

Informe de situación y perspectivas de la **bioeconomía** en América Latina y el Caribe





Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2024

Informe de situación y perspectivas de la bioeconomía en América Latina y el Caribe

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, así como el tratamiento de los datos personales, de acuerdo con la normativa del IICA vigente. Se solicita que sea citado apropiadamente cuando corresponda y que se garantice el derecho de toda persona a la protección de sus datos personales, según la normativa del IICA.

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

Coordinación editorial: Roberto Feeney, Santiago Felici y Hugo Chavarria

Corrección de estilo: Olga Patricia Arce

Diagramación y diseño: Laura Luna Canales

Informe de situación y perspectivas de la bioeconomía en América Latina y el Caribe/Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; San José, C.R.: IICA, 2024, 225 p ; 21 x 16 cm.

ISBN: 978-92-9273-087-1

1. Bioeconomía 2. Sostenibilidad 3. Economía circular 4. Coyuntura agraria
5. América Latina y el Caribe I. IICA II. Informe
III. Chavarría, H. IV. Torroba, A. V. Porras-Brenes, C. VI. Gamboa, H.
VII. Rocha, P. VIII. Blanco, M. VIII. *et. al*

AGRIS
E11

DEWEY
338.927

Las ideas, las formas de expresión y los planteamientos de este documento son propios del autor (o autores), por lo que no necesariamente representan la opinión del IICA ni juicio alguno de su parte sobre las situaciones o condiciones planteadas.

San José, Costa Rica

2024

Tabla de contenidos

Prólogo	1
Presentación	5
Resumen ejecutivo	7
SECCIÓN 1: BIOECONOMÍA EN ALC: DEFINICIONES, SENDEROS Y POTENCIAL PARA SU APROVECHAMIENTO	17
<hr/>	
1.1 El contexto	18
1.2 La bioeconomía como modelo de desarrollo productivo	20
SECCIÓN 2: ESTADO Y PERSPECTIVAS DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DE LA BIOECONOMÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE	38
<hr/>	
2.1 Aprovechamiento sostenible de la biodiversidad en la Región Amazónica como factor relevante para el desarrollo socioeconómico, tecnológico e innovación	40
2.2 Situación y perspectivas de la intensificación sostenible en América Latina y el Caribe	62
2.3 Biorrefinerías: una oportunidad para el desarrollo socioeconómico ambiental de América Latina y el Caribe	85
2.4 Estado y perspectivas de los biocombustibles en las Américas	100

2.5. Negocios de la bioeconomía a partir de aplicaciones biotecnológicas (bioinsumos, transgénicos, entre otras).....	107
2.6. Servicios ecosistémicos: un pilar para el desarrollo de América Latina y el Caribe.....	115
SECCIÓN 3: INSTRUMENTOS PARA MOVILIZAR LA BIOECONOMÍA.....	131
<hr/>	
3.1. Estrategias y políticas para la bioeconomía en ALC.....	132
3.2. Capacidades en ciencia, tecnología e innovaciones para la bioeconomía de América Latina y el Caribe	153
3.3. Financiamiento de la bioeconomía	167
SECCIÓN 4. CAPÍTULO ESPECIAL.....	180
<hr/>	
4.1 Panorama del bioemprendimiento basado en la Bioeconomía sobre América Latina y el Caribe	181

Prólogo

Autores: MacRae, E. (Global Bioeconomy Council, GLC); Lang C. (GLC); Ecuru, J. (GLC).

Debido a la creciente necesidad de mitigar el impacto global del cambio climático, resulta más importante que nunca establecer estrategias armonizadas mundialmente para garantizar la salud y el bienestar de todos y adaptarnos a un mundo cambiante.

En el ámbito nacional, regional y mundial las estrategias y hojas de ruta de las bioeconomías sostenibles y circulares son motores esenciales del cambio para apoyar la sustitución de nuestros sistemas de combustibles fósiles, que son en gran parte responsables del calentamiento global. La región de América Latina y el Caribe (ALC), que alberga importantes entornos forestales, oceánicos, agrícolas y urbanos, constituye una de las primeras en adoptar el cambio a soluciones de base biológica, como las de biocombustibles desarrolladas en Brasil a finales de los setenta mediante el uso de caña de azúcar. En este documento, titulado *Informe de situación y perspectivas de la bioeconomía en América Latina y el Caribe*, se muestra el compromiso de la comunidad de ALC para emprender cambios urgentes en las prioridades empresariales, educativas, de políticas y medioambientales, así como con la sociedad civil para acelerar el desarrollo de bioeconomías sostenibles.

Este esfuerzo, alineado a la visión del Consejo Asesor Internacional sobre Bioeconomía Global (IACGB) (<https://www.iacgb.net/>), representa un compromiso regional para avanzar en la bioeconomía mundial. Como grupo de aproximadamente 40 expertos centrados en lograr una bioeconomía global, el IACGB ha definido ampliamente la bioeconomía como “la producción, el uso, la conservación y la regeneración de recursos biológicos para proporcionar soluciones sostenibles (entre ellas información, productos, procesos y servicios) en todos los sectores económicos” (Ecuru *et al.* 2022). En esta visión de la bioeconomía se destacan sus características intersectoriales, incluidos todos los esfuerzos dirigidos a producir y utilizar recursos biológicos renovables de forma sostenible y coordinada. En la actualidad, la integración de las políticas y la convergencia de los sectores está tomando forma, a medida que se desarrollan cada vez más estrategias e iniciativas de bioeconomía en todo el mundo.

Desde 2015, en cada Cumbre Global sobre Bioeconomía, el IACGB ha emitido un comunicado con respecto al estado de la bioeconomía global (*Communiqué Global Bioeconomy Summit 2015*). Recientemente, publicó una declaración conjunta con la Fundación Volkswagen en la que se opina acerca de cuestiones urgentes que se deben abordar (IACGB 2023).

Una cosa está clara: en los últimos cinco años se ha producido un rápido crecimiento y reestructuración de las estrategias y hojas de ruta de la bioeconomía en todas las regiones del

mundo (Dietz *et al.* 2018, Gardossi *et al.* 2023), así como un aumento significativo en las publicaciones en materia de estrategia y políticas de bioeconomía (Bugge *et al.* 2016, Perea *et al.* 2020, Papadopoulou *et al.* 2022, Dietz *et al.* 2023, Gould *et al.* 2023). Aunque las definiciones de bioeconomía varían en todo el mundo, todas las regiones, naciones, subregiones y organizaciones presentan características comunes, entre ellas aspectos de disponibilidad de recursos de biomasa, innovación científica, aplicaciones biotecnológicas, de construcción y reconstrucción medioambiental e inocuidad de los alimentos. A medida que la bioeconomía se vuelve más universal, los análisis demuestran que su impacto puede ser significativo; por ejemplo, la Unión Europea (UE) volvió a analizar recientemente la magnitud económica de la bioeconomía en Europa (Kuosmanen *et al.* 2020), cuyo valor agregado para la UE-28 en 2015 fue de EUR 1 460 600 millones, equivalente al 11 % del producto interno bruto. Por medio de este nuevo análisis, se confirmó la importancia de la coherencia y el acuerdo en las metodologías y la contabilidad de las subvenciones para comprender el impacto de la creación de una bioeconomía.

Necesidad de una alineación global. En el *Documento final y resumen del presidente de la Reunión de Ministros de Medioambiente y Clima del G20*, celebrada en la India el 28 de julio de 2023, se declaró la necesidad de un futuro basado en la bioeconomía circular y sostenible (*G20 Environment and Climate Ministers' Meeting 2023*, MoEFCC y TERI 2023). En septiembre de 2023 el Grupo de los 77 instó a una mayor adaptación de la ciencia y la tecnología para permitir el cambio (Cubaminrex 2023). Varias agencias de la Organización de las Naciones Unidas ya han acogido actividades de bioeconomía, como la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. (FAO 2021a, 2021b). En el informe de 2022 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) los grupos de trabajo intersectoriales destacaron la necesidad y potencial impacto de una estrategia de bioeconomía como factor crítico para el cambio y la reducción de los impactos climáticos (IPCC 2022).

Los comentarios sobre el camino por seguir son particularmente pertinentes en cuanto a los esfuerzos de desarrollo de la bioeconomía en ALC, incluida la formulación de normas mundiales compartidas para medir los objetivos y logros hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, una mejor base de conocimientos acerca del estado de la biodiversidad, los ecosistemas, las tierras degradadas y la hidrosfera, la necesidad de comprender mejor e incluir los límites ecológicos de la bioeconomía y los recursos biológicos finitos de nuestro planeta, y el reconocimiento de que las iniciativas de bioeconomía requieren una fuerte voz y un foro.

Se consideran que las tendencias tecnológicas que apoyan una bioeconomía global incluyen:

- a. Materiales para la construcción, el embalaje y el transporte (industrias aeronáutica y naviera), entre otros;

- b. Procesos como la producción de componentes químicos basada en la biología sintética y el uso de CO₂ como fuente de carbono;
- c. La fabricación, incluidas las biorrefinerías móviles o modulares y la fermentación de precisión para la producción de proteínas;
- d. La agricultura y los sistemas alimentarios, incluida la silvicultura regenerativa y la agricultura terrestre y oceánica, que producen múltiples materiales aprovechables en términos de salud y seguridad alimentaria, así como bioproductos;
- e. La arquitectura y el diseño urbano, incluidas las ciudades verdes y la agricultura urbana; y
- f. Las tecnologías agrícolas, como medio para aprovechar y gestionar mejor los recursos naturales, los insumos y los diversos tipos de producción.

