los incentivos de las políticas públicas (WBA 2016).

A manera de ilustración de los potenciales teórico y técnico, en el cuadro 13 se presentan proyecciones para el 2050 sobre potenciales energéticos de cultivos, residuos sólidos municipales (RSM) y residuos de animales. Cabe mencionar que en las estimaciones de los cultivos se consideran residuos primarios (de cosecha) y secundarios (de procesamientos) de cereales, cultivos de azúcar, legumbres, oleaginosas, tubérculos, frutas secas y otras frutas. El año base del pronóstico es 2005.

CUADRO 13. POTENCIALES ENERGÉTICOS DE CULTIVOS, RSM Y DESECHOS ANIMALES (PROYECCIONES PARA EL 2050 EN EJ/AÑO).

Región	Cultivos		RSM		Residuos animales	
	Teórico	Técnico	Teórico	Técnico	Teórico	Técnico
América Latina y el Caribe	21.64	11.28	3.99	1.75	15.79	7.90
Resto del mundo	85.14	38.17	25.64	9.27	61.89	31.31
Mundo	106.78	49.45	29.63	11.02	77.68	39.21

Fuente: Elaborado con base en GEA 2012.

La abundante dotación de recursos de la región ya ha servido de base para desarrollos significativos hacia una economía de base biológica en la región. El fortalecimiento de su papel tradicional en los mercados internacionales agrícolas y de alimentos mediante los procesos de transformación agrícola no solo ha tocado a los sectores tradicionales (los cereales, las semillas oleaginosas y los productos tropicales), sino que también la región ha hecho importantes incursiones en el desarrollo de nuevos usos de la biomasa, por ejemplo, en aplicaciones biotecnológicas, prácticas de ecointensificación y, principalmente, en el sector de los biocombustibles (Trigo et al. 2014).

Por otra parte, en el cuadro 14 se revelan magnitudes de potencial económico y de implementación de la biomasa, conforme a la generación de energía eléctrica obtenida de diferentes tipos de biocombustibles para un determinado año de referencia, en este caso 2017.

CUADRO 14. ELECTRICIDAD GENERADA A PARTIR DE LA BIOMASA EN EL MUNDO Y ALC (2017)¹⁷.

Tecnología	Mundo	ALC	
	GWh	GWh	% ¹⁸
Biocombustibles sólidos	400 956	70 820	17.7
Residuos municipales renovables	57 130	23	0.0
Bagazo	53 936	45 375	84.1
Otros biocombustibles sólidos	289 787	25 421	8.8
Biocombustibles líquidos	5 275	31	0.6
Biogás	87 932	1 274	1.4
Bioenergía total	495 395	72 124	14.6

Fuente: Elaborado con base en IRENA 2018.

17. Las sumas pueden no coincidir por el factor decimales.

18. Porcentaje de ALC frente al total del mundo.

En términos generales, hay evidencia de un desempeño relativamente dinámico de los biocombustibles suplidos en América (cuadro 15), en virtud de que se observan indicadores favorables en las variaciones interanuales de 2016 con respecto a 2015, exceptuando el carbón vegetal, todo lo cual genera un efecto multiplicador en tres sectores principales identificados en el aprovisionamiento de biomasa: silvicultura, agricultura y residuos.

CUADRO 15. DESEMPEÑO DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN AMÉRICA.

Biocombustible suplido	Unidad de medición	Año 2016	Participación en el mundo (%)	Variación 2016/2015 (%)
Leña	Mm3	323	17.1	5.2
Pellets	Mt	9.49	31.9	8.3
Carbón	Mt	11.0	25.5	-0.9
Bioetanol	miles de M litros	72.1	84.2	4.4
Biodiésel	miles de M litros	12.5	38.3	12.8
Biogás	EJ	0.19	14.5	0.8

Fuente: Elaborado con base en WBA 2018.

Por sectores, el forestal es el que más contribuye al suministro de biomasa a nivel mundial; por tal motivo, la mayor parte de la biomasa para energía proviene de los bosques (figura 38). Para este fin se ocupan los tallos, la leña o los árboles fuera de los bosques; biomasa leñosa obtenida de la limpieza de bosques; residuos en general de la cosecha forestal (ramas, cimbras, tocones) y residuos de la industria maderera (corteza, aserrín, otras piezas de madera, licor negro, aceite alto, madera reciclada) (WBA 2016).

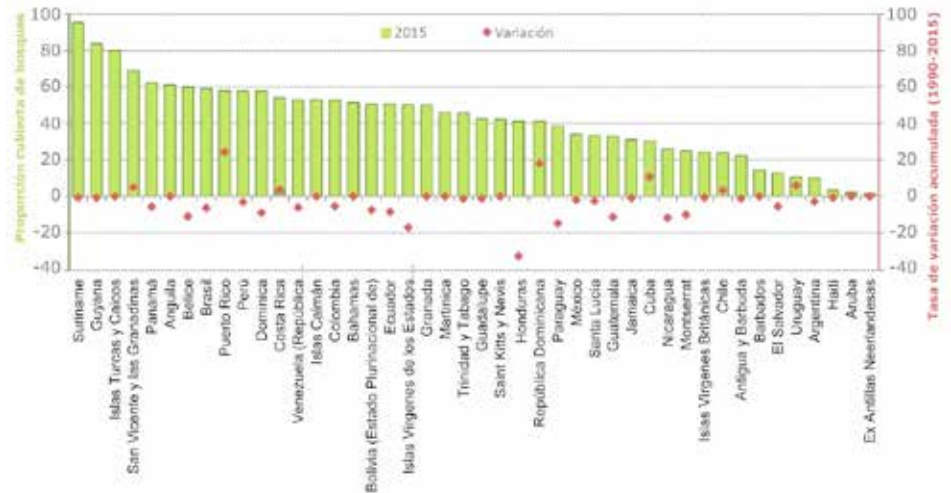
FIGURA 38. COMPOSICIÓN GLOBAL DE SUMINISTRO DE BIOMASA PARA ENERGÍA (POR SECTOR).



Fuente: Elaborada con base en información de WBA 2016.

Es importante destacar la disponibilidad de bosques en ALC, toda vez que hay regiones —en Europa, por ejemplo— donde muchos de los negocios de la bioeconomía surgen a partir de biomasa forestal. De acuerdo con datos de 2015, la cobertura forestal mundial (incluyendo los bosques plantados) es de 4000 millones de hectáreas, es decir, 31 % de la superficie global. De las cifras anteriores, 927 millones de hectáreas se encuentran en ALC; es decir, 23 % de la cobertura boscosa mundial se localiza en la región. La situación al respecto, por país, se muestra en la figura 39.

FIGURA 39. PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE CUBIERTA DE BOSQUES EN 2015 Y TASA DE VARIACIÓN ACUMULADA 1990-2015 (%).



Fuente: Quiroga 2017.

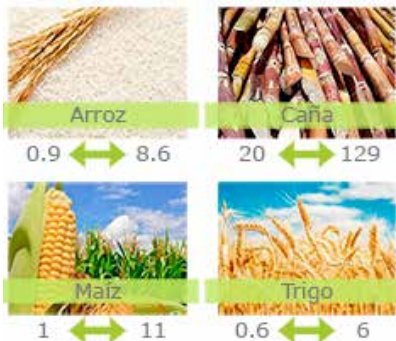
Otros factores determinantes

Bien gestionados, hay otros factores determinantes que podrían representar oportunidades para el desarrollo de la bioeconomía en la región. Tal es el caso del aprovechamiento de los residuos y desperdicios, el acortamiento de la brecha de los rendimientos por cultivos por hectárea con respecto a los cultivos con altos desempeños productivos, así como el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), y la ciencia y la tecnología.

Rendimientos de cultivos

Las grandes brechas en los rendimientos de los cultivos y las actividades pecuarias que se presentan entre los países de la región (e internamente en cada país) ofrecen oportunidades en el marco de la bioeconomía. Los desarrollos científicos y las nuevas tecnologías permiten incrementar la productividad de los factores de la producción, aumentando los rendimientos de manera sostenible. En la figura 40 se muestran los rendimientos de algunos cultivos para el país con mayor rendimiento versus el país con menor rendimiento en ALC.

FIGURA 40. BRECHAS EN RENDIMIENTOS DE ALGUNOS CULTIVOS EN ALC (T/HA).

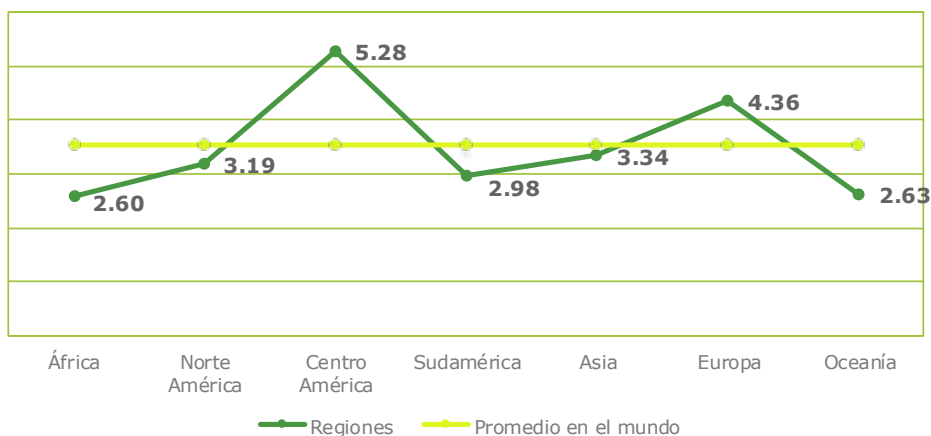


Fuente: FAO 2017.

La innovación permanente en la agricultura permite mejorar los rendimientos de los cultivos, esto desempeña un papel decisivo en el aumento del potencial para la producción de alimentos y biomasa. Algunos estudios muestran que, en 2011, el mundo utilizó un 68 % menos de tierra que 50 años antes para producir la misma cantidad de alimentos, debido a la mejora de los rendimientos agrícolas (WBA 2016).

En este sentido, ALC tiene margen para aumentar la productividad por hectárea que se obtiene en la actualidad mediante la aplicación del conocimiento y tecnologías, a fin de disminuir las brechas de rendimiento en cultivos clave. Por ejemplo, en el caso del trigo, Chile y México registran rendimientos de 5.2 y 5.9 t/ha, respectivamente, niveles superiores que el promedio mundial (3.5 t/ha).

FIGURA 41. RENDIMIENTO (T/HA) DE TRIGO POR REGIONES (2017).



Fuente: Elaborada con base en FAO 2017.

Residuos y desperdicios

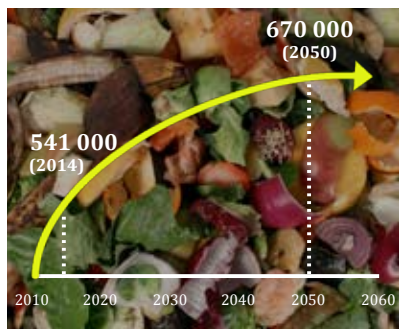
Por otra parte, el potencial para la producción de biomasa proveniente de residuos y desperdicios orgánicos ha sido mínimamente explorado en la región. En 2017, los residuos municipales renovables (RMR) fueron los responsables del 11.53 % y 0.03 % de la bioenergía generada en el mundo y en la región, respectivamente (IRENA 2018). De 2007 a 2017, los RMR utilizados en la generación de bioenergía registraron un aumento acumulado del 105 % a nivel global y un decremento acumulado del 27 % en la región (IRENA 2017).

En 2014, se acumularon 541 000 toneladas de residuos por día en ALC, cifra que se prevé aumentará en 25 % en el 2050, año en el que se generarán cerca de 670 000 toneladas diarias. Se estima que —en promedio— cada habitante de la región genera un kilogramo de residuos y desperdicios al día (PNUMA 2018).

La gestión ambientalmente responsable de los residuos, el reciclaje de materiales secos y de materia orgánica, la recuperación de energía a partir de residuos y el desarrollo de la bioeconomía circular representan una nueva oportunidad industrial verde con potencial para la creación sustancial de empleos (PNUMA 2018).

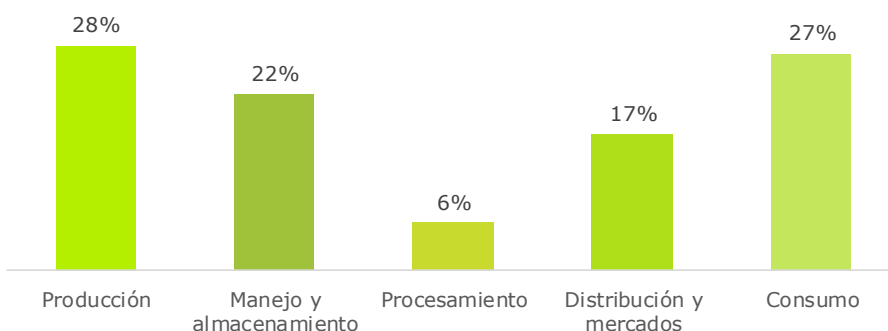
De acuerdo con datos de la FAO, se calcula que cerca de 1300 millones de toneladas de alimentos aptos para el consumo humano se pierden o se desperdician cada año en todo el mundo. Del total de las pérdidas y desperdicios de alimentos (PDA) antes mencionadas, el 6 % (unos 127 millones de toneladas) se generan en ALC, siendo las etapas de producción y la de consumo donde las PDA son más altas (Eguillor 2019).

FIGURA 42. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN ALC (T/DÍA).



Fuente: Elaborada con base en PNUMA 2018.

FIGURA 43. PÉRDIDAS Y DESPERDICIOS DE ALIMENTOS SEGÚN ESLABÓN DE LA CADENA (%).



Fuente: Elaborada con base en FAO 2014, citado por Eguillor 2019.

Datos de la FAO también indican que las frutas y hortalizas son los alimentos que más se desechan, llegando las pérdidas al 55% de todo lo que se produce; les siguen las raíces y tubérculos (40%), el pescado y mariscos (35%), los cereales (25%), las oleaginosas y legumbres (20%), la carne (20%) y los productos lácteos (20%) (Eguillor 2019). En lo que respecta a algunos cultivos de interés, las pérdidas y desperdicios son los siguientes:

- Cáscara del arroz: 20%
- Desperdicio post mórtem de bovino: 12%
- Desecho del café: 60-80%
- Residuos de caña: 60%
- Cáscara de cítricos: 50%
- Desperdicios de papa: 13%
- Desechos de piña: 40%
- Suero de leche: 70%

La valorización de residuos es una opción que se utiliza cada vez más en diferentes regiones del mundo; dándoles un valor económico a estos se reduce el volumen de residuos que terminan en el vertedero y disminuye el uso de recursos naturales favoreciendo así al medio ambiente. En el cuadro 16 se presentan ejemplos de valorización de residuos agroindustriales.

CUADRO 16. EJEMPLOS DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES.

Origen de residuos	Fuente seleccionada	Ingredientes de interés
Cereales	Salvado de arroz	Albúmina, globulina, hemicelulosa B y fibra
	Semillas de trigo	Arabinoxilano
	Paja de trigo	Hemicelulosa
	Residuos de molino de avena	Betaglucanos
	Residuos de malta	Glucosa, arabinosa y galactosa
Raíces y tubérculos	Cáscara de papa	Carbohidratos y polifenoles
	Melaza de remolacha	Ácidos orgánicos
Cultivos aceitosos y legumbres	Semillas de girasol	Fitoesteroles
	Semillas de soya	Fitoesteroles
	Residuos de aceite de soya	Fitoesteroles
	Aguas residuales de soya	Albúmina
	Residuos de oliva	Polifenoles
Frutas y vegetales	Cáscara de mandarina	Narirutina
	Cáscara de naranja	Hesperidina, apocarotenoides y limoneno
	Subproductos del limón	Pectina
	Pulpa de manzanas	Pectina
	Piel de manzana	Polifenoles
	Pulpa de durazno	Pectina
	Hueso de damasco	Proteína
	Pomaza de uva	Fibra dietaria
	Piel de uva	Fenoles
	Lías de vino	Tartatro de calcio y enocianina
	Cáscara de plátano	Cianidina-3-rutinosido
	Cáscara de zanahoria	Betacaroteno y fenoles
	Pomaza de tomate	Licopeno
	Piel de tomate	Carotenoides

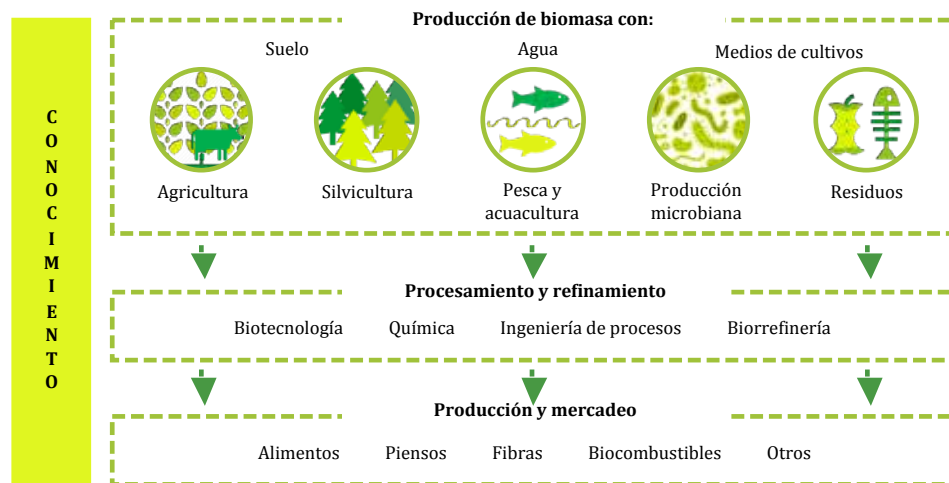
Fuente: Fraunhofer Chile 2019.