Otros cambios tecnológicos que están evolucionando y podrían generar las mejores soluciones para la adaptación local incluyen la deslocalización, la cadena de suministro local/fabricación distribuida, el reciclaje, la edición genética de plantas para obtener mayores beneficios para la salud, buenos rendimientos en situaciones de climas adversos o necesidades locales de seguridad alimentaria, la producción celular de alimentos sustitutivos, la supervivencia de las especies, la diversidad genómica y la adopción de la bioenergía, es decir, un cambio muy significativo en los procesos y las prácticas comerciales y económicas en un mundo cada vez más multipolar.

Desafíos a los que se enfrenta una bioeconomía conectada globalmente. Un enfoque local en el cambio climático no es suficiente para aumentar la sostenibilidad global y lograr una mitigación y una adaptación eficaz. En los últimos 15 años los sistemas han sufrido un fuerte deterioro, hasta el punto en que, de los nueve límites planetarios definidos como críticos para la mitigación del cambio climático, ya se han superado seis (Richardson *et al.* 2023, SRC 2023). El Grupo Independiente de Científicos Nombrado por el Secretario General (2023) determinó que el progreso se ha detenido, en parte como consecuencia de una confluencia de crisis: la pandemia provocada por el COVID-19, la creciente inflación, el aumento en el costo de la vida, la angustiosa situación planetaria, medioambiental y económica, los disturbios y conflictos regionales y nacionales y los desastres naturales. Además, destaca las transformaciones necesarias para cumplir todos los objetivos y un marco para llevar a cabo y evaluar los cambios requeridos. Los resultados de una encuesta realizada recientemente entre un gran número de expertos de distintos países, regiones y sectores (Dietz *et al.* 2023) han evidenciado la falta de leyes y reglamentos vinculantes en el plano internacional como un crítico y significativo déficit de gobernanza. El Grupo señaló la necesidad de fijar normas internacionales más estrictas, definió la distribución desigual de las capacidades institucionales entre los distintos países como un problema crucial e indicó que se debe crear una red de interacciones para solucionarlo. Además, indicó que se requiere una mayor cooperación intergubernamental y coordinación internacional para hacer crecer la bioeconomía en todo el mundo.

El crecimiento de las bioeconomías circulares y sostenibles en el ámbito local y global es una forma esencial de reducir el impacto de la humanidad en el planeta; **sin embargo, como se indicó anteriormente, esto supone una conexión y coordinación entre países, regiones y el mundo.** En 2022 el Grupo de Trabajo Transversal III del IPCC (IPCC_AR6_WGIII) destacó el valor de la bioeconomía para mitigar el cambio climático y en el informe de síntesis de 2023 (IPCC 2023) se afirmó que “es fundamental acelerar las acciones conjuntas en todo el mundo y que todos reconozcan la interrelación entre las soluciones”. La elaboración de estrategias y soluciones de bioeconomía ampliamente aplicables pero implementables en el plano local constituye un factor integrador crítico. Este documento de ALC presenta un excelente ejemplo de este tipo de coordinación.

Palabras finales. La velocidad con la que las naciones han experimentado estos cambios durante el último período y, en especial, en este último año indica que se requiere un cambio urgente. Habilitar una bioeconomía (con criterios circulares y sostenibles y métodos de medición consensuados) es una manera de generar el cambio. Las recomendaciones incluidas en el *Informe de situación y perspectivas de la bioeconomía en América Latina y el Caribe* concuerdan con el pensamiento del IACGB, que también recomienda:

- Hacer de la bioeconomía una parte integral del desarrollo sostenible y las estrategias económicas de desarrollo de resiliencia.
- Llevar a cabo la supervisión y el asesoramiento en torno a cómo la bioeconomía puede transformar los sectores de la energía y la construcción, así como las políticas agrícolas y comerciales de los principales actores en las distintas regiones.
- Movilizar a los ciudadanos y las nuevas generaciones para que tomen parte en la bioeconomía y fomentar la participación de los jóvenes en la configuración de las agendas de bioeconomía nacionales, regionales y mundiales.
- Abordar posibles conflictos, como el desafío de los alimentos frente a la energía y la resiliencia de las nuevas cadenas de valor basadas en la bioeconomía contra el predominio de las cadenas de valor de comercio industrial tradicionales.

Como lo indicamos anteriormente, ALC alberga una gran cantidad de recursos de tierra, mar/agua y biomasa. El esfuerzo dirigido a elaborar el Informe de situación y perspectivas de la bioeconomía en América Latina y Caribe constituye un buen ejemplo de provisión de una estructura que permita el cambio y dé forma al futuro de la bioeconomía, a la vez que se reúne a todas las partes en una región global de gran relevancia.

Autor: Chavarría, H. (IICA)

En las últimas décadas, la bioeconomía ha sido entendida 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). Este concepto ha venido ganando consenso como una nueva visión para el desarrollo, ya que ofrece una propuesta de organización económica convergente con los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) y la Agenda 2030. Hoy es evidente que el *business as usual*—representado esencialmente por el modelo económico emergente de la revolución industrial y la consolidación del petróleo como la matriz energética predominante— no es una opción viable para enfrentar las demandas de alimentos y energía de una población global que se espera que continúe creciendo hasta finales de este siglo.

Existe una creciente comprensión de que estamos peligrosamente cerca de los límites globales y que las estrategias de mitigación y adaptación implementadas dentro de los esquemas tradicionales no están generando los resultados esperados, al menos no de la magnitud faltante para alcanzar las metas acordadas para el 2030. Este creciente “consenso de crisis” está movilizandorealizador del mundo la búsqueda de respuestas y, en ese sentido, la bioeconomía, impulsada y fortalecida por una época de avances en la ciencia y la tecnología sin precedentes, ofrece una alternativa sólida y creíble, para al menos 11 de los 17 ODS y para una nueva etapa de innovaciones transformadoras y crecimiento económico sostenible.

ALC no es ajena a estas tendencias globales. Por una parte, dada la riqueza de sus recursos naturales y cómo ha evolucionado su posicionamiento en los mercados globales de alimentos y energías, la región se ha vuelto estratégica para la seguridad alimentaria y ambiental global. Por la otra parte, para la mayoría de países de la región, la agricultura y los sistemas alimentarios son una proporción determinante de sus economías. En este contexto, la bioeconomía es tanto una oportunidad como una necesidad: una oportunidad, porque cada vez es más evidente que la dificultad para alcanzar los ODS dentro de los plazos establecidos sin que ALC se asegure una trayectoria productiva convergente con estos, dado su posicionamiento global y sus ventajas comparativas biológicas; una necesidad, porque muchos países transitan por modelos económicos agotados y enfrentan la urgencia de construir nuevas visiones alternativas. La bioeconomía ofrece opciones en ambos sentidos.

Conscientes y convencidos de la necesidad de contar con evidencia sobre la evolución y el potencial de la bioeconomía en ALC, más de 10 organismos internacionales y regionales de cooperación acordaron trabajar juntos en la construcción y lanzamiento de la primera edición del **Informe de situación y perspectivas de la bioeconomía en ALC**. Se espera que sirva como insumo para la sensibilización, el posicionamiento y la toma de decisiones de todos los actores públicos y privados involucrados en las estrategias, políticas y proyectos de la bioeconomía de la región.

Se prevé que este informe tenga una periodicidad bienal. Pretende ser un aporte a la consolidación de la bioeconomía como visión de desarrollo de la región. Es un punto de partida para mejorar los procesos de diseño e implementación de las políticas públicas en los distintos niveles, así como para facilitar el trabajo conjunto entre las instituciones nacionales e internacionales vinculadas con el sector. Para esto, en el informe se analizan los avances recientes de la bioeconomía regional, se identifican los principales desafíos y se presenta una discusión sobre los elementos centrales en la agenda pendiente.

Si bien los conceptos generales de la bioeconomía son los mismos –el aprovechamiento de los recursos, tecnologías y procesos biológicos para la producción sostenible de bienes y servicios para la toda la economía– sus arreglos particulares –énfasis sectoriales, estrategias, gobernanza, etc.– serán diferentes conforme sean diferentes las dotaciones de recursos naturales, los valores culturales, las fortalezas de los sistemas científico-tecnológicos, los marcos institucionales, los recursos empresariales, entre otros elementos. En este sentido, también se espera que este informe contribuya a movilizar la discusión sobre las particularidades de las bioeconomías de ALC y efectuar abordajes o estrategias que permitan un mejor aprovechamiento de estas.

Con el objetivo de respetar las visiones de cada uno de los autores participantes, las instituciones socias acordaron que, en lugar de elaborar un documento con narrativa y abordaje integrado, el informe consistiría en un compendio de artículos ordenados en tres grandes secciones de análisis: a) bioeconomía en América Latina y el Caribe: Definiciones, senderos y potencial para su aprovechamiento; b) estado y perspectivas de los desarrollos de la bioeconomía; c) instrumentos para la movilización de la bioeconomía; y d) capítulo especial sobre bioemprendimientos.

Resumen ejecutivo

La bioeconomía en ALC se ha convertido en un pilar fundamental para el desarrollo económico, social y ambiental de la región. Esta cuenta con resultados concretos que evidencian la contribución de la bioeconomía a la eficiencia y sostenibilidad de los procesos agroalimentarios, el incremento en los ingresos y empleos (sobre todo en los territorios rurales), la diversificación económica, la resiliencia ambiental, la descarbonización y la gestión integral de los recursos naturales.

Este informe fue elaborado en conjunto por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP), Consortium of International Agricultural Research Centers (CGIAR), la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), SURICATA, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Centro Internacional de la Papa (CIP), Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), Iniciativa finanzas para la biodiversidad (BIOFIN), Oregon State University (OSU), The Brigde Biofondry (TBB) y la Red de Líderes en Biotecnología de América Latina (*Allbiotech*). El objetivo de este informe es evidenciar el estado y perspectivas de la bioeconomía en la región y servir como insumo para la toma de decisiones de los formuladores de políticas, académicos, organismos de apoyo y la sociedad civil en general.

Con este resumen ejecutivo se ofrece una visión panorámica de los principales hallazgos y conclusiones derivados del análisis. Se destacan los logros más significativos, así como los desafíos que enfrenta la región en la consolidación de una bioeconomía próspera y sostenible.

En la **sección 1, Bioeconomía en América Latina y el Caribe: Definiciones, senderos y potencial para su aprovechamiento**, se analiza la oportunidad clave que emerge de la bioeconomía en ALC para aprovechar los recursos biológicos de la región de manera sostenible, lo que no solo puede impulsar el crecimiento económico, sino también abordar preocupaciones ambientales. En ese sentido, se señala como el enfoque en la bioeconomía no solo diversificaría la economía, sino que también contribuiría a la sostenibilidad y la descarbonización, abriendo nuevas vías para el desarrollo en la región.

En la **sección 2: Estado y perspectivas de los desarrollos tecnológicos y productivos de la bioeconomía en ALC**, se analizan sucintamente ejemplos de desarrollos productivos y tecnológicos de cada uno de los senderos principales para el aprovechamiento de la bioeconomía en la región. En lo que refiere a la utilización de los recursos de la **biodiversidad**, se hizo énfasis en la región amazónica como foco para el desarrollo socioeconómico y tecnológico en la región. Con el fin de preservarla, se ha contado con el apoyo de la OTCA, la cual

está conformada por Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Surinam. Esta organización ha llevado a cabo múltiples iniciativas, como los proyectos Bioamazonia y Biomaz, con los siguientes fines: caracterizar y cuantificar el potencial bioeconómico de la región amazónica e identificar oportunidades y productos potenciales que permitan un desarrollo socioeconómico para aquellas comunidades que habitan la región y, posteriormente, promover el uso sostenible de estas desde un punto de vista ambiental.

Sobre esta misma línea, se han reconocido las necesidades principales que deben ser atendidas para un mejor aprovechamiento y uso sustentable de la diversidad biológica de la región amazónica. Se ha logrado destacar la necesidad de fortalecer los procesos de investigación y transferencia tecnológica, los mecanismos de promoción de usos sostenibles de la biodiversidad, provenientes del ámbito público y del privado, y la generación de normas y regulaciones que brinden los incentivos necesarios para el desarrollo de esta región. De lo contrario, la Amazonia seguirá experimentando pérdidas de su biodiversidad y podría sufrir transformaciones irreversibles.

Por otro lado, se encuentra la situación de la **intensificación sostenible (IS)**, entendida como el proceso o conjunto de prácticas que permiten incrementar la productividad agropecuaria sin causar un impacto medioambiental negativo. Estas prácticas no incrementan el área de cultivo y tampoco utilizan tierras no arables, que en la actualidad representan un tercio de la superficie terrestre de la región y emite el 50% de los gases de efecto invernadero.

Por ello, la IS desempeña un rol fundamental para enfrentar el cambio y la variabilidad climática. Dadas las ventajas comparativas que presenta la región, es necesario emplear un enfoque participativo territorial que permita identificar soluciones para una acción inclusiva de los grupos vulnerables de las comunidades rurales. Se espera que las comunidades locales tengan un rol activo en el desarrollo y despliegue de las intervenciones para lograr una intensificación sostenible y socioeconómicamente inclusiva y equitativa. Asimismo, es vital que la formulación e implementación de políticas sobre IS tenga un sustento técnico anclado en el conocimiento científico y en la generación de información fehaciente. Por último, no debe ignorarse el gran impacto que tienen las instituciones internacionales y nacionales para promover e impulsar el desarrollo de innovaciones que favorezcan la adopción de técnicas de IS en toda ALC.

Las **biorrefinerías** se definen como las instalaciones que transforman la biomasa en productos aplicables a diversos campos industriales como los alimentos, energías y bioproductos entre otros. Dada la gran disponibilidad de biomasa en la región, tienen un gran potencial que aún no ha sido aprovechado al máximo. Actualmente, la mayoría de las biorrefinerías existentes en ALC utilizan biomasa no residual, es decir, biomasa para ser utilizada específicamente como materia prima, como la caña de azúcar en Brasil, México y Colombia, o el maíz para la producción de

bioetanol y la palma de aceite y de soja para la producción de biodiesel. El panorama es distinto para aquellas biorrefinerías que utilizan biomasa residual –residuos agrícolas, aguas residuales y urbanas y residuos plásticos– para la producción de diferentes productos, aunque son muy pocas las experiencias exitosas de este tipo.

También se encuentran las biorrefinerías que emplean lignocelulosa, que es el material más abundante debido a las plantaciones forestales que existen en ALC. Estas ofrecen un gran potencial que aún no ha sido aprovechado en la región, aunque ya existen experiencias exitosas en el resto del mundo. Para que la red de biorrefinerías de ALC alcance todo su potencial, acorde con la disponibilidad de biomasa que posee, es necesario tomar acciones que impulsen su promoción, entre las que se destacan la necesidad de contar con un inventario y clasificación de las biorrefinerías existentes para difundir y expandir las lecciones aprendidas y contar con un sistema de certificaciones que permitan garantizar la calidad y trazabilidad de la biomasa empleada. Además, se debe generar un valor adicional a los productos finales, de manera que produzcan la menor huella de carbono posible.

En línea con lo anterior, los **biocombustibles** –producidos en biorrefinerías– presentan una alternativa concreta a los combustibles fósiles, ya que favorecen la descarbonización de las economías. Los principales biocombustibles son el bioetanol –sustituto de la gasolina fósil– y el biodiesel –sustituto del diésel fósil– los cuales se producen a partir de caña de azúcar y maíz y de aceite de soja y de palma, respectivamente. La caña de azúcar se utiliza mayoritariamente en Brasil, Colombia y Paraguay mientras que Estados Unidos es el mayor productor de etanol de maíz. Para el biodiésel, en cambio, el aceite de soja es el insumo más utilizado. Argentina y Brasil son los principales productores de la región, mientras que Colombia lo produce a partir del aceite de palma.

La producción y el consumo de los biocombustibles se encuentran en franco ascenso, puesto que se ha multiplicado por ocho en los últimos 20 años. Esto se debe en gran medida a la formulación de políticas públicas que autorizan y promueven su uso como respuesta a los crecientes problemas medioambientales, la necesidad de diversificar la matriz energética e impulsar el desarrollo agrícola y territorial. El principal y más difundido mecanismo utilizado para impulsar el uso de biocombustibles es el “mandato de mezcla obligatoria”, el cual obliga a mezclar los combustibles fósiles con su biocombustible complementario: diésel fósil con biodiesel y nafta con bioetanol. La proporción obligatoria de biocombustible es muy diversa en el mundo y en ALC. Brasil y Paraguay son los países que mayor proporción de bioetanol permiten y, en caso del biodiesel, se destaca una vez más Brasil, al que se le suman Colombia y Argentina.

La **biotecnología y sus aplicaciones** son esenciales para el desarrollo de la bioeconomía y, por consiguiente, para el cumplimiento de las metas de los ODS. Existen diversas técnicas y

aplicaciones biotecnológicas que permiten responder a las amenazas climáticas y a la creciente presión que existe sobre los sistemas agroalimentarios. Este es el caso de los insumos de origen biológico, los cuales se obtienen mediante biotecnologías que replican procesos biológicos conocidos para la generación de biofertilizantes o bioestimulantes. También se encuentran las técnicas de modificación genética y la edición génica (EdGn) que aumentan la eficiencia de los cultivos en el uso de nutrientes o las hacen resistentes a diferentes tipos de estrés o las técnicas de cultivo *in vitro* de células y tejidos que propagan la distribución de materiales élite. Sin embargo, es la EdGn la que presenta un mayor potencial, debido al amplio campo donde puede ser aplicada –desde producciones agrícolas hasta las más diversas ganaderías– y por la magnitud de los impactos que estas pueden generar. Para que los desarrollos biotecnológicos aplicados a las producciones agrícolas ganaderas puedan ser aprovechados en todas sus dimensiones, es necesario construir acuerdos institucionales y marcos regulatorios que acompañen estos desarrollos, de manera que su evolución no se vea ralentizada ni, en el peor de los casos, detenida.

Por último, los **servicios ecosistémicos (SE)** constituyen un amplio espectro de beneficios que el ser humano recibe gracias a la riqueza de la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas. Estos servicios se dividen en funciones culturales, de soporte, aprovisionamiento y regulación. Desempeñan un papel crucial en el desarrollo de una bioeconomía sostenible. En la región de ALC, donde la biodiversidad es excepcionalmente rica y los recursos naturales abundantes, los servicios ecosistémicos adquieren una importancia aún mayor, especialmente cuando se considera la medida por habitante. Sin embargo, la tendencia muestra un deterioro de los ecosistemas y una pérdida de la biodiversidad que influye negativamente en los SE. Diversos estudios dan muestra de estos efectos, los cuales están asociados a la expansión de la frontera agrícola a expensas de áreas ricas en biodiversidad, como sucede en la región amazónica. En este contexto, es fundamental proteger y promover la conservación de los ecosistemas para garantizar el bienestar presente y futuro de las poblaciones y la sostenibilidad de nuestro entorno natural. Para ello las políticas de desarrollo de la región deben alinearse de manera que fomenten las sinergias entre la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad y los recursos naturales y el crecimiento económico, en lugar de impulsar solo una de ellas a costa de la otra. Por lo tanto, se requieren ciertas condiciones básicas que deben ser contempladas por los hacedores de políticas a la hora del diseño e implementación de programas, proyectos y políticas, entre las que se destacan el uso de datos empíricos para su formulación, contar con estrategias financieras robustas e innovadoras, generar sinergias positivas entre las diferentes medidas adoptadas y tener una agenda interinstitucional coordinada, ya que la biodiversidad y los SE son transversales a todos los sectores de la economía de un país.