Ciencia y tecnología

La gran biodiversidad y la experiencia productiva con base en la agricultura y los recursos naturales han permitido a ALC desarrollar capacidades locales y acumular un rico capital para ingresar al nuevo paradigma de la bioeconomía. Desde hace varios años, algunos países de la región están aprovechando estas potencialidades para llevar a cabo modelos de negocios bioeconómicos basados —principalmente— en las bioenergías, las aplicaciones biotecnológicas, la valorización de atributos de la biodiversidad y las prácticas eointensivas. Estos temas se abordarán con mayor profundidad en el módulo 5.

Las innovaciones científicas y tecnológicas permiten comprender y valorizar el potencial de la naturaleza en forma antes impensada; por tal razón, son fundamentales para el aprovechamiento de los activos biológicos de la naturaleza (sus bioquímicos y biomateriales) y sus activos biomiméticos (sus funciones y procesos) (BID 2018). Esta valorización hace de la bioeconomía un sistema de cadenas de valor interconectadas, tal como se muestra en la figura 44.

FIGURA 44. BIOECONOMÍA: UN SISTEMA CON CADENAS DE VALOR INTERCONECTADAS.



Fuente: Elaborada con base en BÖR 2010.

El desarrollo científico y tecnológico de la región registra un comportamiento asimétrico, pues mientras algunos países cuentan con una amplia experiencia aplicada en biotecnología y el uso de técnicas innovadoras en la producción agropecuaria, otros registran grandes rezagos. Algunas prácticas innovadoras son las siguientes (BID 2018):

- **Biocombustibles.** Brasil destaca por su experiencia científica y tecnológica en la producción de etanol y Argentina en biodiésel. Casi todos los países de la región han ejecutado planes o tienen planes en marcha para producir etanol y/o biodiésel, pero han quedado rezagados en el desarrollo de biocombustibles avanzados (que no usan cultivos).
- **Agricultura de precisión.** Varios países de ALC también cuentan con experiencias reconocidas internacionalmente en prácticas de intensificación agroecológica, especialmente en labranza cero o siembra directa, especialmente Argentina, Paraguay, Uruguay y Brasil (González et al. 2014). Crecientemente, se están desplegando en la región otras técnicas basadas en el uso de las TIC, sensores, sistemas de posicionamiento global (GPS), imágenes satelitales, drones y ciencia de datos para optimizar el uso de suelos, agua, fertilizantes y otros insumos, pero con niveles de adopción bajos.
- **Organismos genéticamente modificados (OGM).** Varios países de la región son actores importantes en el desarrollo de plantas genéticamente modificadas (GM). De los cerca de 26 países en el mundo que están utilizando tecnologías de modificación genética en la actualidad, diez se encuentran en ALC. Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay representan más de 40% de la superficie mundial cultivada con cultivos transgénicos. En la región también se han desarrollado enfoques no OGM de la biotecnología vegetal; por ejemplo, cultivo de tejidos vegetales para la producción de materiales de siembra libres de enfermedades.

En 2013, la región invirtió USD 5.1 billones en investigación + desarrollo (I+D) agropecuario, a precios internacionales actuales 2011, cifra que representó un incremento del 75% respecto de los niveles registrados a principios de la década de 1980. En este mismo año, ALC cumplió

con la meta mínima de inversión en I+D agropecuario que recomienda la Organización de las Naciones Unidas (ONU), 1% del producto interno bruto agropecuario (PIB-Ag), al invertir en promedio USD 1.15 por cada USD 100 de producción (Stads et al. 2016).

En 2013, en la región también había 20 600 investigadores agropecuarios ETC (equivalentes de tiempo completo), que estuvieron concentrados en tres países: Brasil (28.5%), Argentina (28.3%) y México (19.3%) (figura 45). A su vez, fueron contratados por las entidades gubernamentales (55%), el sector educativo (40%) y entidades sin fines de lucro (5%). Cabe destacar que en este rubro, así como en inversión, las asimetrías también se hacen presentes en la región; por ejemplo, el 76.1% de los investigadores se concentran en Brasil, Argentina y México (Stads et al. 2016).

Aunque significativo, el volumen de la investigación de la región es relativamente bajo en comparación con otros países desarrollados o en desarrollo, como China e India. Esto se refleja en un número reducido de patentes y artículos publicados, por lo que la capacidad de innovación sigue dependiendo de suministros externos provenientes de países desarrollados. Existen muchos desafíos, entre ellos el entrenamiento de investigadores en el uso sostenible de la biodiversidad y la innovación en biotecnología, a fin de contribuir a resolver las demandas y/o necesidades de la industria en los países (González et al. 2014).

Otro factor determinante que otorga ventaja comparativa a ALC lo constituye la presencia de cadenas de valor, sectores industriales y sectores empresariales consolidados en la región, por ejemplo:

- Importantes cadenas de valor agroalimentarias, pesqueras o de madera/papel dentro de la estructura económica regional, con una fuerte especialización tecnológica e intensificación sostenible de la producción.
- Sectores industriales (químico, farmacéutico y agroalimentario) que buscan cambiar los recursos fósiles por renovables y la descarbonización de los procesos productivos.
- Sectores empresariales bien desarrollados que fomentan la cooperación y el apoyo público para innovación, especialización y desarrollo de nuevos productos.

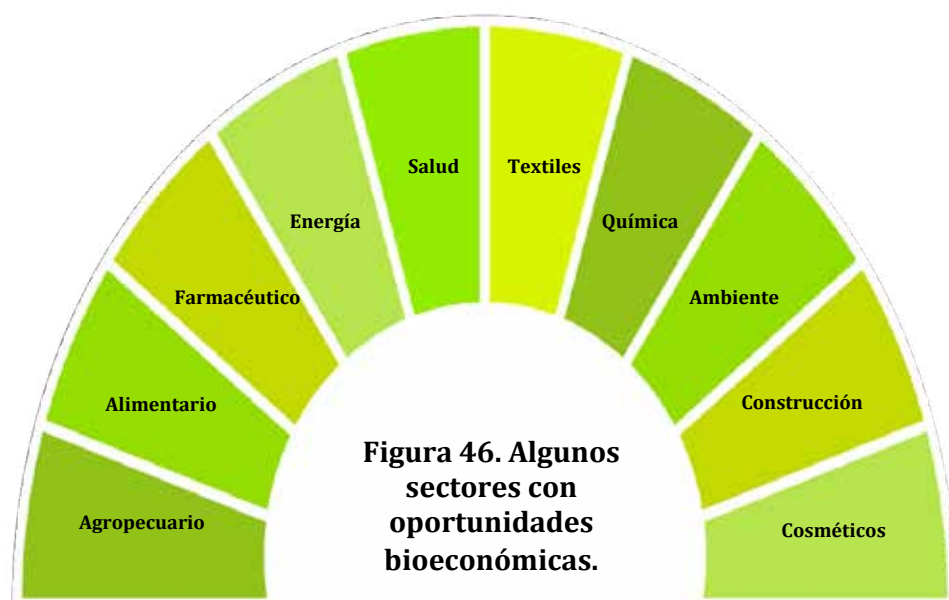
FIGURA 45. DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE INVESTIGADORES AGROPECUARIOS EN ALC (2013)



Fuente: Con base en Stads y otros (2016)

Unidad 4.2. Oportunidades de la bioeconomía para el desarrollo económico, social y ambiental de ALC

Los nuevos conocimientos y los avances en las ciencias y las tecnologías, sumados a la riqueza biológica y disponibilidad de recursos naturales de la región, presentan grandes oportunidades que podrían aprovecharse no solo para producir más alimentos, bioenergías y bioproductos que den mayor valor agregado, sino también para que estos nuevos modelos de negocios generen más encadenamientos y oportunidades en los territorios rurales, a la vez que contribuyen con la descarbonización y sostenibilidad ambiental (figura 46).



Oportunidades en el sector agropecuario

Los grandes retos como la seguridad alimentaria, el crecimiento poblacional y el cambio climático —así como la presión por la pérdida de la biodiversidad y la disminución de área sembrada per cápita— exigen un sector agropecuario más eficiente y amigable con el ambiente.

En este escenario, la bioeconomía —a través del conocimiento y los avances en la ciencia y la tecnología— permitirá aumentar la productividad agrícola y pecuaria de una manera más sostenible, y cumplir así con la demanda de alimentos que requiere la población. Por otra parte, brinda la posibilidad de generar nuevos negocios de alto valor agregado basados en conocimiento, que gestionan los recursos biológicos y la biomasa residual generada por este sector.

Son múltiples las oportunidades que se podrían presentar en el sector agrícola y pecuario, que bien gestionadas constituirían nuevas opciones de negocios innovadores en los que los territorios rurales podrían participar. Algunos ejemplos de ellos, relacionados con aplicaciones biotecnológicas se muestran en el cuadro 17.

CUADRO 17. APLICACIONES BIOTECNOLÓGICAS EN EL SECTOR AGROPECUARIO.

<p>Aplicaciones asociadas a la productividad y calidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de nuevas variedades con características nutricionales. • Desarrollo de nuevas variedades más resistentes a plagas y enfermedades. • Desarrollo de nuevas variedades resistentes a características ambientales (heladas, sequías, etc.). • Biofertilizantes para nutrición vegetal. • Biofungicidas y biopesticidas para sanidad vegetal. • Biorremediación de suelos degradados por abuso de agroquímicos. • Propagación de material élite y clonación. • Bioinformática. • Bancos de germoplasma. • Diagnóstico de enfermedades. • Nutrición animal. • Mejoramiento de la ganadería y avicultura para aumentar la calidad de carne. • Incremento de la producción avícola y ganadera. • Neutralizadores de olores en producciones avícolas, porcinas, equinas, ganaderas, etc.
<p>Aplicaciones de aprovechamiento de biomasa residual</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Generación de energía a partir de residuos agrícolas, pecuarios, avícolas y ganaderos. • Manejo de vinazas para la producción de alcohol carburante y producción de biofertilizantes. • Aprovechamiento integral sostenible de gallinazas, pollinazas, bovinazas y lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para nuevos bioproductos. • Obtención de biogás a partir de desechos de ganadería. • Extracción de principios activos a partir de desechos agrícolas (ácidos grasos, enzimas, proteínas, antioxidantes y fibras, entre otros). • Desarrollo de biorrefinerías.
<p>Aplicaciones en valorización de biodiversidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de ingredientes naturales para industrias alimentarias, cosmética y farmacéutica bajo modelos de sostenibilidad. (colorantes, extractos vegetales, aceites vegetales, aceites esenciales) • Bioprospección de microorganismos, hongos, algas y plantas nativas, entre otros, para aplicaciones en la industria (bioinsumos agrícolas, bioactivos para alimentos, cosmética y farmacia) • Cultivo celular de bioactivos de la biodiversidad.

Oportunidades en diversos sectores

La bioeconomía habilita la agregación de valor a productos de los sectores tradicionales. Esto les permitirá diversificar sus portafolios de productos o generar la oportunidad de crear nuevas bioempresas. Todos los nuevos productos que permite la bioeconomía —y que a continuación se detallan— son insumos (o productos finales) para industrias o mercados de amplio peso o de gran crecimiento en ALC. Algunos de los sectores que podrían aprovechar estas posibilidades se indican a continuación (Betancur et al. 2018):

a. Sector alimentario

La industria ha avanzado en nuevos desarrollos e innovaciones biotecnológicas que responden a las nuevas tendencias en hábitos de consumo más saludables.



- Alimentos funcionales.
- Alimentos médicos.
- Ingredientes bioactivos (digestivos, cardiovasculares, inmunidad, belleza, energéticos, etc.).
- Nutraceuticos.
- Suplementos dietarios.
- Aditivos alimentarios.
- Probióticos, prebióticos, fibras dietéticas, antioxidantes, péptidos, vitaminas, minerales y ácidos grasos, entre otros.

b. Sector de la energía

La gran tendencia se asocia a las energías alternativas como oportunidad de futuro para el planeta, buscando desarrollar energías más limpias, más verdes y renovables. Sus formas más conocidas son los biocombustibles:

- Bioetanol.
- Biodiésel.
- Biogás.
- Leña, pellets y carbón vegetal.



c. Sector de la salud

Las oportunidades de innovación se centran en la tendencia creciente de la medicina personalizada, donde muchas empresas enfocan sus esfuerzos en la genética de cada individuo y en su contexto en las regiones.

- Nuevos enfoques terapéuticos (ingeniería de tejidos, células madre, terapia génica, otras).
- Pruebas diagnósticas in vitro.
- Diagnósticos genéticos y moleculares.
- Insumos biológicos.
- Bancos de tejidos.
- Biodispositivos médicos.
- Terapia génica.
- Bioinformática.
- Servicios de estudios clínicos y pruebas de bioseguridad.



d. Sector farmacéutico

Esta industria es líder en aplicaciones biotecnológicas. La oferta de biodiversidad es de gran interés para este sector.

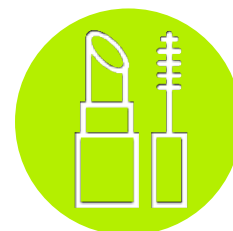
- Ingredientes bioactivos (digestivos, cardiovasculares, analgésicos, antitumorales e inmunológicos, entre otros).
- Fitoterapéuticos.
- Vacunas y antibióticos.
- Biofármacos.
- Medicamentos biológicos y biosimilares.
- Proteínas recombinantes.
- Farmacogenética.
- Hemoderivados.



e. Sector de cosméticos y aseo

La industria tiene una gran oportunidad de diversificar su portafolio de productos incorporando nuevas unidades de negocios asociadas a lo natural y a la funcionalidad de determinados ingredientes.

- Ingredientes con funcionalidades para el cuidado personal y la estética.
- Lucha contra signos de envejecimiento (tonificación, antiarrugas, antioxidantes).
- Reducción o reversión del daño ambiental (piel decolorada, hidratación, protección UV).
- Aceites esenciales (hidratación, alivio).
- Aceites y grasas vegetales exóticos y sostenibles (hidratación, reparación, brillo).
- Colorantes y conservantes naturales.
- Cosmética natural.
- Nutricosmética.
- Dermocosmética.
- Cosmecéutica.



f. Sector de la construcción

El sector avanza fuertemente hacia soluciones basadas en bioeconomía. Este sector contempla triplicar su cuota de mercado para 2030 con construcciones a base de madera (Viaggi 2018).

- Biomateriales.
- Biotransformación de residuos.
- Biométrica.
- Biocompuestos.



g. Sector textil

Las empresas del ramo buscan —cada vez más— alternativas biológicas para sustituir los tejidos a base de fósiles. Las posibilidades son amplias en el sector; por ejemplo, hay fibras hechas de residuos agroalimentarios como la piña, tomate, café, entre otras (Albertini y Cohen 2019).

- Fibras naturales.
- Textiles inteligentes.
- Uso de agentes biológicos para efectos antisépticos, antibacterial, antifúngico y antialérgico.
- Procesos de acabado y recubrimiento textil mediante enzimas.



h. Sector químico

El potencial de los productos químicos de origen biológico es robusto. Tan solo en Europa se estima una tasa de crecimiento anual de alrededor de 3.6 % por año de 2018 a 2025 (EC 2019).


- Química verde (amigable con la salud y el medio ambiente).
- Biopolímeros.
- Bioinsumos.
- Producción industrial mediante procesos biológicos.
- Productos biodegradables.



Oportunidades para apoyar la inclusión y la sostenibilidad ambiental

ALC enfrenta grandes retos sociales, económicos y ambientales. En la región, 184 millones de personas (30.2 % de la población) vive en condiciones de pobreza; de esa cifra, 62 millones se encuentra en situación de extrema pobreza (10.2% de la población, el porcentaje más alto desde 2008) (CEPAL 2019).

Por otro lado, el 14% de la degradación ambiental mundial ocurre en ALC, siendo más grave en Mesoamérica, donde afecta al 26% de la tierra, mientras que en América del Sur se



ve afectado el 14 % de la tierra. Las principales causas de la degradación incluyen la erosión hídrica, la aplicación intensa de agroquímicos y la deforestación. Cuatro países de ALC tienen más del 40 % de su territorio nacional degradado y en 14 países del 20% al 40% del territorial nacional está degradado (FAO s. f.).

En este contexto, la bioeconomía podría representar una oportunidad para disminuir los niveles de pobreza, la inequidad, la degradación de recursos naturales y las presiones ambientales, entre otros retos.

Por cuestiones de rentabilidad y de logística, las inversiones para aprovechar los recursos biológicos se deben realizar donde estos se localizan, lo que generará nuevas posibilidades económicas y sociales para los actores de los territorios rurales. Además, la bioeconomía está relacionada con la producción de bioproductos y bioinsumos agrícolas y con el desarrollo de nuevas actividades de base biológica, lo que incidirá en nuevas fuentes de trabajo para este sector.