En la **Sección 3: Instrumentos para movilizar la bioeconomía**. Se exploran las herramientas disponibles para aprovechar la potencialidad de la región y hacer de la bioeconomía un modelo

para el desarrollo sostenible. Aunque pareciera que la situación actual es alentadora, pues incluye grandes dotaciones de recursos naturales, biodiversidad, producción agrícola y ganadera, desarrollos biotecnológicos, se deben generar las condiciones necesarias para que el desarrollo de la bioeconomía alcance todo su potencial y genere beneficios económicos, sociales y ambientales para todos los países de la región.

En primer lugar, se destaca el rol que desempeñan **las políticas públicas y la implementación de estrategias** para la bioeconomía. En los últimos años, la región ha ido ganando protagonismo en los ámbitos de discusión mundial sobre las estrategias y lecciones aprendidas del desarrollo bioeconómico, algo impensado cinco años atrás, lo que ha atraído la atención de los principales organismos de cooperación internacional sobre ALC. Pese a este impulso de la bioeconomía en la región y su inclusión en la agenda política, tan solo dos países tienen estrategias dedicadas a la bioeconomía: Colombia y Costa Rica. Muchos otros se encuentran avanzando en los procesos de formulación de estas estrategias. Otros países han tomado cartas en el asunto y han implementado iniciativas sectoriales enfocadas en la bioeconomía. Este es el caso de Brasil y Argentina. Pese a ello, otros tantos países cuentan con marcos normativos y regulatorios que no se adecúan a las nuevas tecnologías que impulsan el desarrollo bioeconómico, con lo que su crecimiento se ve ralentizado. Para avanzar, es necesario crear espacios para discutir, compartir y cooperar en temas de gestión de políticas y normativas para la bioeconomía, de manera que se puedan sortear los obstáculos que se presentan en la actualidad.

En segundo lugar y en estrecha relación con el punto anterior, **las capacidades en ciencia, tecnología e innovaciones (CTi)** son componentes centrales de la transición hacia el modelo bioeconómico. Las CTi son indispensables para optimizar el uso de los recursos biológicos para responder a las demandas mundiales en constante crecimiento: alimenticias y energéticas, mientras se descarboniza la economía. Pese a la falta de información actualizada al respecto, se puede asegurar que el panorama de las CTi en ALC presenta sus aristas. Algunos países ubicados en el sur de la región han aprovechado tempranamente (finales del siglo pasado) los beneficios productivos que trae la inversión en ciencia y tecnología. Sin embargo, otros, principalmente en la franja tropical, han dejado pasar esta oportunidad debido a la falta de capacidades en CTi y a la ausencia de marcos normativos, servicios de apoyo y financiamiento. Actualmente, la inversión en CTi en la región representa tan solo el 2,3 % de la inversión mundial. Concentra el 8,3 % de la población mundial y el 7,6 % del producto interno bruto (PBI). Esto da claras señales del atraso de los países de la región en el desarrollo de este tema. A esto se suman los bajos niveles de inversión en I+D en muchos países de la región, principalmente los tropicales y andinos, lo cual limita significativamente la posibilidad de desarrollar y aprovechar nuevas tecnologías, como la generación de conocimiento propio. Si bien son muchos los retos futuros que presenta la región en cuestiones de CTi, existen fortalezas sobre las cuales se puede construir una agenda de políticas sobre aquellos países que se encuentran a la vanguardia del

conocimiento en producciones específicas. Así podrían aprovecharse las experiencias aprendidas y determinar la necesidad de iniciativas regionales de CTi que generen y posibiliten la transferencia de conocimiento para lograr un desarrollo bioeconómico integral para toda la región.

Por último, en **la sección 4, capítulo especial: Panorama del bioemprendimiento basado en el aprovechamiento de la bioeconomía en ALC**, se presenta una breve descripción del estado de los bioemprendimientos y del bioemprendedurismo, los cuales son esenciales para el desarrollo y fortalecimiento de la bioeconomía en la región. Los bioemprendimientos aprovechan los recursos biológicos como base para desarrollar nuevos productos y servicios que puedan ser explotados comercialmente. Si bien todos generan valor, los que tienen como base el conocimiento científico-tecnológico-biotecnológico son los más innovadores y muestran con mayor potencial en los ámbitos regional y mundial. Al igual que lo ocurrido con las CTi y en estrecha relación con ellas, la situación de los bioemprendimientos en la región no es homogénea. Se pueden encontrar países con un alto número de bioemprendimientos de carácter innovador (de nuevo la mayoría de ellos en el cono sur de la región), debido a políticas públicas y marcos regulatorios favorables, fuerte inversión en I+D, modelos de transferencia tecnológica y el acceso al financiamiento, entre otras causas. Por ello, las bioeconomías emergentes de la región deben aunar esfuerzos en materia de inversión y desarrollo para que a mediano y a largo plazo se cierre la brecha existente con los países más avanzados y así aprovechar al máximo el potencial bioeconómico que presentan.

De esta manera, el informe proporciona una visión integral sobre la situación actual de la bioeconomía en ALC. Se destaca su rol como motor de desarrollo sostenible en la región. Se enfatiza la necesidad de fomentar la colaboración entre los sectores público y privado para impulsar la innovación y el emprendimiento en el ámbito de la bioeconomía. Asimismo, se identifican áreas clave, donde se requiere mayor inversión y apoyo para promover el crecimiento y la consolidación de la bioeconomía en ALC. Con este análisis, se espera proporcionar una base sólida para la toma de decisiones estratégicas que impulsen el desarrollo económico, social y sostenible en la región.

Referencias bibliográficas

- Bugge, MM; Hansen, T; Klitkou, A. 2016. What is the bioeconomy?: a review of the literature (en línea). *Sustainability* 8(7). Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su8070691>.
- Communiqué Global Bioeconomy Summit 2015: making bioeconomy work for sustainable development (en línea). 2015. Berlín, Alemania. 9 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/10/Communique_final_neu.pdf.
- Cubaminrex (Ministerio de Relaciones Exteriores de Cuba). 2023. Declaración de La Habana sobre “Retos actuales del desarrollo: papel de la ciencia, la tecnología y la innovación” (en línea). Consultado 10 de nov. 2023. La Habana, Cuba. Disponible en <https://misiones.cubaminrex.cu/es/articulo/declaracion-de-la-habana-sobre-retos-actuales-del-desarrollo-papel-de-la-ciencia-la-7>.
- Dietz, T; Börner, J; Förster, JJ; Von Braun, J. 2018. Governance of the bioeconomy: a global comparative study of national bioeconomy strategies (en línea). *Sustainability* 10(9). Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su10093190>.
- Dietz, T; Jovel, KR; Deciancio, M; Boldt, C; Börner, J. 2023. Towards effective national and international governance for a sustainable bioeconomy: a global expert perspective (en línea). *EFB Bioeconomy Journal* 3. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100058>.
- Ecuru, J; MacRae, E; Lang, C. 2022. Bioeconomy: game changer for climate action (en línea). *Nature* 610(7933):630. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1038/d41586-022-03405-0>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2021a. Bioeconomy for a sustainable future (en línea). Roma. 7 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/cb6564en/cb6564en.pdf>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia). 2021b. Marco estratégico para 2022-2031 (en línea). Roma. 42 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://www.fao.org/3/ne577es/ne577es.pdf>.

G20 Environment and Climate Ministers' Meeting: outcome document and chair's summary (en línea). Reunión de Ministros de Medio Ambiente y Clima del G20 (1, 2023, Chennai, India). 31 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en [https://www.g20.org/content/dam/gtwenty/gtwenty_new/document/ECMM%20Outcome%20document%20and%20Chair%20Summary%20\(July%2028\)%20FINAL.pdf](https://www.g20.org/content/dam/gtwenty/gtwenty_new/document/ECMM%20Outcome%20document%20and%20Chair%20Summary%20(July%2028)%20FINAL.pdf).

Gardossi, L; Philp, J; Fava, F; Winickoff, D; D'Aprile, L; Dell'Anno, B; Marvik, OJ; Lenzi, A. 2023. Bioeconomy national strategies in the G20 and OECD countries: sharing experiences and comparing existing policies (en línea). EFB Bioeconomy Journal 3. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100053>.

Gould, H; Kelleher, L; O'Neill, E. 2023. Trends and policy in bioeconomy literature: a bibliometric review (en línea). EFB Bioeconomy Journal 3. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.bioeco.2023.100047>.

Grupo Independiente de Científicos Nombrado por el Secretario General. 2023. Global sustainable development report 2023: times of crisis, times of change: science for accelerating transformations to sustainable development (en línea). Nueva York, Estados Unidos de América, ONU. 191 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en https://sdgs.un.org/sites/default/files/2023-09/FINAL%20GSDR%202023-Digital%20-110923_1.pdf.

IACGB (Consejo Asesor Internacional sobre Bioeconomía Global). 2023. Statement from the Hannover Symposium organized by Volkswagen Foundation and the International Advisory Council for Global Bioeconomy (IACGB): one planet-bioeconomy solutions for global challenges (en línea). International Workshop of the Volkswagen Foundation in cooperation with the IACGB: building the global and local bioeconomies – opportunity for shaping the economic and social transformation and addressing environmental crises (1, 2023, Hannover, Alemania). 6 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en https://www.iacgb.net/lw_resource/datapool/systemfiles/elements/files/0cb0102c-4d6e-11ee-8305-dead53a91d31/current/document/IACGB_Statement_Hannover_August_2023.pdf.

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2019. Programa de Bioeconomía y Desarrollo Productivo. San José, Costa Rica. Consultado 16 de jul. 2023. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/7909>

- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Suiza). 2022. Summary for policymakers (en línea). In Shukla, PR; Skea, J; Slade, R; Al Khourdajie, A; van Diemen, R; McCollum, D; Pathak, M; Some, S; Vyas, P; Fradera, R; Belkacemi, M; Hasija, A; Lisboa, G; Luz, S; Malley, J (eds.). Climate change 2022: mitigation of climate change: contribution of Working Group III to the Sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido, CUP. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1017/9781009157926.001>.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, Suiza). 2023. Summary for policymakers (en línea). In Lee, H; Romero, J (eds.). Climate change 2023: synthesis report: contribution of working groups I, II and III to the Sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Ginebra, Suiza. p. 1-34. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.
- Kuosmanen, T; Kuosmanen, N; El-Meligi, A; Ronzon, T; Gurria, P; Iost, S; M'Barek, R. 2020. How big is the bioeconomy?: reflections from an economic perspective (en línea). Luxemburgo, UE. 45 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d746df29-8508-11ea-bf12-01aa75ed71a1>.
- MoEFCC (Ministerio de Medio Ambiente, Bosques y Cambio Climático, India); TERI. 2023. Encouraging resource efficiency and circular economy (en línea). Nueva Delhi, India. 38 p. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en https://www.g20.org/content/dam/gtwenty/gtwenty_new/document/G20_ECSWG-Knowledge_Exchange_on_Circular_Bioeconomy.pdf.
- Papadopoulou, CI; Loizou, E; Chatzitheodoridis, F. 2022. Priorities in bioeconomy strategies: a systematic literature review (en línea). Energies 15(19). Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en15197258>.
- Parmesan, C; Morecroft, MD; Trisurat, Y. 2022. Climate change 2022: impacts, adaptation and vulnerability: research report (en línea). GIEC. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://hal.science/hal-03774939/document>.
- Perea, L; Gaviria, D; Redondo, M. 2020. Bioeconomía: análisis bibliométrico 2006 a 2019 (en línea). Revista Espacios 41(43):10-28. Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://www.revistaespacios.com/a20v41n43/a20v41n43p02.pdf>.

Richardson, K; Steffen, W; Lucht, W; Bendtsen, J; Cornell, SE; Donges, JF; Drüke, M; Fetzer, I; Bala, G; Von Bloh, W; Feulner, G; Fiedler, S; Gerten, D; Gleeson, T; Hofmann, M; Huiskamp, W; Kummu, M; Mohan, C; Nogués-Bravo, D; Petri, S; Porkka, M; Rahmstorf, S; Schaphoff, S; Thonicke, K; Tobian, A; Virkki, V; Wang-Erlandsson, L; Weber, L; Rockström, J. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries (en línea). Science Advances 9(37). Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adh2458>.

SRC (Centro de Resiliencia de Estocolmo, Suecia). 2023. Planetary boundaries (en línea). Consultado 10 de nov. 2023. Disponible en <https://www.stockholmresilience.org/research/planetary-boundaries.html>.



SECCIÓN 1:

BIOECONOMÍA EN ALC:

DEFINICIONES, SENDEROS Y
POTENCIAL PARA SU APROVECHAMIENTO

SECCIÓN 1: BIOECONOMÍA EN ALC: DEFINICIONES, SENDEROS Y POTENCIAL PARA SU APROVECHAMIENTO

Autores: Chavarría, H. (IICA); Torroba, A. (IICA); Porras-Brenes, C. (IICA); Gamboa, H. (IICA); Rocha, P. (IICA); Blanco, M. (IICA).

1.1 El contexto

Desgaste y agotamiento de los modelos de desarrollo

Luego de la posguerra, los países de América Latina y el Caribe (ALC) han seguido una estrategia de desarrollo centrada en la industrialización, la cual busca emular los modelos exitosos de las naciones avanzadas. Este modelo ha enfrentado desafíos en términos de inversión, producción y tecnología, y ha debido adaptarse a sus mercados, más pequeños y menos competitivos. Además, su dependencia de los combustibles fósiles y materiales inertes le han planteado preocupaciones ambientales (Bisang y Regúnaga 2022).

Estos desafíos han sido muy evidentes desde hace más de 20 años, momento desde el cual muchos de los modelos de crecimiento de ALC vienen mostrando signos de agotamiento y ralentización. Las tasas de crecimiento de la mayoría de las economías cada vez son menores, así de la productividad factores y la inversión.

Además, se habían detenido las reducciones en los indicadores referentes a pobreza, desempleo, inseguridad alimentaria, entre otros. Incluso antes de la pandemia, la región ya mostraba un bajo crecimiento económico: en promedio un 0,3 % en el sexenio 2014-2019 (el menor de los últimos 40 años) y específicamente en el 2019, cuando presentó una tasa de crecimiento del 0,1 % (CEPAL 2020). Por su parte, el desempleo se venía incrementado moderadamente antes de la crisis por la enfermedad del coronavirus (COVID-19). Se estima que el número de desocupados en ALC habría aumentado en alrededor de un millón de personas al 2019, con lo que ascendería a 25,2 millones el total de personas que buscan empleo en la región. De esta manera, en términos absolutos, la desocupación alcanzó un nuevo máximo y sería superada luego con la crisis sanitaria.

Las proyecciones de población, ingresos y urbanización, que presagian un fuerte aumento de la demanda mundial de bienes y servicios, generan desafíos y limitaciones crecientes para el mundo, lo cual se agrava con los crecientes impactos del cambio climático y el deterioro de los recursos naturales. Estamos ante la urgencia de incrementar sustancialmente la producción de alimentos, energías, fibras y piensos en un escenario marcado por mayor degradación y competencia por los recursos naturales. Es obligatorio cumplir con compromisos ambientales internacionales, lo cual exige replantear y efectuar ajustes en el modelo de desarrollo actual, cuya

aplicación se inició con la Revolución Industrial y continuó con el uso intensivo del petróleo y sus derivados a la matriz energética. Además, en la actualidad, se requiere encontrar y promover un desarrollo económico que no solo fomente el incremento en los ingresos y mayores oportunidades en los territorios menos privilegiados, sino que también contribuya con la descarbonización y la sostenibilidad ambiental.

El impacto de las crisis en ALC

En los últimos cinco años, ALC ha estado azotada, de manera consecutiva, por varias crisis sanitarias, humanitarias y económicas, que han impactado fuertemente sus indicadores productivos, económicos y sociales. La confluencia de las crisis ocasionadas por la COVID-19, el conflicto bélico y la acumulación de sus efectos, está golpeando los sistemas alimentarios mundiales con impactos severos sobre la vida de millones de personas.

Por un lado, la pandemia por la COVID-19 fue causante de una de las mayores crisis socio-económicas en tiempos modernos en ALC. La pandemia provocó que el producto interno bruto (PIB) regional se contrajera 7 % en el 2020, la mayor caída de la actividad económica en 120 años y más del triple de la caída de todos los países emergentes y en desarrollo (FMI 2021). Como resultado de la recesión económica, la pobreza y la pobreza extrema se elevaron a niveles que no se habían observado en la región durante los últimos 12 y 20 años, respectivamente. Se estima que en el 2021 el 32 % de la población de ALC se encontraba en situación de pobreza y alcanzaba los 201 millones de personas. Por otro lado, la pobreza extrema alcanzó los 86 millones de personas; es decir, un 13,8 % de la población de ALC (CEPAL 2022). Estrechamente vinculado a los altos niveles de pobreza, 59,7 millones de personas padecieron hambre en el 2020, lo que muestra un aumento de dos puntos porcentuales con respecto al 2019. En otras palabras, en un año se sumaron 13,8 millones de personas (FAO 2022).

Por lo tanto, el aumento en la inseguridad alimentaria moderada o grave aumentó 9 puntos porcentuales y alcanzó 267 millones de personas (Naciones Unidas 2023). A esto se suman los efectos de la pandemia por el COVID-19 mencionados, eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes que siguen afectando las cosechas y la oferta de materias primas y alimentos en el mundo.

A esta situación ya crítica, se le adiciona la crisis derivada de la guerra entre Rusia y Ucrania. Dicha guerra ha tenido impactos significativos en ALC a través de cuatro canales de transmisión: a) el comercio internacional; b) el efecto del aumento en los precios internacionales de productos básicos; c) los efectos de restricciones en la oferta y aumentos en los precios de los fertilizantes; y d) los aumentos en los precios de la energía y la seguridad del abastecimiento energético (IICA 2022 y Naciones Unidas 2023).