Todas las actividades bioeconómicas tienen como base los recursos biológicos. Esto representa una oportunidad para descarbonizar la economía con efectos positivos para enfrentar el cambio climático y la degradación ambiental; asimismo, esto contribuirá a reducir la vulnerabilidad socioambiental y a mejorar las condiciones de salud de la población en general.

Resumen

ALC posee una amplia y diversa base de recursos naturales (diversidad biológica, tierra y agua) que —junto con el conocimiento ancestral y reciente— le otorgan ventajas comparativas para participar con éxito en la bioeconomía.

La biodiversidad es una de las principales ventajas de ALC. En esta región se ubican ocho de los 17 países megadiversos del planeta, aspecto relevante porque significa que hay potencial para la producción de biomasa; asimismo, la diversidad biológica ofrece infinidad de posibilidades para el aprovechamiento de los recursos biológicos para su uso en diferentes sectores productivos y en beneficio del desarrollo de los territorios rurales.

Otra de las ventajas con que cuenta ALC es la disponibilidad de tierra y agua. La región cuenta con el 32% del recurso renovable de agua dulce que existe en el mundo. Además, más del 50% de su superficie está valorada como apta para la producción de cultivos de secano. De hecho, se considera que ALC será una de las regiones que más aportarán a la expansión agrícola en el futuro mediante la gestión sostenible de los factores totales de la producción.

Hay otros factores determinantes como las brechas en rendimiento de cultivos y los altos volúmenes de desperdicios y residuos sin aprovechar que podrían ser oportunidades para la región si se gestionan de manera eficiente. En cuanto a conocimiento, ciencia y tecnología, si bien el desarrollo es asimétrico, la región ha logrado avances importantes.

De esta manera, la bioeconomía proporciona oportunidades para mejorar la eficiencia de los negocios actuales y la creación de otros de base biológica en la mayoría de los sectores productivos como el agropecuario, el energético, el alimentario, el cosmético, el textil, el farmacéutico, el químico, el de la construcción y el de la salud, por mencionar algunos.

Referencias bibliográficas

- Albertini, S; Cohen, M. 2019. Are textile industries in Italy ready to switch to green? (en línea). s. l., FVA New Media Research. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en <https://research.fvaweb.eu/are-textile-industries-ready-to-switch-to-green/>.
- Alexandratos, N; Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. (en línea). ESA Working paper No. 12-03. Roma, Italia, FAO. Consultado 17 jul. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>.
- Betancur, CM; Moñux, D; Canavire, G; Villanueva, DF; García, J; Renza, LM; Méndez, K; Zúñiga, AC; Olaguer, E. 2018. Estudio sobre la bioeconomía como fuente de nuevas industrias basadas en el capital natural de Colombia n. ° 1240667, fase I (en línea). Bogotá, Colombia, Biointropic, Universidad EAFIT, SILO. Consultado 18 may. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2ZfNVeW>.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo, Estados Unidos). 2018. Bioeconomía basada en conocimiento en América Latina (en línea). Washington, D. C., Estados Unidos. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://conexionintal.iadb.org/2018/07/27/ideas2-2/>.
- BÖR (Bioökonomierat, Alemania). 2010. Bio-economy council report 2010: bio-economy innovation (en línea). Berlín, Alemania. Consultado 20 jul. 2019. Disponible en https://bioeonomierat.de/fileadmin/Publikationen/Englisch/bioeconomy_council_report_2010.pdf.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2001. Global Biodiversity Outlook (en línea). Montreal: Autor. Consultado 20 jun. 2019. Disponible en <https://www.cbd.int/gbo1/gbo-pdf.shtml>.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2010. Strategic plan for biodiversity 2011–2020 and the aichi targets (en línea). s. n. t. Consultado 15 jun. 2019. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>.
- CDB (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica (en línea). Río de Janeiro, Brasil, ONU. Consultado 18 jun. 2019. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Chile). 2019. La pobreza en América Latina se mantuvo estable en 2017, pero aumentó la pobreza extrema, alcanzando su nivel más alto desde 2008, mientras que la desigualdad se ha reducido apreciablemente desde 2000 (en línea). Santiago, Chile. Consultado 21 jul. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3dyXfzw>.
- EC (European Commission, Bélgica). 2019. The future of bio-based chemicals in the EU bioeconomy (en línea). Bruselas, Bélgica, The European Commission's science and knowledge service. Consultado 19 jul. 2019. Disponible en <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/future-bio-based-chemicals-eu-bioeconomy>.
- Eguillor, P. 2019. Pérdida y desperdicio de alimentos en el sector agrícola: avances y desafíos (en línea). Santiago, Chile, ODEPA. Consultado 2 ago. 2019. Disponible en https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/articulo-perdida_desperdicios.pdf.
- FAO (Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas, Italia). 2015. FAOSTAT: Uso de la tierra (en línea, fichero de datos). Roma, Italia. Consultado 17 jun. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.

- FAO (Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas, Italia). 2016. FAOSTAT: Uso de la tierra (en línea, fichero de datos). Consultado 20 jun. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/es/#data/RL>.
- FAO (Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas, Italia). 2017. FAOSTAT: Cultivos (en línea, fichero de datos). Consultado 26 jul. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.
- FAO (Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas, Italia). s. f. Conservación de suelos y aguas en América Latina y el Caribe (en línea). Roma, Italia. Consultado 2 ago. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/americas/prioridades/suelo-agua/es/>.
- Fraunhofer Chile. 2019. Valorización de productos y residuos de la industria agroalimentaria (en línea). Santiago, Chile. Consultado 15 jul. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2NwtzZo>.
- GEA (Global Energy Assessment). 2012. Global Energy Assessment: Toward a sustainable future. Laxenburg, Austria, IIASA; Cambridge, Reino Unido, Cambridge University Press
- GNASL (German National Academy of Sciences Leopoldina, Alemania). 2012. Bioenergy – Chances and limits (en línea). Halle, Saale, Alemania. Consultado 19 jul. 2019. Disponible en https://www.leopoldina.org/uploads/tx_leopublication/201207_Stellungnahme_Bioenergie_LAY_en_final_01.pdf.
- González, C; Trigo, E; Herrera-Estrella, L; Farías, A. 2014. Estado actual y potencial de la bioeconomía basada en el conocimiento en relación con la investigación y la innovación en ALC (en línea). In Hodson, E. (ed.). Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (p. 93-117). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. Consultado 31 jul. 2019. Disponible en <https://bit.ly/2Z3xaDu>.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Alemania). 2018. Informe del Plenario de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas sobre la labor realizada en su sexto periodo de sesiones (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_15_add.2_spm_americas_spanish.pdf?file=1&type=node&id=28521.
- IRENA (International Renewable Energy Agency, Emiratos Árabes Unidos). 2017. Estadísticas de energía renovables 2017 (en línea). Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos. Consultado 26 jul. 2019. Disponible en <https://bit.ly/3fXJQ5x>
- IRENA. 2018. Bioenergy Data (en línea, fichero de datos). Abu Dhabi, Emiratos Árabes Unidos. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en <https://www.irena.org/bioenergy>.
- Lewandowski, I; Lippe, M; Castro, J; Dickhöfer, U; Langenberger, G; Pucher, J; SchlieBmann, U; Derwenskus, F; Schmid-Staiger, U; Lippert, C. 2018. Primary Production (en línea). In Lewandowski, I. (ed.). Bioeconomy. Shaping the transition to a sustainable, biobased economy (p. 97-178). Stuttgart, Alemania, Springer Nature. Consultado 23 jul. 2019. Disponible en <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-68152-8.pdf>.
- Newman, DJ; Cragg, GM. 2016. Natural Products as Sources of New Drugs from 1981 to 2014 (en línea). Journal of Natural Products 79(3):629-661. Consultado 27 jul. 2019. Disponible en <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jnatprod.5b01055>.

- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Panamá). 2018. Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe (en línea). Panamá. Consultado 22 jul. 2019. Disponible en https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26448/Residuos_LAC_ES.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Quiroga, R. 2017. Contexto regional: situación y medición de los bosques en ALC (en línea, presentación PPT). Santiago, Chile, CEPAL. Consultado 1 ago. 2019. Disponible en https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/2017-12-1.1_contexto-regiona-situacion-bosques.pdf.
- Rocha, P. 2014. Marco político e institucionalidad para el desarrollo de la bioeconomía en América Latina. In Hodson, E. (ed.). Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (p. 67-82). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.
- Rodríguez, A. s. f. La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe (en línea). Boletín CEPAL/FAO/IICA. Consultado 1 ago. 2019. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/42724/1/S1701068_es.pdf.
- Stads, GJ; Beintema, N; Péres, S; Flaherty, K; Falconi, C. 2016. Investigación Agropecuaria en Latinoamérica y el Caribe. s. l., ASTI-BID.
- Trigo, E; Henry, G; Sanders, J; Schurr, U; Ingelbrecht, I; Revel, C; Santana, C; Rocha, P. 2014. Hacia un desarrollo de la bioeconomía en América Latina y el Caribe. In Hodson, E. (ed.). Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (p. 17-46). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.
- UNEP (United Nations Environment Programme)-WCMC (World Conservation Monitoring Centre, Reino Unido). 2016. El estado de la biodiversidad en América y el Caribe. Cambridge, Reino Unido.
- Valli, M; Russo, H; Bolzani, V. 2018. The potential contribution of the natural products from Brazilian biodiversity to bioeconomy (en línea). Annals of the Brazilian Academy of Sciences 90(1 Supl 1): 763-778. Consultado 20 jun. 2019. Disponible en <http://www.scielo.br/pdf/aabc/v90n1s1/0001-3765-aabc-201820170653.pdf>.
- Viaggi, D. 2018. The Bioeconomy: Delivering sustainable green growth. Boston, Estados Unidos, CABI.
- WBA (World Bioenergy Association, Suecia). 2016. WBA fact sheet: Global biomass potential towards 2035 (en línea). Estocolmo, Suecia. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en https://worldbioenergy.org/uploads/Factsheet_Biomass%20potential.pdf.
- WBA (World Bioenergy Association, Suecia). 2018. WBA Global Bioenergy Statistics (en línea). Estocolmo, Suecia. Consultado 25 jul. 2019. Disponible en https://worldbioenergy.org/uploads/181203%20WBA%20GBS%202018_hq.pdf.

Módulo 5.

Experiencias de aprovechamiento de la bioeconomía en ALC



OBJETIVO DEL APRENDIZAJE

Conocer, analizar y comparar diversos casos de aprovechamiento de la bioeconomía en América Latina y el Caribe (ALC).

UNIDADES

Unidad 5.1. Panorama general de las experiencias bioeconómicas en ALC

Unidad 5.2. Estudios de caso de bioeconomía en ALC

Unidad 5.1. Panorama general de las experiencias bioeconómicas en ALC

En el escenario global, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) y la Unión Europea (UE) son actores relevantes en el campo de la bioeconomía, pues han sentado precedentes y se han enfocado en el debate sobre la idea/concepto/paradigma de la bioeconomía (Anlló y Bisang 2015).

En este sentido, como señalan algunos estudios, la UE puede considerarse un actor externo a la región, pero que incide de manera significativa en la definición y/o ajuste de regulaciones a través del concepto de bioeconomía basada en el conocimiento (KBBE, por sus siglas en inglés). Este concepto incluye temas relacionados con los alimentos, la agricultura, la pesca y la biotecnología, entre otros (Anlló y Bisang 2015).

Las respuestas en América Latina y el Caribe (ALC) son diferentes según los países, dadas sus respectivas capacidades institucionales, fortalezas y necesidades (en términos del acervo de conocimientos y la dotación de recursos naturales y humanos). Algunos han incorporado actividades relacionadas con el “concepto” y en los últimos años pusieron en marcha proyectos en áreas como la agricultura, la bioenergía y el desarrollo de nuevos materiales, entre otros (Anlló y Bisang 2015).

La UE ha identificado seis senderos para ser desarrollados en ALC: biodiversidad, biocombustibles, biotecnología, ecointensificación, ecoservicios y eficiencia de la cadena de valor.

Desarrollos bioeconómicos en ALC

Actualmente se evidencian desarrollos importantes en bioeconomía en ALC, algunos de los cuales se encuentran en una etapa avanzada, mientras otros son incipientes. El desarrollo de la bioeconomía en Brasil frecuentemente ha sido etiquetado como economía verde —especialmente previo y posterior a la Cumbre de la Tierra Río+20— o como desarrollo de bioenergías. Mientras el primero es el resultado de una discusión geopolítica institucional, el segundo tiene un derecho indiscutible, dados los más de 45 años de trayectoria de ese país en la producción de etanol de caña de azúcar. Por esto, frecuentemente los diálogos sobre bioeconomía en Brasil automáticamente tienden a resultar en discusiones de bioenergía, en los que la experiencia en la producción de etanol de caña de azúcar sirve como línea base con la que se compara la producción de bioenergía con otras materias primas, tales como jatrofa, ricinus (higuerilla), pasto varilla (switchgrass), sorgo, etc. (Henry et al. 2014)

Brasil también cuenta con una experiencia importante en prácticas de intensificación ecológica, como la no labranza. De manera similar, en la Argentina se ha aplicado una combinación eficiente del uso de variedades de soya genéticamente modificadas (GM) con prácticas de no labranza. Además, ha sido uno de los países pioneros en remuneraciones por servicios ecosistémicos, mientras de manera simultánea ha liderado la agregación de valor y manejo sostenible de la biodiversidad. Gracias a sus recursos naturales endógenos y a sus condiciones

Para recordar...

La UE ha identificado seis senderos para ser desarrollados en ALC:

1. Utilización de los recursos de la biodiversidad.
2. Ecointensificación (o intensificación sostenible).
3. Biorrefinerías y bioproductos.
4. Aplicaciones biotecnológicas.
5. Servicios ecosistémicos.
6. Incremento de la eficiencia de las cadenas de valor.

Bioenergía, fuente de empleo

En Argentina, el desarrollo de la totalidad de los proyectos de generación de energías renovables ya adjudicados implicará la creación de 17,446 empleos hasta 2020, de los cuales 15,391 corresponden a la etapa de construcción y montaje de plantas, y 2,055 a los empleos para la operación y mantenimiento de las generadoras, de acuerdo con un informe elaborado por el Ministerio de Energía de la Nación (Energías renovables, 2018).

institucionales, este país viene estableciendo diversas vías de desarrollo en bioeconomía: tres mayores o principales —bioenergía, productos biotecnológicos e intensificación ecológica— y dos menores —biodiversidad y servicios ecosistémicos— (Henry et al. 2014)

En cuanto a la primera vía mencionada, el desarrollo bioenergético en Argentina se basó inicialmente en caña de azúcar, posteriormente se cambió a soya y más recientemente a maíz. Adicionalmente a los productos biotecnológicos ampliamente aceptados como cultivos GM, se encuentran diversas empresas basadas en productos o procesos biotecnológicos, que han venido creciendo durante las últimas dos décadas (que incluyen una presencia fuerte en semillas, productos biológicos, ingredientes alimenticios y salud animal, entre otros sectores). Además, destaca en el aprovechamiento de la biodiversidad y los productos y procesos biotecnológicos (la mayoría no GM). Diversas iniciativas se centran en la obtención y aprovechamiento de propiedades funcionales provenientes de la biodiversidad, con el fin de enfocar nichos de mercado en los sectores alimentario, cosmetológico, agrícola, terapéutico y farmacéutico, a escalas nacional e internacional. A su vez, se siembran cultivos GM (algodón, maíz y flores) con cierto grado de éxito (Henry et al. 2014).

En el caso de Costa Rica, el énfasis de los desarrollos ha sido en biodiversidad y servicios ecosistémicos. Costa Rica fue uno de los primeros países en el mundo en desarrollar una iniciativa para la valorización de la biodiversidad. Recientemente, se han registrado iniciativas en bioenergías que utilizan materia prima tradicional, como caña de azúcar, y no tradicionales, como residuos de producción de café y de arroz. Por su parte Colombia avanza fuertemente en el sector bioenergético, que se distribuye entre el etanol basado en caña de azúcar y el diésel basado en aceite de palma (Henry et al. 2014).

Un conjunto de países promueve el desarrollo de ciertos sectores vinculados a la biotecnología, pero no tienen aún una estrategia articulada en bioeconomía. Se incluye la biotecnología roja (los sectores farmacéutico y médico), la biotecnología verde (plantas transgénicas y clonación de animales) y la biotecnología blanca o industrial relacionada con los biocombustibles y bioplásticos, entre otros. El desarrollo de biotecnología alimentaria y la innovación en el sector de la salud es considerado como un factor importante por su contribución al mejoramiento de la calidad de vida de la población (Anlló y Bisang 2015).

En la siguiente unidad, se presentan cuatro casos que ilustran los avances empresariales en ALC relacionados con el aprovechamiento de los senderos de la bioeconomía.

Unidad 5.2. Estudios de caso de bioeconomía en ALC

En esta unidad, se presenta una serie de experiencias bioeconómicas exitosas en diferentes países de ALC, a fin de ilustrar los avances que registra la región en el aprovechamiento de la bioeconomía. En este sentido, los casos que se incluyen tienen las siguientes características:

- Los casos de Argentina (dos) son desarrollos bioeconómicos emprendidos por entidades privadas que tienen una larga trayectoria, que producen tecnología y que tienen capacidad exportadora.
- El caso de Costa Rica se refiere a una organización cooperativa que requirió una solución ambiental y económicamente sostenible para el manejo de los residuos y efluentes del proceso de beneficiado del café.
- El caso de Colombia se deriva de un proyecto de investigación que recibe fondos públicos y que se articula con los productores de yuca y con la empresa privada. Esto es de gran relevancia en la coyuntura actual de preocupación por el uso indiscriminado de plásticos tradicionales de origen fósil.

CASO 1. EL PROYECTO BIOENERGÉTICO DEL GRUPO LOS BALKANES⁴²

Senderos de aprovechamiento: Biorrefinerías y bioproductos; aplicaciones biotecnológicas.

Ubicación geográfica: Provincia de Tucumán, Argentina.

INTRODUCCIÓN

En el marco de los desafíos que plantea el cambio climático y a fin de aportar a su mitigación, Argentina se ha propuesto avanzar en la descarbonización de la economía y en la transición energética. Como parte de este proceso, se están realizando ajustes en la matriz energética, a fin de incrementar la participación de las energías⁴³ renovables, que a mediados de 2019 asciende al 5 %. Asimismo, en 2006 se promulgó una ley nacional para el fomento del uso de fuentes renovables de energía y también se ha avanzado en legislaciones a nivel provincial y municipal. A la vez, a partir del alza del consumo energético, debido a los significativos desarrollos industriales que han tenido lugar en el país y al aumento en la población registrado en los últimos años, continúan presentándose en Argentina déficits energéticos, que afectan a hogares e industrias en las épocas de mayor demanda.

En este terreno, la bioeconomía puede realizar grandes aportes en el proceso de diversificación energética, en función de distintas alternativas de producción de energía a partir de la biomasa. Una de ellas parte del aprovechamiento de residuos, valorizándolos para transformarlos en subproductos o coproductos⁴⁴.

Una de las materias primas que pueden aprovecharse para la producción energética es la caña de azúcar. Se trata de una de las especies vegetales de mayor producción de biomasa por unidad de tiempo y superficie del mundo, y el noroeste argentino presenta óptimas condiciones para cultivarla. Los tradicionales productos de esta cadena de valor son el azúcar y el



42. El presente caso corresponde a una colaboración de Pablo Nardone, de la Unidad de Coordinación General de la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Argentina).

43. Véase la ley 26.190 (2006): <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/norma.htm> y las modificaciones introducidas por la Ley 27.191 (2015): <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>.

44. Se denominan “subproductos” a los resultantes de un proceso de producción conjunto con menores valores de venta totales comparados con los del producto principal. Si los resultantes tienen valores similares, se denominan “coproductos”.

bioetanol, y este último constituye un biocombustible de amplio uso, que se utiliza mezclado en distintas proporciones con las gasolinas. Aún más, países como Brasil han sido muy exitosos promoviendo el uso de motores Flex, aptos para utilizar gasolinas o hasta un 100 % de bioetanol alternativamente.

FIGURA 47. PLANTA DE PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE LA COMPAÑÍA AZUCARERA LOS BALCANES.



Fuente: Compañía Azucarera Los Balcanes

Parte de los residuos agrícolas de la cosecha de la caña (RAC), como es el caso del bagazo, residuo de materia que queda luego de que a la caña se le extrae el jugo azucarado, quedan en el campo y pueden ser parcial o totalmente aprovechados para producir energía. También algunos residuos orgánicos industriales (ROI) pueden ser utilizados para la generación de energía mecánica, térmica y eléctrica. Este es el caso de la vinaza, un efluente que se genera en grandes volúmenes a partir del proceso fermentativo que da origen al bioetanol (por cada litro de alcohol se producen entre 10 y 12 litros de vinaza) y que genera serios problemas ambientales por su contenido orgánico y su alta concentración de potasio, elemento que se encuentra en exceso en los suelos de las regiones cañeras argentinas.

Desarrollo del caso

A fin de aprovechar las posibilidades de producción de energía eléctrica a partir de la biomasa, la Compañía Azucarera Los Balcanes, un ingenio productor de azúcar y bioetanol de larga trayectoria en la provincia argentina de Tucumán, creó una empresa nueva, denominada Compañía Eléctrica La Florida, con dos líneas claramente definidas: la cogeneración energética y la integración con la compañía Genneia, abocada a la producción energética.

Dicha cogeneración consiste básicamente en la producción de energía eléctrica a partir de la combustión de biomasa en una gran caldera. El vapor generado acciona dos turbinas, que tienen una potencia nominal total de 62 MW. Cuando el proyecto llegue a su completo desarrollo, del total de energía eléctrica generada, un 27 % (17 MW-h) se consumirá en procesos internos y el 73 % restante (45 MW-h) se destinará a la venta a la red nacional. De este modo, se proyecta generar 250 000 MW anuales durante un plazo mínimo de 20 años. En este marco, se prevé la habilitación comercial de la Central Termoeléctrica para el invierno de 2021.

Asimismo, el proyecto implica un proceso de integración entre las empresas Los Balcanes y Genneia, en el cual la primera le aporta vinaza y bagazo a la segunda, insumos que son utili-

zados como materia prima para la generación y venta de 19 MW-h netos de energía eléctrica. En efecto, Genneia se encarga de la quema de vinaza (70%) y bagazo (30%) para producir vapor y, posteriormente, energía eléctrica a partir de él. Normalmente, la vinaza que sale de las columnas de destilación tiene baja densidad, pero para ser quemada requiere de mayor concentración. Por este motivo, la empresa Los Balcanes ha puesto recientemente en marcha un concentrador que entrega vinaza apta para una combustión posterior y, en asociación con una empresa estadounidense, completa la cogeneración deseada. Parte de la energía obtenida a partir de la colaboración entre la Compañía Azucarera los Balcanes y Genneia se emplea para abastecer la planta y el resto se distribuye al Sistema Interconectado Nacional. Se estima que este último aporte brinda energía ambientalmente sostenible a más de 15 000 familias.

Actualmente, Los Balcanes genera unos 800 000 litros de alcohol por día, de los que resultan, en promedio, entre 8 y 10 millones de litros de vinaza por día. Mientras que una parte de la vinaza es transferida a Genneia para la producción de energía eléctrica, el resto es derivada a través de un “vinazoducto” a una finca de alrededor de 140 hectáreas situada a unos 6 km del ingenio. Allí, previa evaporación forzada, es mezclada en las pilas de cachaza (residuos que se obtienen en el proceso de clarificación del jugo de la caña durante la elaboración del azúcar crudo) y cenizas de caldera (compostaje). Después de un determinado tiempo, el producto final (el “compost”) es almacenado y posteriormente aplicado a los campos para mejoramiento de los suelos.

En síntesis, en virtud de su política empresarial asociativa, Los Balcanes con su proyecto bioenergético se acerca al objetivo ambiental buscado, que es el de vinaza cero.

Proyección del caso

En la Argentina, la industria sucro-alcoholera concentrada en las provincias del noroeste presenta una fuerte tendencia al desarrollo, motivada por el aumento de la proporción de etanol mezclado con las gasolinas. Actualmente, 22 ingenios se encuentran en funcionamiento en las provincias norteñas de Tucumán, Salta y Jujuy, aunque la mayoría se concentra en la primera de ellas. Como consecuencia de este incremento productivo, también crecen los volúmenes de vinaza generados por la industria, lo que representa un problema ambiental de significativa magnitud. En este marco, la combustión de la vinaza —tras su concentración— constituye una alternativa válida para evitar su vertido en la tierra y, a la vez, valorizar este residuo mediante la producción de energía limpia.

A diferencia del caso de Argentina, esta preocupación por la gestión de la vinaza no se presenta en Brasil, el mayor exportador de bioetanol del mundo, donde el vertido racional de las vinazas en los suelos es utilizado como fertilizante, pues los suelos admiten la incorporación de potasio, o como complemento de las raciones animales, previa concentración.

En el caso de Colombia, otro gran productor de bioetanol en Latinoamérica, se han explorado otras posibilidades para la valorización de la vinaza. Existen desarrollos para la producción de alimentos para animales, mediante el cultivo de hongos unicelulares en las vinazas. Dichos microorganismos crecen a partir del consumo de la materia orgánica, y generan una biomasa que es mezclada posteriormente con otros insumos alimenticios. Otra alternativa que indagan investigadores del Instituto Colombiano del Petróleo consiste en aplicar a la vinaza un proceso de pirólisis —deshidratación y quema sin oxígeno—, que permitiría convertirla en abono orgánico, rico en carbono y mejorador de suelos.

Preguntas para reflexionar

- ¿Cuál es el motivo por el que el Grupo Los Balcanes adoptó esta particular estrategia para el tratamiento de las vinazas? ¿Se le ocurre otro tipo de tratamiento posible? Mencione cuatro productos factibles de obtener a partir de la caña de azúcar.
- ¿Qué beneficios genera para la sociedad su aprovechamiento?

Para saber más...

Para profundizar más sobre el caso 1, se sugiere la visualización del video “Conocé la Producción de Bioetanol en la Cia. Azucarera Los Balcanes”.



CASO 2. MINIDESTILERÍAS DE ETANOL DE MAÍZ – PORTA HNOS.⁴⁵

Senderos de aprovechamiento: Biorrefinerías y bioproductos; eointensificación; aplicaciones biotecnológicas.

Ubicación geográfica: Provincia de Córdoba, Argentina.

INTRODUCCIÓN

Argentina y Brasil, importantes productores mundiales de granos, son países con territorios muy extensos, por lo que las distancias para el transporte son grandes. En consecuencia, el costo de traslado de la materia prima o del producto final incide significativamente en sus costos. Esto quita competitividad a las exportaciones, especialmente a las de granos, debido a que las zonas productoras se encuentran lejos de los puertos de embarque. Los otros países del Mercosur y Bolivia, con producciones agropecuarias significativas, enfrentan problemas similares.

Como se describió en el caso 1, Argentina está replanteando su matriz energética para dar mucho más espacio a las energías renovables. Si bien las bioenergías no son significativas frente al resto de los componentes energéticos en el país, gracias a políticas de promoción que exigen la mezcla de las gasolinas y gasoil con bioetanol y biodiésel, respectivamente, la producción de biocombustibles líquidos es cada vez mayor. El bioetanol, producido por fermentación a partir del maíz y la caña de azúcar, está destinado al mercado interno casi en su totalidad, mientras que el biodiésel, producido principalmente a partir del aceite de soja, se exporta en su mayor parte. En Brasil, se produce bioetanol mayoritariamente a partir de la caña de azúcar, pero también se utiliza con esos fines la remolacha azucarera. Para la producción de etanol a partir de maíz, existen dos métodos primarios: la molienda seca y la molienda húmeda.

FIGURA 48. ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA PRODUCCIÓN DE BIOETANOL DE MAÍZ.



Los dos procesos para la producción de bioetanol tienen pasos muy parecidos, pero con algunas diferencias. El preparado de la materia prima, la fermentación de los azúcares simples, la recuperación del alcohol y los subproductos que se van generando en el proceso son los pasos en que coinciden ambos procesos.

Las diferencias se encuentran en la preparación del grano para la molienda y la posterior fermentación. La elección de uno u otro sistema de producción implica la obtención de un determinado conjunto de derivados o subproductos. De ambos procesos de molienda, además de bioetanol, se obtienen los granos destilados húmedos y solubles (conocidos por sus siglas en inglés como WDGS) y los secos (conocidos como DDGS, por sus siglas en inglés, o en español, burlanda), que son un alimento de alta calidad para el ganado. En las etapas preparatorias,

45. El presente caso corresponde a una colaboración de Pablo Nardone, de la Unidad de Coordinación General de la Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (Argentina).

se emplean enzimas (amilasa) que hidrolizan el almidón, y en la fermentación, levaduras, que producen el etanol y dióxido de carbono.

Desarrollo del caso

Porta Hnos. S. A. cuenta con más de 130 años de trayectoria industrial en la producción de licores, alcoholes y vinagres. Desde hace años, desarrolla ingeniería y tecnología en procesos de destilación, fermentación y otros, y cuenta con importantes desarrollos para la empresa y para terceros. Además, desde hace más de 10 años, la compañía se está diversificando con el desarrollo de tecnologías innovadoras en procesos industriales para la producción de alcoholes, quimosina a base de cártamo, nutrición animal, gas carbónico, carbonato de calcio, proteínas concentradas y las destilerías de etanol de pequeña escala (MiniDest®).

Las MiniDest® son pequeñas destilerías modulares, automáticas y de operación remota, diseñadas para ser instaladas en establecimientos agropecuarios para la producción de etanol de maíz y alimento animal. Funcionan totalmente integradas a los procesos del campo, agregando valor en origen y disminuyendo los valores de logística al mínimo. Fueron desarrolladas para maximizar el rendimiento del campo, ya que permiten industrializar el maíz en su lugar de cosecha, para obtener energía limpia y alimento animal de la más alta calidad nutricional con los sobrantes que no se usaron para combustible.

A diferencia de las grandes plantas, este tipo de ingeniería se instala en los establecimientos agropecuarios, simplifica circuitos de logística, reduce costos y puede combinarse con actividades agropecuarias como feedlots o lecherías, donde es posible aprovechar los sólidos luego de la fermentación (burlanda húmeda) en las dietas animales. Son apropiadas para establecimientos de tamaño medio a grande, aunque posibilitan la asociatividad de varios productores pequeños. La tecnología MiniDest® fue desarrollada para el modelo del productor agropecuario de la región (Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay), distinto al de Estados Unidos y Europa. Tiene la misma eficiencia de transformación que una gran planta, un menor costo por litro por el impacto de costos logísticos y energéticos, además de una menor inversión por litro producido.

De acuerdo con los técnicos de la firma, desde el punto de vista energético, ambiental, económico y social, la producción de etanol y burlanda en la MiniDest® posee las siguientes ventajas significativas:

- Ahorro del 50 % del gasto calórico y energético, al no ser necesaria la evaporación.
- Ahorro en flete de maíz, al ser producido y consumido in situ.
- Ahorro en flete de burlanda, al ser producida y consumida in situ.
- Reducción de emisiones, como resultado de menor tráfico y polución.
- Atomización de la producción de etanol/energía.
- Generación de trabajo en zona rural.
- Generación de energía.

Según señala Mario Bragachini, especialista en agregado de valor del INTA Manfredi –Córdoba (Argentina), “una vez más, la bioenergía no constituye el eje principal de la agroindustria, sino un complemento estratégico para agregar valor”. Como explica el especialista, “en este caso, el objetivo es transformar los granos, extraerles el almidón para obtener bioetanol y utilizar los concentrados energéticos-proteicos para potenciar la producción de carne”.

FIGURA 49. BURLANDA SECA O DDGS.



Fuente: Porta Hnos

MiniDest® en números

- Una MiniDest® produce aproximadamente 15 500 litros de etanol diario.
- Para construir una mini destilería modular MiniDest®, se requieren cerca de 70 000 horas hombre de trabajo.
- Se estima que una planta MiniDest® tiene la capacidad de procesar alrededor de 14 000 toneladas de maíz al año.
- Aprovecha 1600 hectáreas de sembradío.
- La burlanda húmeda (granos de destilería con solubles, producto del procesamiento y fermentación de los granos de maíz) puede alimentar hasta 4000 vacunos, aportando los porcentajes requeridos de proteína, grasa y fibra.

Estas minidestilerías muelen hasta 40 toneladas de maíz por día —equivalentes a 14 500 toneladas anuales— con un excedente proteico que podría abastecer a unos 3 000 novillos en engorde, mediante una ración que incluye un 40 % de burlanda húmeda. “Estas plantas generan un ahorro significativo en fletes, en tanto el maíz y la burlanda se procesan en origen y habilitan el transporte de productos con mayor valor agregado como novillos o bioetanol”, comenta Bragachini (comunicación personal).

Los establecimientos productores donde se ubican suelen ocupar un área no menor a las 4 000 hectáreas, de acuerdo con las potencialidades de rendimiento de la región. Tal como sugiere José María Méndez, especialista en bioenergía del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Totoras, Santa Fe (Argentina), se trata de planteos tecnológicos recomendados para grupos de productores asociados.

Proyección del caso

Para consolidar la eficiencia y competitividad de este planteo productivo, técnicos del INTA evalúan el comportamiento animal frente al consumo de concentrados proteicos y realizan el seguimiento de los feedlots que la empresa tiene ubicados en las localidades cordobesas de Rayo Cortado y Berrotarán, en los lotes donde funcionan dos minidestilerías. De este modo, esperan avanzar en el estudio, análisis y ajuste de los diferentes niveles del sistema.

Asimismo, se está estudiando el diseño de un sistema que realimente de energía a la fábrica de bioetanol a partir de los efluentes del feedlot y de los desechos agrícolas. Así, se está indagando en la posibilidad de transformar los residuos biomásicos en energía, mediante biodigestión anaeróbica o combustión.

Si se avanza en el camino de la biodigestión anaeróbica, luego de la extracción del biogás, queda un residuo líquido —denominado digestato— que puede sustituir (apropiadamente caracterizado y formulado) la incorporación de compuestos químicos para fertilizar los suelos a partir de nutrientes biológicos. Actualmente, se están realizando experimentos para analizar la respuesta de los cultivos a estos subproductos, con resultados por ahora muy positivos en los rendimientos, que varían de acuerdo con el tipo de producción y el ambiente.

En 2019, en Argentina operaban seis MiniDest® en las provincias de Córdoba, San Luis y Santiago del Estero, y cuatro más estaban en construcción. La empresa también está construyendo una en Bolivia y tiene proyectado exportarlas al resto de los países del Mercado Común del Sur (Mercosur).