1.2 La bioeconomía como modelo de desarrollo productivo

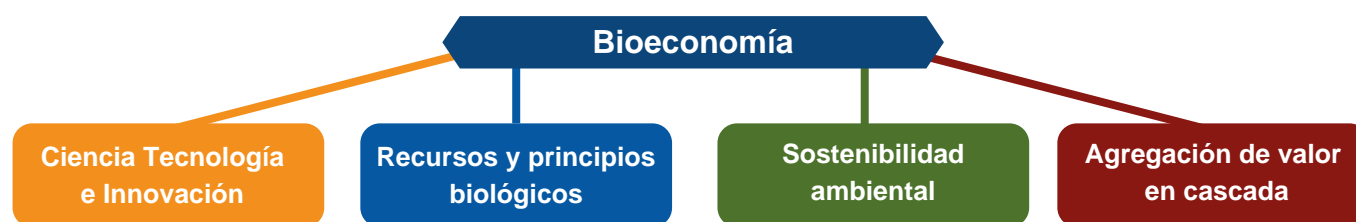
La bioeconomía es un abordaje de desarrollo que se incorporó en la realidad económica global de distintas sociedades y está dirigida inicialmente a capturar los beneficios sociales y económicos derivados de un aprovechamiento más eficiente y sostenible de los recursos y principios biológicos, a través de las oportunidades que ofrece la innovación asociada a las nuevas tecnologías (European Commission 2005). Más recientemente, el abordaje de la bioeconomía ha evolucionado hacia una visión más amplia y ambiciosa del desarrollo, necesaria para lograr los Objetivos para el Desarrollo Sostenible (ODS) al 2030 y fomentar el desarrollo económico y social. Para ello, se deben diseñar estrategias de descarbonización de la economía, indispensables para alcanzar el objetivo de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), de manera que el aumento de la temperatura media del planeta no supere los 1,5 °C para fines de este siglo (IPCC 2013).

La definición de la bioeconomía

La bioeconomía es definida internacionalmente como:

la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluidos los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados con ellos, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible (GBS 2018:02).

Figura 1. Principios de la bioeconomía.



De manera práctica y operativa, podemos decir que la bioeconomía consiste en un abordaje técnico-productivo que parte del aprovechamiento de los nuevos desarrollos técnico científicos, así como de la convergencia entre la biología, la química, las ingenierías, la física, las tecnologías de información y comunicación (TIC), la inteligencia artificial (IA) y otras, para valorizar al máximo la biomasa (agricultura, bosques, ganadería, pesca, residuos y otros) y los principios biológicos (fotosíntesis, fermentación, digestión, pigmentación, etc.) en la producción de nuevos bioproductos y bioservicios destinados no solo a la industria agrícola y alimentaria (como lo ha

hecho ALC históricamente), sino también a otras industrias de alta agregación de valor y crecimientos acelerados en los mercados nacionales e internacionales (como las industrias de la energía, la cosmética, la medicina, la química, la construcción, la moda, el turismo, la remediación, los servicios ambientales, entre otros).

En este abordaje conviven cuatro principios que deben cumplirse simultáneamente y de manera simbiótica: a) los desarrollos tecnológicos y productivos parten de lo biológico (tanto de los recursos como de los principios biológicos); b) hay una utilización intensiva de ciencia, tecnología y conocimientos; c) se agrega valor en cascada; y d) se contribuye con la descarbonización, la sustitución de productos fósiles y la sostenibilidad ambiental, tal y como lo muestra la figura 1.

La bioeconomía y la nueva frontera de Ciencia Tecnología e Innovación (CTI)

Los avances en la biología, la química, la física, las TIC, la ciencia de datos, las ingenierías y más recientemente la inteligencia artificial, nos han permitido comprender y aprovechar mejor las oportunidades que ofrecen los recursos y principios biológicos para la producción de nuevos bienes y servicios en balance con los beneficios ecológicos (Bröring *et al.* 2020). Actualmente existen mayores desarrollos técnico-científicos en cada una de estas ramas, pero también hay una acelerada “convergencia tecnológica” entre ellas que impulsan el desarrollo de cada campo específico y desdibujan los límites tradicionales, no solo entre las ciencias y tecnologías, sino también entre los sectores económicos y de políticas (Yang *et al.* 2023).

Los recientes desarrollos en materia de edición génica y biotecnologías, tecnología satelital, ciencia de datos, robótica e inteligencia artificial han permitido no solo incrementar aceleradamente la eficiencia y sostenibilidad de la producción de biomasa (cultivos, ganadería, pesca, bosques, etc.), sino también aumentar su aprovechamiento (reducción de pérdidas y desperdicios) para agregar valor (en bioproductos y bioservicios destinados a las industrias energéticas, alimenticias, químicas, etc.). Como lo menciona IACGB (2020), los nuevos desarrollos técnico-científicos, así como la convergencia entre ellos, aumenta la eficiencia y la productividad y resalta el valor intrínseco de los procesos naturales y biológicos. Para los próximos años, se espera que el desarrollo y la convergencia entre estas plataformas tecnológicas marquen el futuro de la bioeconomía en la región (figura 2).

Figura 2. Plataformas tecnológicas que marcarán el futuro de la bioeconomía.



El potencial de ALC para el aprovechamiento de la bioeconomía

El nacimiento del concepto de bioeconomía se remonta a la Europa de inicios de la década de los ochenta con Nicholas Georgescu-Roegen (Gowdy y Mesner 1998) y desde ese momento tanto la Unión Europea (UE) como otras regiones del mundo han apostado esfuerzos al fomento de políticas e inversiones para la promoción de la bioeconomía en sus cadenas y territorios. Sin embargo, lo cierto es que ALC es una de las regiones del mundo que tienen mayores potencialidades “innatas” para el aprovechamiento de la bioeconomía como modelo de desarrollo.

La riqueza biológica: ALC alberga el 50 % de la biodiversidad conocida, el 21 % de los ecosistemas terrestres, el 22 % del agua fresca, el 16 % de los recursos de agua marina, el 23 % de los bosques y el 57 % de los bosques primarios. Además, es la región en desarrollo con mayor proporción de tierra disponible apta para incorporarse a la agricultura. Estas condiciones hacen que ALC contabilice ocho de los 17 países más megadiversos del planeta (CEPAL *et al.* 2019).

Las capacidades productivas de su agricultura: ALC es la mayor productora y exportadora de biomasa del mundo. En el 2022, la región participaba con el 18,1 % de las exportaciones mundiales agroalimentarias y era líder en los mercados internacionales de soja (donde participa con el 58,1 % de las exportaciones mundiales), aceite de soja (60 %) y maíz (27,2 %), además de productos tropicales como café, cacao, piña y caña de azúcar. Por otra parte, la agricultura de ALC tiene un papel protagónico en la participación dentro del PIB (7 %) y la generación de empleos (14,5 %) (Trade Data Monitor 2023 y CEPAL *et al.* 2019).

Capacidades regionales instaladas en investigación y desarrollo (I+D) sobre temas prioritarios para la bioeconomía. Aunque en la mayoría de los casos los países de ALC muestran bajos niveles de inversión en materia de I+D y las agendas están enfocadas en temas de poca prospectiva (Echeverría 2023), la situación en la región es diferente. ALC cuenta con

diversas iniciativas regionales que, a través del trabajo conjunto de varios socios, ha mostrado resultados de alto valor y pueden ser el punto de partida para impulsar la I+D de la bioeconomía regional. Destacan los institutos del CGIAR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Instituto de Investigación y Desarrollo Agrícola del Caribe (CARDI), Programas de Cooperación Regional para la Investigación y el Desarrollo (PROCIS), Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura (PROMECAFE), Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO), Cámara Argentina de Biocombustibles (CARBIO), entre varios otros (CEPAL *et al.* 2019).

Potencial de la bioeconomía para la integración regional: El contexto actual abre inéditas oportunidades para que los países de ALC adquieran una posición competitiva y de liderazgo en el abastecimiento de mercados que muestran un creciente dinamismo y mayores exigencias en materia ambiental (Regúnaga y Bisang, 2022). Sobre esta línea, la bioeconomía se presenta como un innovador enfoque que promueve en la región no solo el desarrollo sostenible, sino también la integración económica y comercial. Los países de ALC tienen bases productivas de corte biológico, altas dotaciones de recursos naturales, potencial productivo y capacidades científicas, tecnológicas y empresariales en materia de biotecnología, biocombustibles, intensificación sostenible y servicios sistémicos. Todo esto le sirve de punto de partida para impulsar a la bioeconomía como estrategia compartida para la negociación frente a otros bloques y para la inserción en los mercados locales e internacionales que comienzan a demandar fuertemente bienes y servicios sustentables.

Las contribuciones de la bioeconomía al desarrollo

Como se resume en el cuadro 1, la bioeconomía como paradigma productivo puede contribuir con múltiples de los ODS de la Agenda 2030, gracias a su potencial para fomentar la reindustrialización sostenible a partir de lo biológico, la revitalización de las zonas rurales y la promoción de la sostenibilidad ambiental.

Cuadro 1. Contribuciones potenciales de la bioeconomía a los ODS.