En términos generales, es posible sintetizar los beneficios de las biorrefinerías de pequeña escala de la siguiente manera:

- Presentan requerimientos de capital de inversión más accesibles.
- Reducen los requerimientos energéticos y de transporte.
- Promueven el reciclado de nutrientes, manteniendo la fertilidad de los suelos.
- Al requerir tecnologías no muy sofisticadas y con alta automatización, facilitan que productores rurales se conviertan también en procesadores y no solo en proveedores de biomasa.
- Impulsan el desarrollo regional.

Preguntas para reflexionar

- Indique el aprovechamiento más usual de las vinazas producidas en la etapa de destilación en las Minidest® y en las destilerías de bioetanol de gran escala. Justifique su respuesta.
- ¿Qué tipo de biorrefinerías de pequeña escala existen en su país y cuáles pueden ser factibles de desarrollarse considerando las principales cadenas de valor de su microrregión?

CASO 3. COOPETARRAZÚ R. L., APROVECHAMIENTO DE LA PULPA DE CAFÉ PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE LOS SUELOS⁴⁶

Senderos de aprovechamiento: Ecointensificación; aplicaciones biotecnológicas, incremento de la eficiencia de las cadenas de valor.

Ubicación geográfica: San Marcos de Tarrazú, San José, Costa Rica.

INTRODUCCIÓN

CoopeTarrazú R. L. es una cooperativa localizada en San Marcos de Tarrazú, en la zona de Los Santos, provincia de San José, Costa Rica. Fundada el 13 de octubre de 1960 por 228 pequeños productores de café, nació como una alternativa a una relación injusta productor-beneficiador, en donde el último imponía las condiciones de entrega y precio, en menoscabo de los más pequeños.

Actualmente, CoopeTarrazú R. L. cuenta con cerca de 5000 asociados. Por cada 15 asociados se nombra un delegado propietario y así se conforma la Asamblea General, la cual tiene como principales funciones aprobar las políticas de la cooperativa y decidir los destinos de los excedentes y premios en el ejercicio económico, productivo y comercial. Además, la Asamblea nombra a los cuerpos directivos que se elegirán para los puestos del Consejo de Administración, Comité de Vigilancia, Comité de Educación y Junta Arbitral.

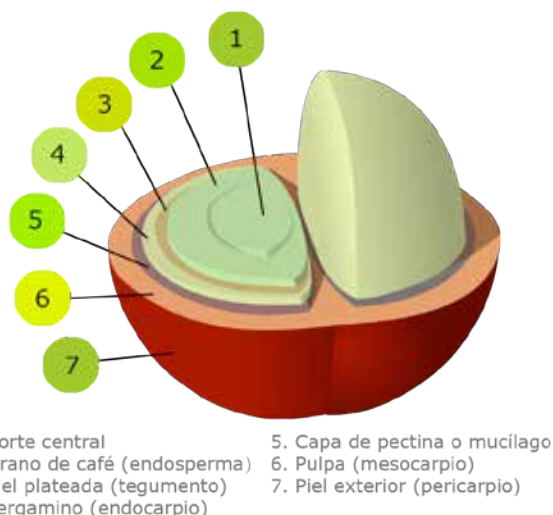
CoopeTarrazú R. L. se dedica al beneficiado y comercialización de café y, además, brinda servicios de apoyo al productor, lo que contribuye al bienestar y desarrollo de la zona de Los Santos de manera solidaria y sostenible, generando así una mejor calidad de vida para sus asociados, familias y comunidades.

La cosecha del café genera miles de toneladas de residuos: pulpa, mucílago y pergamino (cascarilla), los cuales sin un manejo apropiado pueden causar problemas de contaminación. De la cereza del café (maduro) solo se aprovecha comercialmente el grano, el cual al final del proceso representa el 30 % del peso del fruto fresco.

En los últimos años, la agroindustria cafetalera ha buscado darle un manejo adecuado a toda esa cantidad de biomasa, tanto para no contaminar el ambiente como para agregarle algún valor; si bien ha habido mejoras importantes en el proceso de beneficiado, el volumen de residuos generado sigue siendo una disyuntiva que no ha sido fácil resolver.



FIGURA 50. ESTRUCTURA DEL FRUTO FRESCO Y DEL GRANO DE UN CAFETO.



46. El presente caso corresponde a una colaboración de Jimmy Porras Barrantes (Departamento de Investigación y Desarrollo de Coopetarrazú R. L., jporras@coopetarrazu.com) y Gustavo Elizondo Fallas (Asistente Técnico de Gerencia, Coopetarrazú R. L., gelizondo@coopetarrazu.com). Todas las fotografías son propiedad de Coopetarrazú R. L.

El manejo de la pulpa de café es complicado, al ser el subproducto que genera mayor volumen y se acumula por períodos largos. Es un medio propicio para la reproducción de moscas y otras plagas responsables de múltiples enfermedades, además de generar malos olores. La pulpa, que corresponde al 43 % del volumen de la cereza, se genera en el proceso de chancado, que es la acción subsiguiente al recibo del café proveniente de los recibidores.

Por esto, un uso práctico de estos subproductos es la elaboración de abono orgánico que aporta nutrientes a los cafetales y suelos de los cultivos en los territorios rurales.

Desarrollo del caso

La cooperativa cafetalera CoopeTarrazú R. L. procesa por año un promedio de 250 000 quintales de café oro, cifra que la coloca como el mayor beneficiador del país y, en consecuencia, la cooperativa de café más grande de Costa Rica.

Los productores de café enfrentan grandes retos, debido a precios bajos y fluctuantes, propiciados por la sobreproducción de café en otras latitudes. Esta situación ha reducido las ganancias de los productores, por lo que se han visto obligados a bajar la inversión en insumos y eliminar muchas de las labores propias del cultivo.

También es conocido que los mercados internacionales se vuelven cada vez más exigentes en cuanto a normas ambientales y sociales en la producción de café. Por ello, los productores asociados a CoopeTarrazú R. L. se enfrentan al doble desafío de mantener la productividad de sus cafetales e incorporar prácticas de manejo agronómicas más sostenibles que permitan preservar los suelos, evitar el lavado de nutrientes y la acidificación generada principalmente por el uso de fertilizantes sintéticos nitrogenados.

Por otra parte, la cooperativa aspira a establecer en las fincas un modelo sostenible donde se logre un aprovechamiento integral de la cereza de café, a través de la incorporación al ciclo productivo de algunos subproductos y otros materiales identificados en el medio.

En los pasados años, la cooperativa ha mantenido cosechas iguales o superiores a los 250 000 quintales de café, lo que significa la generación de hasta 30 000 toneladas de pulpa que se deben tratar de forma adecuada. A pesar del gran reto que implica procesar ese gran volumen, desde hace tres años se ha avanzado en la tecnificación del compostaje de la pulpa, para generar un material de buena calidad que regresa en forma de biofertilizante a los suelos de los productores asociados.

En este caso, se atiende la necesidad de incorporar materia orgánica a los suelos de las plantaciones de café, logrando de esta forma la biorremediación de dichos suelos; además, se contribuye a la conservación del suelo, debido a que con la incorporación de materia orgánica también se genera el sustrato adecuado para el establecimiento de microorganismos que se aplican por medio de bioinsumos que produce la cooperativa a través de su Centro para el Desarrollo de Alternativas Orgánicas (CeDAO).

El proceso de compostaje se ha logrado mediante la implementación de volteadoras que contribuyen a una mejor oxigenación del material compostable y por medio de la aplicación de microorganismos producidos por la cooperativa, lo que contribuye a la estabilización de la materia orgánica, al control de olores y a la optimización de los procesos de degradación. Al final de este proceso, en un período de ocho semanas se cuenta con un material rico en nutrientes que será devuelto a las fincas de los asociados.

47. Grano o semilla del café al que se le ha quitado las diversas capas que lo cubren. Se le llama almendra, café oro verde, café verde (green coffee) o café crudo. Es el tipo de café listo para su exportación o torrefacción.

Además, se incorpora una medida de control biológico al manejo integrado de plagas, logrando reducir la cantidad de vectores como moscas, por ejemplo, que pueden afectar a las comunidades vecinas. Esta tecnología de manejo no permite que las moscas depositen sus huevecillos en el sustrato, lo que interrumpe el ciclo reproductivo del vector.

En las últimas dos cosechas, CoopeTarrazú R. L. ha logrado distribuir 15 293 m³ de material compostable en las fincas de más de 1 700 productores asociados, contribuyendo a la enmienda de los suelos y, por ende, al mejoramiento de la salud de las plantaciones de café. Además, se cuenta con una marca comercial para la venta de dicho abono orgánico para productores no asociados, lo que genera un ingreso económico adicional para la cooperativa.

Proyección del caso

El reto de Coopetarrazú R. L. es seguir procesando de forma adecuada los miles de toneladas de pulpa que se generan en cada cosecha en un tiempo limitado (cinco o seis meses al año).

Además, es necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del material en el compostaje. A través de las mediciones de la huella de carbono que realiza la cooperativa desde la cosecha 2013-2014 a la fecha, se estima que la pulpa genera cerca del 80 % de las emisiones de GEI totales de la cooperativa.

FIGURA 51. COMPOSTA PARA CAFETALES DE ASOCIADOS DE COOPETARRAZÚ R. L.



Por lo anterior, se trabaja en procesos de investigación para la determinación real de las emisiones (en primera instancia, para la reducción efectiva de las emisiones), pero sobre todo para convertir la pulpa en abono orgánico de una mejor calidad, que permita devolver a los suelos materia orgánica y nutrientes en forma de enmienda para mejorar sus condiciones físicas y químicas. De esta manera, se espera impactar positivamente en el incremento de la productividad, pero también en la reducción de insumos sintéticos y, consecuentemente, en la conservación de los suelos.

Preguntas para reflexionar

- ¿Cómo cumple el caso expuesto los principios establecidos para una bioeconomía circular?
- ¿Cuáles impactos son más relevantes en el caso estudiado?
- ¿Qué aspectos deben reforzarse en esta experiencia, para su sostenibilidad en el tiempo y para asegurar su réplica?

CASO 4. DESARROLLO DE EMPAQUES BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA⁴⁸



Senderos de aprovechamiento: Biorrefinerías y bioproductos; incremento de la eficiencia en cadenas de valor.

Ubicación geográfica: Municipio de Popayán, Departamento del Cauca, Colombia.

INTRODUCCIÓN

El consumo de plásticos en Colombia se aproxima a 24 kilos por persona al año. En su mayoría son plásticos de único uso y corresponden generalmente a envases de polietileno que se utilizan para envasar productos alimenticios (agua, refrescos, aceite, etc.) y de aseo, así como poliestireno que se emplea especialmente para producir bolsas de empaque de diversos tamaños y calibres. Estos materiales tienen un alto impacto ambiental, debido a su bajo nivel de degradación.

En Colombia, se han venido implementando algunas políticas orientadas a reducir el consumo de estos productos, entre ellas el cobro de las bolsas plásticas en las cadenas de supermercados y grandes establecimientos, y de manera más reciente algunas instituciones han comenzado a prohibir el uso de plásticos de un solo uso. A pesar de los diferentes esfuerzos por disminuir los impactos generados por este tipo de materiales, estos siguen siendo insuficientes para lograr revertir la contaminación creciente del suelo y el agua.

Por esta razón, el grupo de investigación sobre Ciencia y Tecnología de Biomoléculas de Interés Agroindustrial (CYTBIA), adscrito a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca, ha venido desarrollando materiales biodegradables, con el fin de contar con productos que sustituyan los plásticos tradicionales y contribuir, de esta manera, a disminuir la problemática ambiental ocasionada por el uso desmedido de los plásticos producidos a partir de los derivados del petróleo.

Los empaques biodegradables que se están desarrollando en la Universidad del Cauca son elaborados principalmente a partir de productos derivados de la yuca como el almidón y la harina, y otros componentes que proporcionan características plásticas al empaque. Se trata de una película flexible y una bandeja semirrígida. Como materia prima se utilizan los derivados del procesamiento agroindustrial de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz), debido a la alta disponibilidad en el país, especialmente en las regiones Caribe y Andina.

En la figura 52, se muestra el proceso de extrusión soplado por el cual se elaboran las películas flexibles, así como el proceso de moldeo por compresión, mediante el cual se obtienen las bandejas semirrígidas.

48. El presente caso corresponde a una colaboración de Amanda Lucía Fernández Pérez (Máster en Gestión de Organizaciones y Proyectos, investigadora del proyecto Investigación y Desarrollo de Empaques Biodegradables); José Fernando Grass Ramírez (Doctor en Problemas Económicos Agroindustriales, profesor vinculado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca); y Héctor Samuel Villada Castillo (Doctor en Ingeniería con énfasis en alimentos, profesor vinculado, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad del Cauca).

FIGURA 52. PROCESO DE ELABORACIÓN DE PELÍCULAS FLEXIBLES Y BANDEJAS SEMIRRÍGIDAS.



Fuente: Proyecto Investigación y Desarrollo de Empaques Biodegradables 2018.

Los dos desarrollos antes referenciados se encuentran protegidos en Colombia, Brasil y Estados Unidos a través de patentes de invención, como resultado de la ejecución de diferentes proyectos financiados por entidades gubernamentales. Sin embargo, aún no se ha logrado escalar el proceso al nivel comercial, por cuanto actualmente se ejecuta un proyecto financiado con recursos públicos destinado a llevar a cabo el escalamiento comercial, así como el desarrollo de dos nuevos empaques (ver figura 53). Además, se va a poner en marcha una spin-off que contribuya con la transferencia tecnológica hacia la industria de los empaques biodegradables.

FIGURA 53. PELÍCULA FLEXIBLE BIODEGRADABLE (ARRIBA, A LA DERECHA), BANDEJA SEMIRRÍGIDA (ABAJO, A LA DERECHA) Y

Por último, el proyecto en ejecución busca contribuir con el fortalecimiento de la agrocadena de la yuca, razón por lo cual se trabaja en conjunto con comunidades productoras de yuca, con el propósito de generar un impacto social para el desarrollo de la región.

Desarrollo del caso

Desde 2003, el grupo de investigación CYTBIA ha investigado acerca del desarrollo de materiales biodegradables a partir de productos derivados de la yuca como la harina y el almidón, obteniendo como resultados películas flexibles biodegradables y bandejas semirrígidas, entre otros desarrollos que se encuentran en proceso de solicitud de patentes, como son los empaques semirrígidos y los espumados.

En 2014 se inició la ejecución del proyecto titulado “Investigación y Desarrollo de Empaques Biodegradables” (IDBioempaques), financiado por el Sistema General de Regalías, que busca fortalecer los procesos de Ciencia, Tecnología e Innovación en Colombia. Dicho proyecto tiene una duración de



Fuente: Bioempaques Cauca 2017.

seis años y sus dos principales objetivos son incrementar los niveles de investigación aplicada en empaques biodegradables y aumentar el desarrollo empresarial en empaques biodegradables en el país.

Con el primer objetivo, se busca realizar la transferencia al sector industrial de dos desarrollos: películas flexibles y bandejas semirrígidas, que son prototipos que cuentan con un mayor nivel de madurez, gracias a procesos que se lograron antes de la ejecución del proyecto en mención.

Estos desarrollos resultaron determinantes en la medida en que fueron los primeros que lograron obtener patentes. Posteriormente, se han desarrollado dos nuevos empaques denominados “película termoencogible” y “empaque espumado” (figura 54), los cuales están en fase de evaluación para una posible solicitud de patente en Colombia.

FIGURA 54. PELÍCULA TERMOENCOGIBLE (DERECHA) Y EMPAQUE ESPUMADO (IZQUIERDA).



Fuente: Bioempaques Cauca 2017.

En este proceso, la formación de talento humano a nivel de maestría y doctorado resultó de gran importancia, pues permitió fortalecer no solo los desarrollos de los distintos prototipos, sino también generar capacidades investigativas para contribuir con el desarrollo regional. En este sentido, el proyecto financió cuatro estudiantes de doctorado y diez estudiantes de maestría.

El segundo objetivo está relacionado con el desarrollo empresarial de los empaques biodegradables. En este sentido ha estado enfocado en la construcción de una empresa de base tecnológica que se ubicará en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad del Cauca (figura 55); con ella se busca realizar el proceso de escalamiento tecnológico hasta un nivel comercial y la posterior transferencia tecnológica. Se espera que para el primer semestre del año 2020 esté construida el área de procesamiento de la empresa; recientemente se realizó la inauguración del área de análisis o laboratorio de los empaques biodegradables, el cual contribuye con los procesos de formación que se adelantan para lograr los distintos propósitos del proyecto (figura 56).

FIGURA 55. IMAGEN DIGITAL DEL PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EMPRESA DE BASE TECNOLÓGICA (EBT) EN EMPAQUES BIODEGRADABLES.



Fuente: Informes técnicos del Proyecto IDBioempaques.

FIGURA 56. LABORATORIO DE ANÁLISIS DE EMPAQUES BIODEGRADABLES.



Fuente: Bioempaques Cauca 2017.

Adicionalmente, se ha resaltado la importancia de contribuir con el desarrollo rural, por lo que se han establecido vínculos con productores de yuca, quienes serán los primeros interesados en articularse al proceso de producción de empaques biodegradables a través del suministro de la materia prima.

Para ello, mediante el proyecto ID Bioempaques se buscó la colaboración de Corpoica, entidad de investigación del sector agropecuario de Colombia, la cual donó dos nuevas variedades de yuca que se adaptaron a las condiciones de la zona de influencia del proyecto, de tal forma que los productores aliados dispongan de cultivos demostrativos del crecimiento de estas variedades, a partir de los cuales evaluar su comportamiento como materia prima para la producción de los empaques biodegradables.

FIGURA 57. CULTIVOS DEMOSTRATIVOS DE YUCA EN ASOCIACIÓN DE YUQUEROS DE MORALES (ASYUMOR).



Fuente: Bioempaques Cauca 2017.

Para saber más...

Para profundizar más sobre el caso 4, se sugiere la visualización de los siguientes videos:

- CYTBIA: Empaques biodegradables.
- CITBYA.

Proyección del caso

Aunque el proyecto aún se encuentra en ejecución, se han realizado estudios de biodegradabilidad que indican el efecto positivo para el medio ambiente, al demostrar que su período de degradación oscila entre 120 y 180 días bajo condiciones controladas, por lo que esta iniciativa podría ser replicada en otras zonas en donde exista disponibilidad de la materia prima.

Se espera que para el 2020 se cuente con dos nuevas patentes de los desarrollos de películas flexibles y espumadas, lo que permitiría avanzar en los procesos de escalamiento e iniciar procesos de transferencia tecnológica.

Para el primer semestre de 2020 se podrán conocer los detalles de costos de los empaques y se espera consolidar la estrategia para el inicio de las operaciones de la Empresa de Base Tecnológica (EBT).

Resumen

El desarrollo de la bioeconomía en ALC está supeditado a las capacidades institucionales, las fortalezas y las necesidades de cada país.

Lo que se observa en la región es que países como Argentina y Brasil registran avances relevantes en la descarbonización de la economía y en otros senderos bioeconómicos, motivo por el cual hay desarrollos empresariales más estables y consolidados.

Por su parte, Costa Rica se ha destacado por el uso eficiente y valorización de la biodiversidad, el cual, articulado con el sector del turismo, ha propiciado nuevas y rentables iniciativas empresariales. Colombia, por su parte, presenta claros logros en el sector de los biocombustibles, con gran potencial en otros rubros, dada su calidad de país megadiverso.

Sin embargo, en la mayoría de los otros países los esfuerzos bioeconómicos están más relacionados con iniciativas en los ámbitos de la investigación y el pilotaje.

Los casos presentados en este apartado evidencian que la bioeconomía es posible en la región, por lo que se invita a investigar experiencias similares en cada país, considerando que no existe un patrón común para el desarrollo de la bioeconomía.

Referencias bibliográficas

- Anlló, G; Bisang, R. 2015. Bieconomía. Buenos Aires, Argentina, UCAR.
- Bioempaques Cauca. 2017. Productos (en línea). Popayán, Colombia. Consultado 05 Ago. 2019. Disponible en <https://www.bioempaquescauca.com/index.php/productos>.
- Bragachini, M. 25 jun. 2019. Mlnidestilerías de etanol (correo electrónico). Córdoba, Argentina.
- Energías Renovables. 2018. El desarrollo de las energías renovables en Argentina demandará 17000 empleos en tres años (en línea). Rosario, Argentina, Energías Renovables Argentina. Consultado 05 Ago. 2020. Disponible en <https://energiasrenovables.com.ar/2018/08/30/el-desarrollo-de-las-energias-renovables-en-argentina-demandara-17000-empleos-en-tres-anos/>.
- Magrone, S. 2018. El desarrollo de las energías renovables en Argentina demandará 17000 empleos en tres años (en línea). Rosario, Argentina, Energías Renovables. Consultado 15 Jun. 2019. Disponible en <https://energiasrenovables.com.ar/2018/08/30/el-desarrollo-de-las-energias-renovables-en-argentina-demandara-17000-empleos-en-tres-anos/>.
- EEOC (Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, Argentina). 2018. Caminos de la biomasa. Una experiencia guía en Tucumán (en línea). Avance Agroindustrial 39-1:14-17. Las Talitas, Tucumán, Argentina. Consultado 18 Jun. 2019. Disponible en <http://www.bioeconomia.mincyt.gob.ar/wp-content/uploads>.
- Henry, G; Trigo, E; Hodson, E. 2014. Bioeconomías en ALC: diferentes vías, resultados preliminares y buenas prácticas. In Hodson, E (ed.). Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (p. 141-149). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana.
- Proyecto Investigación y Desarrollo de Empaques Biodegradables. 2018. Documento técnico “Diseño y puesta en marcha EBT”. Popayán, Colombia.
- Proyecto Investigación y Desarrollo de Empaques Biodegradables. 2019. Documento técnico “Estudios de ingeniería EBT”. Popayán Colombia.
- Trasur Logística. s. f. Soluciones de cadena de suministro diseñadas específicamente para la industria sucroalcoholera (en línea). Yerba Buena, Tucumán, Argentina. Consultado 15 ago. 2019. Disponible en <https://trasur.com.ar/servicios/sucroalcoholera/>.

Módulo 6.

Retos y respuestas institucionales para impulsar la bioeconomía en ALC



OBJETIVO DEL APRENDIZAJE

Reflexionar sobre los desafíos que enfrenta América Latina y el Caribe (ALC) para fomentar el aprovechamiento productivo de la bioeconomía, y conocer algunas de las respuestas institucionales implementadas en diferentes naciones de la región.

UNIDADES

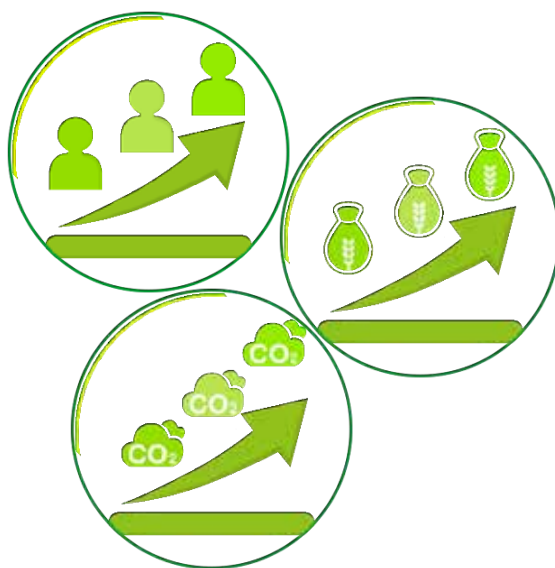
Unidad 6.1. La institucionalidad y las políticas de apoyo para la bioeconomía en ALC

Unidad 6.2. Desafíos en materia de marcos normativos, políticos y de mercado para potenciar el aprovechamiento de la bioeconomía en ALC

Unidad 6.1. La institucionalidad y las políticas de apoyo para la bioeconomía en ALC

Como se indica en el módulo 1, los países de ALC enfrentan grandes retos en materia de alimentación, energía y fibras, debido a una serie de tendencias que cambiarán sustantivamente el contexto de la agricultura y la vida rural de esa región en las próximas décadas. Estos retos incluyen:

- cambios en el perfil socioeconómico y el tamaño de la población, que tenderá a ser más grande, con mayores ingresos y urbana. Por ejemplo, se estima que en 2050 la población mundial será de 9700 millones de personas; el 77 % de ellas vivirá en zonas urbanas y el 50 % será de clase media (Alexandratos y Bruinsma 2012);
- incrementos en las necesidades de alimentos, agua, suelo y energía y transformaciones en sus consumos y preferencias, y
- mayor impacto del cambio climático e incremento en la degradación de los recursos naturales.



En este marco, en las próximas décadas, la región enfrentará el reto de ser más eficiente, sostenible e inclusiva, a fin de producir un mayor volumen de alimentos y energía en un escenario de mayor estrés climático y de escasez de recursos naturales. Afortunadamente, hoy existe una nueva frontera de ciencias, tecnologías y conocimientos que hacen posible que ALC utilice más eficiente y sosteniblemente su riqueza biológica, que constituye una de sus principales ventajas competitivas respecto a otras regiones del mundo.

Desde hace muchos años, los países de ALC transitan por diferentes vías de la bioeconomía (aunque en aquellos momentos no se les llamara así). Aun sin políticas o estrategias para su fomento o promoción, el sector privado de la región ha sabido tomar ventaja de las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías para hacer un aprovechamiento productivo más eficiente y sostenible de los recursos biológicos, como hemos podido comprobar en los módulos anteriores de este curso. Actualmente, algunos países de ALC son líderes en modelos de negocios basados en aplicaciones biotecnológicas, bioenergías, agricultura de bajo carbono, etc.

Contexto general

En el mundo han proliferado en los últimos años estrategias públicas de desarrollo de la bioeconomía (figura 58). Los casos emblemáticos se encuentran en Europa y América del Norte, donde existen antecedentes de estrategias orientadas a la bioeconomía. En el caso europeo en particular, la estrategia regional va por su tercera revisión y existen instituciones e instrumentos específicos y estrategias nacionales para casi todos los países y, en algunos casos, también otras de nivel territorial. También Estados Unidos y, desde 2019, Canadá cuentan con estrategias nacionales de este tipo.

FIGURA 58. POLÍTICAS DE BIOECONOMÍA EN EL MUNDO.



Fuente: GBS 2018.

En el caso de ALC, en cambio, aunque el sector privado empresarial ha venido trabajando desde hace más de 30 años en modelos de negocios basados en prácticas de la bioeconomía, en la gran mayoría de los casos no tenían instrumentos públicos de fomento y apoyo.

Actualmente, si bien ningún país de la región cuenta aún con una estrategia nacional dedicada exclusivamente a la bioeconomía, los tomadores de decisión han visualizado y reconocido el potencial del tema y los países han desarrollado instituciones, iniciativas e instrumentos de política pública para la promoción de la bioeconomía en la región, tal como se detalla en los siguientes apartados.



ARGENTINA

La bioeconomía es un proceso en marcha en Argentina. La emergencia y el crecimiento de empresas argentinas de biotecnología, la utilización masiva de organismos genéticamente modificados (OGM), la amplia difusión de estrategias productivas amigables con el medio ambiente, la producción de biocombustibles y el aprovechamiento de algunos de sus co-productos para alternativas de desarrollo productivo regional y de producción de biomateriales y bioenergías son claros ejemplos de dicho proceso y de los beneficios que puede aportar al país una estrategia de desarrollo integral de la bioeconomía (Trigo et al. 2019). Algunos avances en materia de políticas públicas de la Argentina se resumen en el cuadro 18.

CUADRO 18. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS SOBRE BIOECONOMÍA EN ARGENTINA.

Instrumento	Descripción
Comisión Nacional Asesora de Biomateriales (2018) Más información en: https://bit.ly/2Nrs3aM	Destinada a brindar asesoramiento técnico y sectorial para promover la producción y el consumo de biomateriales generados a partir de materias primas agroindustriales.
Programa de Fomento de la Bioeconomía (2017) Más información en: https://bit.ly/3eBSg2j	Su objetivo es fomentar el desarrollo de la bioeconomía como estrategia para la agregación de valor, una mayor eficiencia en el uso de los recursos y el desarrollo territorial en forma sustentable y sostenible.
Consejo Nacional de Bioeconomía (2017) Más información en: https://bit.ly/3eue5AO	Busca la implementación de políticas públicas nacionales que promuevan el desarrollo de este nuevo paradigma de desarrollo del país.
Observatorio de Bioeconomía (2017) Más información en: https://bit.ly/3fZ83bU	Lanzado por el Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires, tiene el objetivo de sistematizar, analizar y difundir información del sector en el territorio provincial, a fin de promover instancias de formación y discusión sobre la coyuntura y las problemáticas estructurales del sector y de dar difusión a las estrategias y oportunidades para el agregado de valor.
Plan Provincial de Bioeconomía (2016) Más información en: https://bit.ly/3eDRqSI	Busca promover en la provincia de Buenos Aires el desarrollo agroindustrial sostenible —desde lo social, ambiental y económico— para alcanzar el máximo potencial productivo a partir del trabajo conjunto con todos los actores de la cadena productiva.
Argentina Innovadora 2020 (2012) Más información en: https://bit.ly/2ZdJaCi	Tiene como objetivo fijar metas de largo plazo que permitan definir un horizonte de desarrollo nacional, proyectado a las próximas generaciones de argentinos.

Fuente: GBS 2018.



BRASIL

Aunque Brasil todavía no tiene una estrategia exclusiva dedicada a la bioeconomía, durante los últimos 40 años esta se ha implementado por medio de la bioenergía, con agresivas políticas para acelerar el desarrollo y el uso del etanol y del biodiésel como combustible (EPE, 2007, 2014, 2015b, citado por Oliveira 2019). En el cuadro 19 se destacan las principales políticas en bioeconomía de este país.

CUADRO 19. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS BIOECONÓMICAS EN BRASIL.

Instrumento	Descripción
Programa Bioeconomía Brasil Sociobiodiversidad (2019) Más información en: https://bit.ly/2CGZa8u	Su objetivo es fortalecer las cadenas productivas que usan los recursos naturales de forma sostenible, generando ingresos para pequeños y medianos agricultores y para comunidades tradicionales.
Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação 2016-2022 (2016) Más información en: https://bit.ly/3eBbUeN (en portugués)	Contiene la orientación estratégica de medio plazo para la implementación de políticas públicas en ciencia, innovación y tecnología.
Renova Bio 2030 (2016) Más información en: https://bit.ly/2Z91Tz1 (en portugués)	Busca promover la expansión de la producción de etanol y biodiésel, en armonía con el compromiso brasileño en la Conferencia de las Partes (COP 21) de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático realizada en París en 2015.
Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2023 (2014) Más información en: https://bit.ly/2BJByPR (en portugués)	La principal indicación del PDE 2023 es que Brasil será gran productor de petróleo manteniendo una matriz energética limpia.
Plan de Acción Conjunta PAISS Agrícola (2012) Más información en: https://bit.ly/2ZfSk1s (en portugués)	Es una iniciativa destinada a la coordinación de las acciones de fomento a la innovación y a la mejora de la integración de los instrumentos de apoyo operados por dos instituciones nacionales: el Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social (BNDES) y la Financiadora de Estudios de Proyectos (Finep). Tiene la finalidad de fomentar tanto el desarrollo y la producción pionera de tecnologías agrícolas como la adaptación de sistemas industriales, con la condición de que estén insertos en las cadenas productivas de la caña de azúcar u otras culturas energéticas que sean compatibles o que se puedan asociar con este sistema agroindustrial.
Política Nacional de Desarrollo de Biotecnología (2007) Más información en: https://bit.ly/3ezrN5j (en portugués)	Propone la meta de convertir a Brasil en uno de los países líderes en materia de biotecnología y el objetivo general de incentivar la competitividad de la industria nacional, aumentar la participación brasileña en el comercio internacional y acelerar el crecimiento económico de Brasil. La política se enfoca estratégicamente en las áreas agropecuaria, industrial, ambiental y de salud humana.
Plan Nacional de Energía 2030 (2007) Más información en: https://bit.ly/3eyWVSH (en portugués)	Tiene como objetivo la planificación a largo plazo en el sector energético del país, orientando tendencias y señalando las alternativas de expansión de ese sector en las próximas décadas.
Estrategia Nacional de Biotecnología (2006) Más información en: https://bit.ly/3i2RPjK (en portugués)	Este documento fue la base para instituir la Política Nacional de Desarrollo de Biotecnología de 2007 en el país. El objetivo general de la estrategia es promover y ejecutar acciones dirigidas a establecer un ambiente apropiado para el desarrollo de productos y procesos biotecnológicos innovadores, estimular el aumento de la eficiencia de la estructura productiva nacional, la capacidad de innovación de las empresas brasileñas, la absorción de tecnologías, la generación de negocios y la expansión de exportaciones.

Fuente: GBS 2018.



COLOMBIA

En Colombia, el marco legal para el desarrollo de una política de bioeconomía es la Constitución Política de 1991, que introduce principios generales ambientales relacionados con el cuidado de la biodiversidad y el marco institucional necesario para la gestión del medio ambiente. En ese contexto, desde la década de 1990 se han desarrollado diferentes políticas relevantes relacionadas con la bioeconomía

(Aramendis et al. 2018); algunas de ellas se muestran en el cuadro 20.

CUADRO 20. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS BIOECONÓMICAS EN COLOMBIA.

Instrumento	Descripción
Misión de Sabios (2019) Más información en: https://bit.ly/3eDSjL2	Reúne a 45 investigadores y científicos extranjeros y colombianos, con el propósito de recomendar las herramientas en los ámbitos territorial, productivo e institucional que facilitarán el diseño e implementación de soluciones prácticas en materia de ciencia, tecnología e innovación para llevar al país a la vanguardia. Bioeconomía y Medio Ambiente será uno de los principales focos de trabajo.
Misión de Crecimiento Verde (2014) Más información en: https://bit.ly/385mCrt	Busca generar fuentes de crecimiento económico, conservando al mismo tiempo el capital natural mediante un uso sostenible de la biodiversidad.
Programa Nacional de Biocomercio Sostenible (PNBS) 2014-2018 Más información en: https://bit.ly/3i1FL22	El principal reto del PNBS es contribuir a la generación de riqueza y de oportunidades (reducción de la pobreza), especialmente para la población rural, aportando a la conservación de la biodiversidad colombiana, a través de su uso comercial sostenible.
Política para el Desarrollo Comercial de la Biotecnología a partir del Uso Sostenible de la Biodiversidad (2011) Más información en: https://bit.ly/2YwnQZG	La principal indicación del PDE 2023 es que Brasil será gran productor de petróleo manteniendo una matriz energética limpia.
Plan de Acción Conjunta PAISS Agrícola (2012) Más información en: https://bit.ly/2ZfSk1s (en portugués)	Tiene como objetivo crear las condiciones económicas, técnicas, institucionales y legales que permitan atraer recursos públicos y privados para el desarrollo de empresas y productos comerciales basados en el uso sostenible de la biodiversidad, específicamente de los recursos biológicos, genéticos y sus derivados.
Política Nacional de Biodiversidad (1996) Más información en: https://bit.ly/2Zcb1Tl	Está orientada a promover la gestión integral de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (GIBSE), de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza.