Contribución potencial	ODS que contribuye
Modelos productivos que aprovechan la ciencia y la tecnología para usar de forma sostenible y eficiente los recursos biológicos, a fin de producir sustitutos de los productos petroquímicos (por ejemplo: bioenergía, biofertilizantes o bioplásticos) o de satisfacer las demandas de los nuevos consumidores (verbigracia, alimentos funcionales o biocosméticos).	ODS 2: hambre cero ODS 3: salud y bienestar ODS 7: energía asequible y no contaminante ODS 9: industria, innovación e infraestructura ODS 13: acción por el clima
Uso de prácticas productivas que contribuyen a la sostenibilidad y la resiliencia ambiental, mientras se agrega productividad y eficiencia.	ODS 13: acción por el clima ODS 15: vida de ecosistemas terrestres
Sistemas de producción de economía circular, por medio de la utilización productiva de biomasa de desecho derivada de los procesos de producción y consumo.	ODS 11: ciudades y comunidades sostenibles ODS 12: producción y consumo responsables
Desarrollo de productos, procesos y sistemas, a través de la reproducción de procesos y sistemas observados en la naturaleza.	ODS 9: industria, innovación e infraestructura ODS 14: vida submarina ODS 15: vida de ecosistemas terrestres
Biorremediación para enfrentar problemas de contaminación ambiental (por ejemplo: la recuperación de suelos degradados o contaminados y el tratamiento de aguas para consumo humano y de desecho).	ODS 6: agua limpia y saneamiento ODS 15: vida de ecosistemas terrestres
Incremento en la densidad económica de los territorios rurales, a partir de nuevos procesos de industrialización y el uso local de la biomasa para la generación de bioproductos y bioservicios.	ODS 8: trabajo decente y crecimiento económico

De acuerdo con las contribuciones mostradas en el cuadro 1, se logran determinar las oportunidades que ofrece la bioeconomía al diseño de nuevas estrategias de desarrollo económico y social. Esta busca replantear no solo las relaciones históricas entre diversos sectores tradicionales de la economía, como las de competencia entre la agricultura y la industria manufacturera, sino que también propone nuevas fronteras para el uso de la biomasa y la elaboración de productos para la medicina, la salud humana y animal. También abre un abanico de posibilidades para el desarrollo de cadenas de valor completamente nuevas, que contemplan la agregación de valor a partir de los residuos agrícolas, mediante la aplicación del enfoque de la economía circular.

En cuanto a los sistemas agroalimentarios, las contribuciones de la bioeconomía se resumen en cinco grandes categorías (Trigo *et al.* 2013), como se muestra en la figura 3:

Figura 3. Contribución de la bioeconomía al fortalecimiento y transformación de los sistemas agroalimentarios de las Américas.



Fuente: Trigo *et al.* 2013.

- 1.** Ganancias en eficiencia y sostenibilidad en los procesos de los sistemas alimentarios gracias a la convergencia tecnológica. La convergencia de las ciencias, tecnologías y conocimientos permite aumentar los rendimientos, productividad y sostenibilidad ambiental, tanto en la generación de biomasa, como en los demás procesos de transformación y comercialización de las cadenas de suministro agrícolas y alimentarias. Además de reducir los residuos y desechos, permite que muchos de ellos sean insumos de nuevos procesos productivos.
- 2.** Posibilidad de transformar los territorios rurales para generar ingresos, empleo y desarrollo. La mayoría de las nuevas industrias de bienes y servicios de la bioeconomía deben establecerse en los territorios donde están presentes la biomasa y la biodiversidad. Esto impulsará la diversificación económica, así como la creación de nuevos empleos e ingresos en las zonas

agrícolas y rurales. También fomentará la incorporación de pequeños productores y comunidades locales en las cadenas de valor de la bioeconomía. Además, la mayor disponibilidad local de energía sostenible y accesible fomentará nuevos desarrollos económicos y sociales en los territorios.

3. Mejor aprovechamiento de los recursos de los sistemas alimentarios a través de la agregación de valor en cascada. Gracias al craqueo eficiente e integral de la biomasa (biorrefinerías), la bioeconomía promueve industrias biológicas “multiproducto” que, además de generar bioproductos y bioservicios de mucho mayor valor en los mercados (como la bioenergía, los bioinsumos, los nutraceuticos y otros materiales biológicos para las industrias cosmética, farmacéutica y química), fomentan economías de escala y distribución de costos que incrementan sustancialmente la eficiencia y rentabilidad de todo el sistema.
4. Promoción de un mejoramiento en la nutrición y en la salud. La bioeconomía puede brindar aportes sustanciales para lograr una mejor nutrición, una mejor salud y estilos de vida más saludables, a través de la aplicación de tecnologías de fitomejoramiento convencionales o biotecnología moderna. Estas tecnologías están orientadas a aumentar la cantidad y calidad nutricional de los alimentos, la adopción de cultivos biofortificados que incrementan la disponibilidad de micronutrientes y la generación de nuevas variedades de alimentos que contribuyen con la diversificación de las dietas (sobre todo aquellos que valorizan los rasgos funcionales de la biodiversidad local).
5. Contribución a la sostenibilidad ambiental y la resiliencia climática. La bioeconomía fomenta nuevas industrias biológicas que sustituyen productos de origen fósil (como las bioenergías), promueve un mayor aprovechamiento de los residuos y desechos, promociona prácticas productivas y de transformación más sostenibles (como la agricultura de conservación) y aprovecha las soluciones basadas en la naturaleza para responder de forma multidimensional a los problemas que afectan al ser humano y al medio ambiente.

La bioeconomía y sus senderos

Así como no existe una sola definición o abordaje de bioeconomía, tampoco hay una única forma de implementarla o aprovecharla. Cada país, territorio o cadena implementa la bioeconomía de acuerdo con sus objetivos de desarrollo y sus recursos y principios biológicos, capacidades técnico-científicas, posibilidades industriales, demandas de los mercados, entre otros.

Por tanto, todos los países aprovecharán la bioeconomía de forma diferente. En algunos casos dicho aprovechamiento se realizará a partir de modelos productivo-comerciales que utilizan las tecnologías de punta intensivamente para manejar los recursos y principios biológicos (por ejemplo: las biofactorías que usan cultivos o animales genéticamente modificados para producir

nuevos productos, biorrefinerías que utilizan biomasa para la producción de bioenergías y biomateriales o la biosanidad que modifica los modelos sanitarios pre-existentes o los servicios bioeconómicos). En otros casos, podría basarse 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 sus fincas para ofrecer servicios de ecoturismo o las industrias agrícolas y pecuarias que aprovechan sus residuos y desechos para la generación de bioenergías para autoconsumo, bioinsumos, productos alimenticios, entre muchas otras posibilidades.

No existe, entonces, un sendero único para aprovechar la bioeconomía. La ruta dependerá de los factores con que cuentan las cadenas y los territorios: base de recursos biológicos, tejido empresarial, estructura productivo-comercial, infraestructura-logística, capacidades técnico-científicas, tamaño del mercado y otros. También dependerá del uso que los agentes hagan de ellos (aprovechamiento de residuos/desperdicios, brechas de productividad, uso de recursos fósiles y posibilidad de sustituirlos, estado actual de las tecnologías en uso, aprovechamiento de la biodiversidad, entre otros).

Para que la bioeconomía pueda posicionarse como un modelo de desarrollo productivo, las diferentes formas de aprovechamiento de “lo biológico” deben generar complementariedades y sinergias. El aseguramiento de convergencia tecnológica y el craqueo integral de la biomasa posibilita que la bioeconomía pueda lograr las transformaciones económicas, sociales y ambientales que se requieren.

Para facilitar el entendimiento y ordenamiento de cómo la bioeconomía se puede aprovechar y operativizar en el terreno, desde el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) hemos categorizado las prácticas bioeconómicas en seis grandes senderos que se presentan a continuación. Esta es solo una abstracción que nos ayuda comprender los conceptos y las formas de implementación.

1. Bioprácticas y bioprocesos para el incremento de la eficiencia y ecointensificación.

Este sendero de la bioeconomía busca incrementar la eficiencia y sostenibilidad ambiental en el aprovechamiento de los recursos y principios biológicos en todos los eslabones y procesos de las cadenas agroindustriales de valor (desde la producción hasta la disposición final). En relación con la producción y más específicamente la generación de biomasa, busca incorporar prácticas agronómicas dirigidas a mejorar el desempeño ambiental de las actividades agrícolas (cultivos, pecuarios, forestales, pesca, entre otros) sin sacrificar los niveles existentes de productividad. Es decir, se espera alcanzar el equilibrio de beneficios agrícolas, ambientales, económicos y sociales, con el fin de lograr un uso eficiente de los recursos energéticos y reducir el uso de combustibles fósiles, pesticidas y otros contaminantes. En los

procesos de transformación, industrialización, comercialización y consumo, este sendero busca aumentar la cantidad y el valor de la producción agroindustrial como resultado del aprovechamiento de residuos o desechos, de la eficiencia en el consumo de agua y energía, de la reducción del desperdicio y del desarrollo de vínculos de mercado para productos y servicios innovadores de base biológica.

2. Aplicaciones y productos de la biotecnología. La biotecnología incorpora todos aquellos productos o procesos que utilizan sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para crear o modificar productos o procesos con usos específicos (CBD 1992). Sus aplicaciones en los sectores agrícola, pecuario, médico, farmacéutico, industrial y ambiental convierten a la biotecnología en un sendero insustituible de la bioeconomía y en una disciplina clave para la consecución de varios de los ODS 2030. Las técnicas biotecnológicas son múltiples, desde aquellas generadas hace miles de años, que son fundamento de diversas industrias (agrícolas, pecuarias, alimenticias, de bioinsumos y otras), hasta tecnologías de punta que pueden hacer uso de genes. Estos son los elementos fundamentales de la vida como la conocemos sobre el planeta y con ellos se pueden utilizar innumerables aplicaciones. Sin embargo, aunque son notables los avances biotecnológicos, la desinformación asociada con la biotecnología es contrastante y preocupante. Por tal razón, actividades de comunicación y de construcción de capacidades son de gran relevancia para la consolidación de este sendero de la bioeconomía.