Fuente: GBS 2018.



COSTA RICA

En Costa Rica, al igual que en otros países de la región, ya existen iniciativas de política pública relevantes para el desarrollo de la bioeconomía, que está siendo conceptualizada como uno de los dos pilares de la sostenibilidad del país, junto con la economía circular (Aramendis et al. 2018).

Además, en el momento de la publicación de este documento el país estaba trabajando en la construcción de una estrategia nacional de bioeconomía que pretende integrar todos sus esfuerzos institucionales y políticos previos, para potenciar el aprovechamiento eficiente y sostenible de su base biológica y científica.

CUADRO 21. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS BIOECONÓMICAS EN COSTA RICA.

Instrumento	Descripción
Proceso consultivo para construcción de una estrategia nacional en bioeconomía (2019) Más información en: https://bit.ly/380vb6Y	Se validaron las líneas de acción que componen los diferentes ejes estratégicos del plan, asegurándose que reflejaran las potencialidades del país.
Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025 Más información en: https://bit.ly/381mQjh	Se proponen las principales herramientas nacionales para tutelar el patrimonio natural y la biodiversidad.
Plan Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación 2015-2025 Más información en: https://bit.ly/2VjrHaA	Su propósito es contribuir en la construcción de una visión compartida entre los distintos actores sociales interesados en los procesos vinculados con la ciencia, la tecnología y la innovación, entendiendo a las tecnologías digitales como la herramienta de acceso a conocimiento nuevo por excelencia y de las comunicaciones como su contexto tecnológico.

Fuente: GBS 2018.



ECUADOR

Como la mayoría de los países de la región, Ecuador no tiene una política específica sobre bioeconomía (cuadro 22); sin embargo, en el país se trabaja para:

- oficializar una política pública sobre bioeconomía;
- crear un fondo nacional de fomento al emprendimiento;
- realizar una ronda de negocios e inversionistas, como parte del evento Expo – Ecuador;
- lograr un acuerdo nacional por el emprendimiento; y
- oficializar el Comité Intersectorial de Fomento de la Bioeconomía (Aramendis et al. 2018).

CUADRO 22. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS BIOECONÓMICAS EN ECUADOR.

Instrumento	Descripción
Estrategia Nacional para el Cambio de Matriz Productiva (2015) Más información en: https://bit.ly/2YxzvY5	Se implementa mediante herramientas de planificación, acciones públicas (definidas por distintos niveles de gobierno) y acciones privadas para complementar esfuerzos en industrias, productos y servicios para aprovechar las capacidades y potencialidades identificadas en el territorio.
Estrategia Nacional de Biodiversidad (ENB) 2015-2030 Más información en: https://bit.ly/381VCco	La ENB incorpora una visión prospectiva para la biodiversidad en el año 2030 y un plan de acciones hasta el año 2021.
Bioemprende (2019) Más información en: https://bit.ly/3eFTpWQ	El Gobierno Nacional implementó el Primer Centro de Promoción y Fomento de BioNegocios Sostenible del Ecuador (BioEmprende), una iniciativa integral de Reverdecer Ecuador para fomentar una alternativa de desarrollo sostenible en el país.

Fuente: GBS 2018.



MÉXICO

En este país, las políticas públicas relacionadas con la bioeconomía se centran en el desarrollo de bioenergéticos, en consonancia con la Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos (2009), y apoyadas por la Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergía de 2008, lo que ha permitido al país diversificar su mezcla de fuentes energéticas.

Asimismo, en las últimas semanas la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural ha impulsado un proceso de consulta y diálogo dirigido a la construcción de una estrategia de bioeconomía y apoyado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). En el cuadro 23 se resumen algunas de estas políticas.

Instrumento	Descripción
Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECITI) 2014-2018 Más información en: https://bit.ly/3fWmXzx	El programa se desprende de uno de los objetivos del Programa Nacional de Desarrollo 2013-2018 y busca hacer del desarrollo científico-tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible.
Ley de Ciencia y Tecnología (2002, reformada por última vez en 2013) Más información en: https://bit.ly/2BCyVzq	Entre sus varios objetivos, se encuentran regular los apoyos y determinar los instrumentos para que el Gobierno Federal apoye la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en el país; establecer los mecanismos de coordinación de acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, los gobiernos de las entidades federativas y otras instituciones; y vincular a los sectores educativo, productivo y de servicios en materia de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación.
Estrategia Intersecretarial de los Bioenergéticos (2009) Más información en: https://bit.ly/3dGfUtr	Establece los aspectos agrícolas, energéticos, ambientales, sociales y económicos que se deben considerar para avanzar en el desarrollo de los bioenergéticos en el país.

Fuente: GBS 2018.



PARAGUAY

Paraguay sobresale por su alta proporción de exportaciones de la bioeconomía, superando el promedio regional (Rodríguez s. f.). Con respecto a políticas públicas relacionadas con la bioeconomía, el país registra algunos avances. Una de las leyes más relevante al respecto se describe en el cuadro 24.

CUADRO 24. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS BIOECONÓMICAS EN PARAGUAY.

Instrumento	Descripción
Política y Programa Nacional de Biotecnología Agropecuaria y Forestal del Paraguay (2011) Más información en: https://bit.ly/3i1E6tj	Contiene acciones a seguir para una producción más eficiente del sector productivo y exportador mediante la aplicación de tecnologías modernas.

Fuente: GBS 2018.



URUGUAY

El país está diseñando la Estrategia Nacional de Desarrollo de Largo Plazo, Uruguay 2050. Uno de sus ejes estratégicos está orientado a identificar los escenarios en torno a complejos productivos estratégicos con potencial transformador de la estructura productiva nacional a partir del mejor aprovechamiento de los procesos de convergencia tecnológica que interconectan la economía digital con la bioeconomía; en este marco se trabaja específicamente en el proyecto “Bioeconomía Forestal 2050” (OPP 2018). En el cuadro 25 se presenta una descripción de esta política pública y otras relacionadas con la bioeconomía.

CUADRO 25. PRINCIPALES AVANCES EN POLÍTICAS PÚBLICAS BIOECONÓMICAS EN URUGUAY.

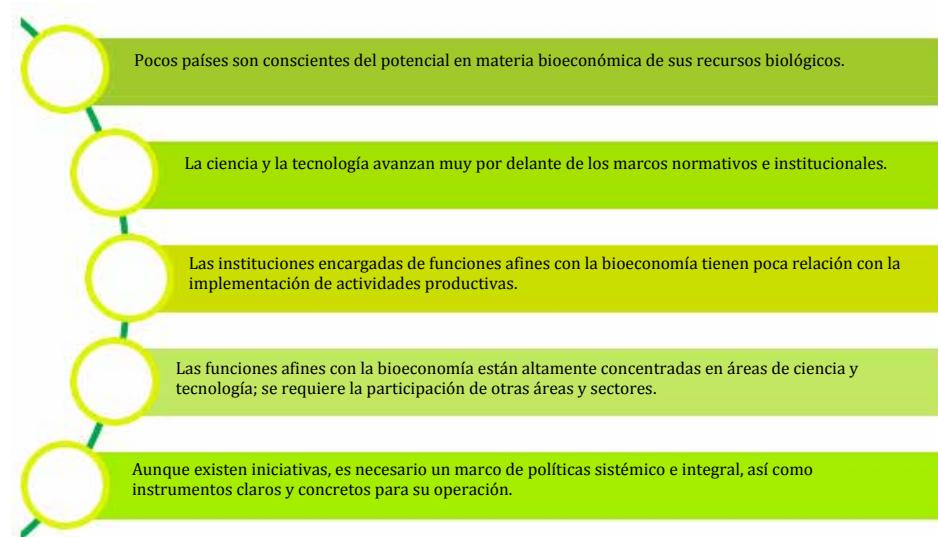
Instrumento	Descripción
Proyecto Bioeconomía Forestal (2019) Más información en: https://bit.ly/381AB1o	Es un proyecto de desarrollo sostenible a largo plazo, que combina crecimiento económico sostenible con justicia social; requiere adoptar una visión integrada que articule políticas macroeconómicas, productivas, sociales y ambientales.
Proceso consultivo para la construcción de una estrategia nacional en bioeconomía (2019) Más información en: https://bit.ly/31heOkZ	Uruguay participa desde 2017 de la iniciativa del Grupo de Trabajo Internacional para una Bioeconomía Sostenible (ISBWG, por sus siglas en inglés), financiado por el gobierno de Alemania y coordinado a nivel internacional por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). El país ha sido seleccionado como caso piloto para desarrollar una estrategia nacional en bioeconomía con el apoyo técnico del ISBWG.
Plan Sectorial de Biotecnología 2011–2020 (2011) Más información en: https://bit.ly/31gStUN	Tiene tres ejes fundamentales, cada uno de los cuales presenta un sistema de objetivos de corto y mediano plazos: (1) política de Estado para el desarrollo de la biotecnología, (2) desarrollo humano y (3) desarrollo productivo.
Uruguay Agro inteligente 2010–2015 (2010) Más información en: https://bit.ly/2Z8y7dQ	Esta estrategia establecida por el Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca orienta las políticas públicas del sector agropecuario con base en cinco ejes estratégicos: (1) promoción de la competitividad, (2) intensificación sostenible, (3) adaptación al cambio climático, (4) desarrollo rural y (5) fortalecimiento y articulación institucional.

Fuente: GBS 2018.

Unidad 6.2. Desafíos en materia de marcos normativos, políticos y de mercado para potenciar el aprovechamiento de la bioeconomía en ALC

En el escenario actual, los principales desafíos en materia de marcos normativos, políticos y de mercado para la promoción de la bioeconomía en ALC pueden sintetizarse en los aspectos indicados en la figura 59.

FIGURA 59. DESAFÍOS PARA POTENCIAR EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA EN ALC.



Para una región como ALC donde “lo biológico” representa una de sus mayores ventajas comparativas, los aprovechamientos productivos de la bioeconomía presentan una nueva ventana de oportunidad para el desarrollo genuino y sostenible. Abre las puertas a un superador modelo de industrialización —“la transformación integral de lo biológico”— que respeta el ambiente, propone nuevos equilibrios en lo territorial, desarrolla el ecosistema empresarial y establece una estructura productiva más diversificada con mayor capacidad de generación de empleo y posibilidades de reinserción en el comercio internacional (IICA 2019).

Sin embargo, para aprovechar las potencialidades de la región y lograr una bioeconomía rentable, segura, sostenible e inclusiva, es indispensable que, además de los esfuerzos ya realizados, los países avancen en los siguientes puntos clave:

- fomento de un marco institucional y de políticas que promueva la eficiencia y la rentabilidad en el modelo agrícola y rural, a la vez que incremente la inclusión y la sostenibilidad;
- desarrollo de una base científica y tecnológica que facilite la mayor utilización de los recursos, procesos y principios biológicos en el desarrollo productivo; y
- fortalecimiento de las capacidades de los agentes de las cadenas para que puedan manejar los nuevos procesos, que por lo general son mucho más intensivos en conocimiento que los enfoques convencionales.

Para recordar...

Los siguientes son incentivos para promover la bioeconomía:

- Regulaciones adecuadas, coherentes y transparentes.
- Desarrollo y acceso a mercados.
- Fortalecimiento de capacidades técnico-científicas.
- Estímulos financieros y fiscales.
- Políticas de localización industrial.
- Apoyo político al cambio social de base biológica.
- Inversión en ciencia y tecnología.

Requerimientos para la bioeconomía en ALC

Para que la bioeconomía sea un modelo de desarrollo viable, es indispensable que, además de los desarrollos científicos y tecnológicos, se construyan marcos normativos y políticos y se implementen enfoques de mercado, a fin de generar incentivos para que los agentes económicos hagan un uso diferente del recurso biológico dentro de sus modelos de producción, transformación y comercialización, entre otros. Lo anterior involucra desarrollar instrumentos como los que a continuación se describen.

- **Regulaciones adecuadas, coherentes y transparentes.** Existen diversas barreras regulatorias que limitan el desarrollo de la bioeconomía en la región, entre las que se encuentran, por ejemplo, la complejidad de los procesos regulatorios existentes, la ausencia de marcos normativos adecuados al avance del conocimiento en las ciencias y tecnologías biológicas, la incompatibilidad de las reglamentaciones entre productos convencionales y bioproductos similares y la dificultad para hacer cumplir las regulaciones que existen (Aramendis et al. 2018, Rodríguez et al. 2019). Por eso, es necesario desarrollar en ALC marcos regulatorios ambientales, sanitarios, agropecuarios y de salud, para asegurar que los nuevos aprovechamientos de los recursos biológicos sean seguros.
- **Desarrollo y acceso a mercados y consumidores informados.** Los bienes y servicios de la bioeconomía suelen enfrentar barreras de mercado, tales como la falta de estudios técnicos y científicos de distintos tipos, cuestiones logísticas relacionadas con certificaciones, licencias, etiquetas y sellos, los costos asociados a estos y el desafío de que los consumidores perciban a los productos en cuestión como inocuos y seguros (Aramendis et al. 2018). En el caso de los productos que sustituyen otros similares de origen fósil, el acceso puede verse limitado por la dificultad de competir con industrias maduras basadas en fósiles (por ejemplo, energía, plásticos, insumos agrícolas) o por el desconocimiento de los consumidores sobre los beneficios de los productos de origen biológico. Para superar estas barreras, es necesario generar instrumentos para que el consumidor pueda elegir de manera informada —por ejemplo, mediante sistemas de precios y estándares que permitan la comparación de los productos—; el impulso de políticas compensatorias o promocionales que equilibren la competitividad, o el uso de los mecanismos de compras públicas para los productos de la bioeconomía.
- A fin de incentivar la bioeconomía, es conveniente **crear estímulos financieros y fiscales** por medio de financiamiento público, impuestos diferenciados, fondos de inversión y acompañamiento, entre otros.
- **Generar y/o fortalecer las capacidades técnico-científicas** necesarias mediante la formación de profesionales y cuadros técnicos y gerenciales para la innovación.
- **Desarrollar políticas de localización industrial y establecer territorios rurales** que cuenten con las condiciones necesarias para atraer inversiones.
- **Promover apoyo político al cambio social de base biológica**, por medio de la concientización y sensibilización de los actores acerca de sus potencialidades.
- Se requiere un **compromiso con la inversión en ciencia y tecnología**. La innovación es un eje central de la bioeconomía, por lo que una transición exitosa requerirá un esfuerzo intensivo de inversión en ciencia y tecnología para fomentar procesos de investigación, desarrollo e innovación.

En el cuadro 26 se presentan requisitos básicos que deben cumplir los países para promover algunos de los senderos de aprovechamiento de la bioeconomía. Es decir, se necesitan marcos regulatorios y normativas. También se requiere haber suscrito acuerdos o convenciones internacionales previamente.

CUADRO 26. REQUISITOS BÁSICOS PARA PROMOVER EL APROVECHAMIENTO DE LA BIOECONOMÍA.

Valoración de la biodiversidad	Ecointensificación	Bioenergía y biorrefinerías	Aplicaciones biotecnológicas	Servicios ecosistémicos
<ul style="list-style-type: none"> • Protocolo de Nagoya • Decisión Andina 391 • Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología • Protocolo de Nagoya-Kuala Lumpur 	<ul style="list-style-type: none"> • Regulación de bioinsumos • Armonización entre países y bloques • Políticas para los mercados orgánicos • Reglamentación de siembra directa, uso de OGM, drones, etc. • Normativa para residuos orgánicos y agroindustriales 	<ul style="list-style-type: none"> • Marcos regulatorios sobre calidades y requisitos, producción/distribución/uso de bioenergías • Estímulos fiscales o tributarios a productores y consumidores • Normas de porcentajes mínimos y obligatorios • Normativa para usos de productos y subproductos en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética, entre otras 	<ul style="list-style-type: none"> • Normativa para regulación de alimentos funcionales • Normativa para la generación/uso de biomateriales • Bioseguridad de OGM 	<ul style="list-style-type: none"> – Políticas y normativa para: <ul style="list-style-type: none"> • turismo sostenible (ecoturismo), • comercialización de bonos de carbono, • uso sostenible de los productos y servicios de los bosques

Fuente: IICA 2019

Los desafíos de políticas en la transición hacia la bioeconomía⁵²

Como en otras experiencias de instauración de un nuevo paradigma productivo, el proceso no es automático, instantáneo ni lineal y, menos aún, está exento de tensiones y conflictos. La instalación del paradigma de la bioeconomía es un proceso complejo que requiere institucionalidades y políticas públicas que abarcan varios aspectos que deben operar coordinadamente a lo largo del tiempo y bajo un marco ordenador flexible, dada la variabilidad de “lo biológico” y el hecho de que algunas tecnologías de sustento no están completamente maduras.

Es necesario impulsar el desarrollo integrado y complementario de las actividades productivas del nuevo paradigma basadas en el aprovechamiento eficiente y sostenible de lo “biológico”, para muchas de las cuales todavía no se han desarrollado las rutinas de abastecimiento, logística y distribución. Además, en la mayor parte de la región no están arraigados los hábitos de consumo para los nuevos bioproductos y bioservicios, los cuales no están aceptados plenamente en la cotidianeidad (más allá de manifestaciones difusas y generales respecto de la

Se requieren políticas públicas bioeconómicas creativas

La bioeconomía aplicada es un terreno que desafía a la imaginación y la creatividad de las políticas públicas y que abre varias preguntas: ¿cómo formular políticas públicas para la bioeconomía?, ¿por dónde empezar?, ¿cuál es la guía de análisis?, ¿cuáles son los temas recurrentes?, ¿qué recursos económicos y humanos se requieren? y ¿cuáles son los parámetros generales de la agenda de trabajo?

Estas preguntas, que no operan en abstracto ni conducen a respuestas únicas, deben ser respondidas por cada país a partir de sus recursos y capacidades, los cuales se convierten en los puntos de partida para diseñar los senderos del aprovechamiento productivo de la bioeconomía tanto en la agricultura y sus posteriormente encadenamientos productivos, como en el resto de los territorios rurales. Mientras las potencialidades de algunos países están basadas en sus capacidades tecnológicas, desarrollos productivos previos o mercados más maduros, en otros casos están determinadas por el potencial de su biodiversidad o el tamaño y/o desarrollo potencial de las capacidades productivas (agropecuarias o industriales). La heterogeneidad en los puntos de partida amerita estrategias diferenciadas y políticas particulares, más allá de que todos compartan los principios generales del nuevo paradigma.

52. La fuente de información de este apartado y los siguientes es IICA 2019.

conveniencia de su adopción). A fin de que el nuevo paradigma se difunda y arraigue es necesario inducir su plena aceptación por parte de la sociedad.

Es claro que el aprovechamiento productivo de la bioeconomía no será igual en todos los países de ALC. Mientras en algunos casos se realizará a partir de modelos productivo-comerciales que utilizan las tecnologías de punta para aprovechar intensivamente los recursos y principios biológicos (por ejemplo, las biorrefinerías que utilizan biomasa para la producción de bioenergías y biomateriales, la biosanidad que modifica los modelos sanitarios preexistentes o los servicios bioeconómicos), en otros casos podría estar basado en modelos de tecnología tradicional que aprovechan en mayor medida la riqueza biológica presente en el territorio y en la cadena (por ejemplo, las producciones tradicionales que incorporan insumos biológicos, los productos agrícolas que utilizan los recursos de las fincas para ofrecer servicios de agroecoturismo o las industrias agropecuarias que aprovechan sus residuos y desechos para la generación de bioenergías para autoconsumo, bioinsumos, productos alimenticios, entre muchas otras posibilidades).

La hoja de ruta para la construcción de las políticas para la promoción de la bioeconomía

¿Cuáles son los pasos que deben seguirse para institucionalizar la bioeconomía en los países y construir políticas y estrategias para su fomento y promoción? A partir del análisis de las experiencias internacionales es posible identificar buenas prácticas y lecciones aprendidas que se pueden sistematizar en la figura 60.

FIGURA 60. GUÍA PARA CONSTRUIR LA INSTITUCIONALIDAD Y LAS POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA PROMOCIÓN DE LA BIOECONOMÍA EN ALC.

1. Construcción de un sistema bioeconómico

- Construcción de un grupo impulsor de la bioeconomía (GIB) como ámbito donde desarrollan sus actividades los *polymakers* en bioeconomía (PB).
- Construcción de un concepto propio de la bioeconomía que permita un diálogo fluido entre científicos, tecnólogos, empresarios, políticos y otros actores de la sociedad civil.
- Análisis de potencialidades de la bioeconomía: mapeo de recursos y capacidades (biológicas, tecnológicas, humanas, productivas, de mercado, etc.) que pueden constituirse en punto de partida para la bioeconomía.
- Identificación de iniciativas que, aunque no están integradas ni coordinadas, suman a los objetivos de la bioeconomía (ciencia y tecnología, agricultura y ganadería, recursos naturales y ambiente, energía, salud pública, etc.).

2. Construcción de espacios institucionales

- Definición de un espacio institucional (ministerio, secretaría, dirección, etc.) desde el cual se desarrollan las alianzas y acuerdos con el resto de las instancias de la administración pública, empresa privada, academia y sociedad civil.
- Elevación del GIB a un nivel supraministerial como un ámbito político.

3. Definición de la dinámica de funcionamiento del GIB

- Definición de perfiles técnico-académicos y de la forma de relacionamiento con las instituciones involucradas.
- Definición del relacionamiento con organismos internacionales de cooperación.
- Definición de interlocutores a todos los niveles.
- Definición de mecanismos de funcionamiento (a partir de la idea de desarrollar la bioeconomía).

4. Construcción de la agenda de trabajo del GIB

- Instalar el tema de la bioeconomía en los diversos estamentos de la sociedad.
- Desarrollar y consolidar una visión compartida de la bioeconomía como eje de desarrollo económico sostenible.
- Establecer los espacios institucionales y el sistema de gobernanza para el grupo impulsor.
- Arribar a una estrategia para el desarrollo de la bioeconomía y contar con un plan de acción.

El primer paso es construir un espacio formal donde puedan converger e interactuar las personas o grupos de referencia temática que, en los últimos años, han introducido el tema de la bioeconomía y han desarrollado acciones en los diferentes ámbitos institucionales públicos y privados. Este espacio, denominado Grupo Impulsor de la Bioeconomía (GIB), debe integrar a mandos medios de la administración pública que además de tener entrenamiento profesional, posean estabilidad en puestos de trabajo asociados a programas y/o proyectos de mediano plazo relacionados con la bioeconomía, estén anclados en dependencias de la gestión gubernamental relacionada con la temática (por lo general en las áreas de ciencia y tecnología, agro y medio ambiente) y desarrollen contactos técnico-políticos con otras instancias de la gestión pública y sean puntos focales con los programas de cooperación de agencias internacionales.

El GIB tendrá como responsabilidad la construcción de un concepto propio de la bioeconomía que permita un diálogo fluido entre científicos, tecnólogos, empresarios, políticos y otros actores de la sociedad civil. Además, el GIB tendrá a su cargo el análisis de los recursos y capacidades para el aprovechamiento de la bioeconomía tanto a nivel país como de territorios o cadenas de valor, lo cual incluye, entre otros elementos, el análisis de los últimos avances científicos y tecnológicos en cada uno de los temas que integran la bioeconomía; el conocimiento de la nueva frontera científica y tecnológica; la identificación de los desarrollos productivos de la bioeconomía que se realizan en otras latitudes; y el análisis de las limitaciones y cuellos de botella que imponen los marcos legales vigentes, generalmente asociados a las formas previas de “hacer las cosas”, entre otros. Además, en esta primera etapa el GIB deberá identificar las iniciativas que, aunque no están integradas ni coordinadas, suman a los objetivos de la bioeconomía (ciencia y tecnología, agricultura y ganadería, recursos naturales y ambiente, energía, salud pública, etc.).

El segundo paso es la construcción de espacios políticos para institucionalizar el fomento de la bioeconomía al más alto nivel político. Esto puede ir desde la ubicación del tema en una dependencia pública (por ejemplo, un ministerio o una secretaría), para que desde ahí se desarrollen los acuerdos y alianzas con el resto de las instancias requeridas, hasta la elevación del GIB a un nivel supraministerial con mandato político formal y estructura propia de operación. Una vez definida la institucionalización del espacio político de la bioeconomía, es necesario construir su dinámica de funcionamiento (tercer paso).

Una vez que se cuente con un GIB fortalecido e institucionalizado y que como parte de sus tareas haya trabajado en la construcción de un concepto propio de la bioeconomía, en la identificación de sus potencialidades para aprovecharlo y en el análisis de las iniciativas que pueden convertirse en punto de partida, es posible avanzar en el cuarto paso: la construcción de la agenda de trabajo.

Como se observa en la figura 61, este cuarto paso es lo que permitirá no solo instalar la bioeconomía como nuevo paradigma de desarrollo en todos los sectores de la sociedad, sino también construir la gobernanza y las políticas públicas requeridas para su implementación y desarrollo.

FIGURA 61. CUARTO PASO: LA CONSTRUCCIÓN DE LA AGENDA DE TRABAJO.

	<p>Instalación del tema bioeconomía y sensibilización de sus potencialidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elaboración de documento que unifica mensajes con base en una visión compartida (sectores público y privado, academia, organismos internacionales, etc.). - Estrategias de difusión, promoción y sensibilización a todos los niveles. - Inclusión de módulos educativos en el sistema de educación básica. - Difusión de casos de éxito a modo de efecto demostrativo.
	<p>Generación de una visión compartida dentro del propio sector público:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio de las instancias técnicas dentro del sector público para cada una de las seis áreas de la bioeconomía. - Mesas de trabajo por área temática que analizan capacidades y barreras (biológicas, humanas, tecnológicas, productivas, legales, etc.) y construyen prospectiva (sueños). - Consolidación de visiones de la bioeconomía (y de cada una de sus áreas específicas). - Validación de visiones con actores públicos, privados, academia, organismos internacionales, sociedad civil, etc.
	<p>Construcción de una gobernanza política de mayor alcance que el GIB:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estudio sobre las áreas públicas políticas y sus respectivas legislaciones de incumbencia. - Identificación de autoridades de decisión temáticas referentes. - Identificación de principales actividades/proyectos en curso. - Desarrollo de mesas de coordinación políticas a nivel de estamentos medios/altos del sector público (que validen el proceso). - Construcción de una agenda de propuestas de marco institucional, acuerdos políticos e instrumentación legal.
	<p>Diseño de la estrategia de desarrollo y del plan de acción de la bioeconomía:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Construcción de propuesta de estrategia que responda a la problemática y potencialidades particulares (utilizando teoría del cambio). - Desarrollo del plan de acción (políticas, normativas e inversiones) por parte del GIB que contenga al menos: a) temporalidad y anclaje institucional; b) reglas de gobernanza de la implementación; c) esquema de participación e involucramiento de los distintos actores; d) generación de información; e) sensibilización temática; f) fortalecimiento de la red de innovaciones; y h) financiación.

Una vez finalizados los cuatro pasos presentes en la guía, los actores nacionales e internacionales involucrados en el desarrollo productivo de la agricultura y los territorios rurales estarán convencidos y sensibilizados sobre el potencial de la bioeconomía, y compartirán una visión compartida de esta como eje del desarrollo económico sostenible. Además, contarán con espacios de gobernanza de la bioeconomía que irán mucho más allá de los GIB (que involucrarán a un gran ecosistema público-privado-academia) y con una estrategia para el desarrollo de la bioeconomía que se verá implementada con planes de acción de corto, mediano y largo plazos.

Como se ha dicho en reiteradas ocasiones, un cambio de paradigma requiere una nueva institucionalidad y marco de políticas públicas que no solo fomenten y viabilicen los nuevos aprovechamientos productivos de la bioeconomía, sino que también tengan flexibilidad adaptativa y aseguren su sostenibilidad temporal y su seguridad (ambiental y sanitaria).

El apoyo del IICA a los procesos de gestión de políticas para la promoción de la bioeconomía en ALC

Consciente del potencial de la bioeconomía para el desarrollo de la agricultura y los territorios de ALC, en su Plan de Mediano Plazo 2018-2022, el IICA estableció un programa hemisférico de cooperación técnica que apoyará a sus países miembros en: i) construir una visión del desarrollo productivo de la agricultura y de los territorios rurales basado en la bioeconomía y ii) fomentar la formulación e implementación de estrategias, políticas, normativas e inversiones que permitan el pleno aprovechamiento productivo de las potencialidades de la bioeconomía en un marco de inclusión y sostenibilidad.

Con este objetivo en mente, el Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo del IICA trabaja en las cuatro áreas estratégicas que a continuación se indican (figura 62):

FIGURA 62. ÁREAS ESTRATÉGICAS DEL PROGRAMA DE BIOECONOMÍA Y DESARROLLO PRODUCTIVO DEL IICA.



- Evidencia, sensibilización y formación de capacidades: investigaciones, estudios, talleres, seminarios y cursos para fomentar capacidades orientadas a nuevos aprovechamientos de la bioeconomía en tomadores de decisión y actores de los sectores agrícola y rural.
- Hojas de ruta: formulación e implementación de herramientas para la construcción de hojas de ruta diferenciadas por país para aprovechar la bioeconomía.
- Marcos políticos, regulatorios y normativos: apoyo a la gestión de políticas, normativas y estímulos de mercado que viabilicen y posibiliten nuevos usos productivos de la bioeconomía en la agricultura y el mundo rural.
- Inversiones y estrategias en cadenas: apoyo al diseño e implementación de estrategias, proyectos e inversiones para fomentar nuevos modelos de negocios de la bioeconomía en los territorios rurales y las cadenas de valor de la agricultura.

Resumen

Los países de ALC enfrentan grandes retos en materia de agricultura, considerando que se pronostican cambios en el perfil y tamaño de la población; más necesidades de alimentos y energía; cambios en los hábitos de consumo; y un mayor impacto del cambio climático.

Ante este panorama, la región está obligada a ser más eficiente, sostenible e inclusiva para producir mayores volúmenes de alimentos y energía en un escenario con más estrés climático y escasez de recursos naturales.

En este contexto, algunos países de ALC como Argentina, Brasil, Costa Rica, Colombia, Ecuador, México, Paraguay y Uruguay, por mencionar algunos, transitan hacia la bioeconomía. El sector productivo ha sabido tomar ventaja de los recursos biológicos, incluso sin que existan políticas o estrategias específicas sobre bioeconomía. Sin embargo, es necesario que los países de la región establezcan políticas y estrategias sobre el tema para enfrentar con mayor éxito los desafíos que se avecinan.

Grosso modo, los pasos que deben seguirse para institucionalizar la bioeconomía en los países y construir políticas y estrategias para su fomento y promoción son la construcción de un sistema bioeconómico, la construcción de espacios institucionales, la definición de la dinámica de funcionamiento de un grupo impulsor de la bioeconomía (GIB) y la construcción de la agenda de trabajo de este grupo.

A fin de apoyar a sus países miembros, el Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo del IICA trabaja en las siguientes áreas estratégicas: evidencia, sensibilización y formación de capacidades; hojas de ruta; marcos políticos, regulatorios y normativos; e inversiones y estrategias en cadenas.

Referencias bibliográficas

- Alexandratos, N; Bruinsma, J. 2012. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 16 Jul. 2019. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-ap106e.pdf>. ESA Working paper No. 12-03.
- Aramendis, R; Rodríguez, A; Krieger, L. 2018. Contribuciones a un gran impulso ambiental en América Latina y el Caribe: bioeconomía. Santiago, Chile, CEPAL.
- GBC (Concejo de Bioeconomía de Alemania). 2019. Bioeconomy Policies around the World (en línea). s. l. Consultado 16 Jul. 2019. Disponible en https://bioekonomierat.de/fileadmin/images/BOER_Bioeconomy_Around_World_Map.pdf.
- GBS (Global Bioeconomy Summit, Alemania). 2018. Bioeconomy Policy (Part III). Update Report of National Strategies around the World (en línea). Berlín Alemania. Consultado 14 XJul. 2019. Disponible en https://gbs2018.com/fileadmin/gbs2018/Downloads/GBS_2018_Bioeconomy-Strategies-around-the_World_Part-III.pdf.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2019. ¿Cómo construimos la institucionalidad y las políticas públicas requeridas para el desarrollo de la bioeconomía en las Américas? San José, Costa Rica. Nota técnica no publicada.
- Oliveira, A. 2019. Bioeconomía en Brasil: contexto general. En E. Hodson, G. Henry, & E. Trigo, La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina (págs. 49-58). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en <https://agritrop.cirad.fr/592946/7/ID592946.pdf>
- OPP (Oficina de Planeamiento y Presupuesto, Uruguay). 2018. Hacia una Estrategia Nacional de Desarrollo, Uruguay 2050. Avances del Proyecto Bioeconomía Forestal 2050 (en línea). Montevideo, Uruguay. Consultado 17 Jul.. 2019. Disponible en <https://bit.ly/381AB1o>.
- Rodríguez, A. s. f. La bioeconomía: oportunidades y desafíos para el desarrollo rural, agrícola y agroindustrial en América Latina y el Caribe. s. n. t. Boletín CEPAL/FAO/IICA.
- Rodríguez, A; Rodrigues, M; Sotomayor, O. 2019. Hacia una bioeconomía sostenible en América Latina y el Caribe: elementos para una visión regional (en línea). Santiago, Chile, CEPAL. Consultado 20 Jul. 2019. Disponible en https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44640/4/S1900161_es.pdf.
- Trigo, E; Regúnaga, M; Costa, R; Coremberg, A. 2019. Bioeconomía en Argentina: alcances, situación actual y oportunidades para el desarrollo sustentable (en línea). In Hodson, E; Henry, G; Trigo, E (eds.). La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina (p. 25-48). Bogotá, Colombia, Pontificia Universidad Javeriana. Consultado 18 Jul. 2019. Disponible en <https://agritrop.cirad.fr/592946/7/ID592946.pdf>.