3. Bioproductos y bioservicios derivados de la biodiversidad local. Los desarrollos recientes en TIC, así como las crecientes demandas de los mercados internacionales por nuevos productos alimenticios, cosméticos, nutraceuticos y recreacionales, han abierto grandes oportunidades para la identificación, mapeo y aprovechamiento sostenible de la riqueza biológica de ALC. A través de este sendero de la bioeconomía, se busca descubrir rasgos funcionales de la biodiversidad relacionados con nuevos usos y aprovechamientos, para posteriormente desarrollar bioproductos y bioservicios. Estos desarrollos de la bioeconomía requieren de la incorporación de innovaciones técnico-científicas que respondan a las realidades y necesidades locales, así como de nuevas agregaciones de valor, desarrollo de mercados diferenciados y otros. Este sendero de la bioeconomía es de especial importancia para los países de Mesoamérica y Amazonas, donde la amplia riqueza biológica no se ha traducido hasta el momento en mayores oportunidades de desarrollo socioeconómico y ambiental para las poblaciones locales. Como lo menciona BID (2023), aproximadamente el 40 % de los habitantes de la Amazonia viven en la pobreza, debido a los modelos de desarrollo económico y tecnologías actuales que no se adaptan bien a la realidad de la región.

4. Biocombustibles y derivados. Los biocombustibles son combustibles de origen biológico que permiten complementar y sustituir aquellos de origen fósil. Se encuentran en estado sólido, líquido y gaseoso con diferentes niveles de transformación respecto de la materia prima utilizada y tienen distintos tipos de uso. Los biocombustibles líquidos son los más desarrollados y se utilizan principalmente para descarbonizar el transporte terrestre (biodiesel y bioetanol). También emergen fuertemente combustibles de origen biológicos destinados a la aviación (Torroba 2023) y la navegación. Este sendero de la bioeconomía suele estar apoyado por políticas públicas que promueven su uso por tres tipos de fundamentos: a) aspectos medioambientales (reducción de GEI) y calidad del aire; b) desarrollo agrícola (agregado de valor, diversificación productiva, generación de empleos, entre otros); y c) diversificación-seguridad energética (Torroba 2022). La fabricación de biocombustibles líquidos se da a través de procesos productivos donde, de forma asociada, se produce una cesta de productos energéticos y no energéticos. Además de la producción de biodiesel, bioetanol y otros tipos de biocombustibles, se puede producir conjuntamente bioelectricidad, biogás, bioabono, granos destilados de alto contenido proteico, aceites, recuperación de CO₂ biogénico, glicerina y otros. Esta producción de biocombustibles posibilita la utilización de residuos como materia prima, lo cual incrementa la agregación de valor de la biomasa y ayuda a resolver pasivos ambientales de costos por tratamiento (por ejemplo: aceites vegetales usados para la producción de biodiesel y desechos orgánicos urbanos y agrícolas para producir biogás).

5. Biorrefinerías no energéticas (bioinsumos y bioproductos). Este sendero de la bioeconomía tiene relación con el aprovechamiento integral de la biomasa¹ para la producción de múltiples productos industriales con aplicaciones en diferentes sectores económicos, menos los energéticos señalados en el sendero anterior. Una biorrefinería se define como un sistema integrado y sostenible de procesamiento de la biomasa, que utiliza una amplia variedad de tecnologías y procesos (químicos, físicos y biológicos y otros) para convertir la biomasa en un espectro de productos y subproductos (de naturaleza energética y no energética) comercializables de valor añadido (López et al. 2020; Castro y Romero 2022; IEA 2012). Las biorrefinerías se caracterizan porque emplean fuentes renovables, en contraposición con las biorrefinerías petroquímicas convencionales que usan recursos de origen fósil no renovable (Celiktaş et al. 2019). Es así como las biorrefinerías se consideran como una importante oportunidad para el desarrollo de la bioeconomía y una estrategia clave

¹ La biomasa es todo material de origen biológico que está presente tanto en cultivos energéticos, como en residuos agrícolas y forestales, en estiércol o en biomasa microbiana, pero excluye del concepto a la biomasa que se encuentra en los depósitos fósiles (FAO 2011 y Demirbas 2001). La biomasa puede provenir de cuatro fuentes principales: a) vegetal (resultante de la actividad fotosintética sobre los vegetales); b) animal (proveniente de las cadenas biológicas de los diferentes seres vivos que se nutren de la biomasa vegetal); c) residual (subproducto de las diversas actividades agrícolas, ganaderas, animales, forestales, industriales e incluso de residuos de zonas urbanas); y d) cultivos energéticos (proviene de cultivos como oleaginosas, poáceas y herbáceos que se destinan principalmente a la obtención de biocombustibles) (FAO 2011).

en la búsqueda de alternativas sostenibles a los combustibles fósiles y la reducción de la dependencia de los recursos no renovables. Además, las biorrefinerías pueden abordar desafíos ambientales, como la reducción de emisiones de GEI y la gestión de residuos, e impulsan el desarrollo económico basado en recursos renovables (Culaba *et al.* 2023).

6. Servicios ecosistémicos. Son aquellos beneficios que la biodiversidad y los ecosistemas aportan a la sociedad, mejoran la salud, la economía, la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las personas. Se pueden categorizar en cuatro tipos de servicios, según el beneficio que ofrezcan: a) servicios de aprovisionamiento, que se refieren a la provisión de bienes como la madera, el agua o los alimentos; b) servicios de regulación, que ayudan a reducir ciertos impactos locales y globales por ejemplo: regulación del clima y del ciclo del agua, control de la erosión del suelo, polinización, entre otros; c) servicios culturales, los cuales se refieren a los beneficios para el disfrute del tiempo libre, el ocio o aspectos más generales de la cultura; y d) servicios de soporte, como la biodiversidad y los procesos naturales del ecosistema que son la base para el funcionamiento de los anteriores. Como lo menciona IPBES (2018), este sendero de la bioeconomía ha evolucionado en el tiempo y más recientemente se conoce como “contribuciones de la naturaleza a las personas”; estas contribuciones pueden ser positivas o negativas. Este es un sendero especial para ALC, como lo menciona IICA *et al.* (2023):

La región contiene el 40 % de la capacidad de los ecosistemas mundiales para producir materiales para el consumo humano y para asimilación de los subproductos derivados de dicho consumo, aun cuando apenas el 13 % de la población humana mundial vive en ALC. Esto se traduce en tres veces más recursos per cápita provenientes de los ecosistemas que los que están disponibles para un ciudadano global promedio (IICA *et al.* 2023: 105).

Cuadro 2. Prácticas de la bioeconomía por sendero.

Senderos de la bioeconomía	Prácticas de la bioeconomía por sendero
<p>Bioprácticas y bioprocesos para el incremento de la eficiencia y ecointensificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prácticas agrícolas más eficientes en el uso y la aplicación de insumos químicos y para la contribución a salud de los suelos (cero labranzas, agricultura de conservación y otros). • Prácticas para el manejo integrado de plagas y nutrientes. • Uso de tecnologías limpias en procesos agroindustriales (aguas, desechos y otros). • Prácticas para reducir las pérdidas y desperdicios en todos los eslabones de la cadena (almacenamiento bajo condiciones atmosféricas controladas, uso de películas protectoras y materiales de embalaje, industrialización de subproductos). • Optimización del uso de agua y energía en los procesos agroindustriales.

<p>Aplicaciones y productos de biotecnología</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Biotecnología vegetal (cultivo <i>in vitro</i> de células y tejidos a diferentes escalas, selección asistida por marcadores moleculares, modificación genética mediante transgénesis o edición génica y demás herramientas de la ingeniería genética que contribuyen a la producción de nuevas variedades de plantas con mayor rapidez que antes, con características nutricionales mejoradas, tolerancia a condiciones adversas y resistentes a plagas y a herbicidas específicos). ● Biotecnología animal (fecundación <i>in vitro</i>, clonación, selección asistida y modificación genética para diagnóstico de enfermedades, desarrollo y producción de vacunas, terapia genética, identidad molecular y otros). ● Aplicaciones biotecnológicas en salud humana aparte de su aporte en medicina (vacunas, terapia génica), generación de alimentos funcionales: nutraceuticos, suplementos alimentarios, alimentos diseñados, farmalimentos, alimentos enriquecidos, medicalimentos, vitaminalimentos y otros). ● Biotecnología ambiental (biorremediación, manejo de residuos, biolixiviación, diagnóstico y detección de sustancias, entre otros). ● Aplicaciones industriales (identificación y uso de microorganismos y enzimas en diversos procesos industriales, biorreactores, biomateriales). ● Desarrollo y consolidación de la bioinformática.
<p>Bioproductos y bioservicios derivados de la biodiversidad local</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Descubrimiento y domesticación de biodiversidad local (genética de especies y ecosistemas). ● Transformación de biodiversidad local en productos de alto valor agregado, por ejemplo: super alimentos, complementos alimentarios, nutraceuticos, biocosméticos y otros. ● Apertura y aprovechamiento de nichos de mercados para productos de alta demanda nacional e internacional (asaí, morete, castaña del Brasil, aguaje, camu, palmeras amazónicas paiche, raya, aceites, resinas y otros). ● Extracción de microorganismos y principios activos para la generación de bioinsumos, medicinas y otros. ● Ecoturismo científico y bioturismo.
<p>Biocombustibles y derivados</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Biocombustibles: bioetanol, biodiésel, biocombustibles sostenibles de aviación, biocombustibles marítimos, biogás, biocombustibles sólidos, entre otros. ● Coproductos derivados: granos destilados, aceites, glicerinas, recuperación de CO₂, bioelectricidad, otras bioenergías, productos alimenticios, oleoquímicos y alcohóquímicos.

<p>Biorrefinerías no energéticas (bioinsumos y bioproductos)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Productos químicos biobasados: antioxidantes, colorantes, conservadores, entre otros, para las industrias química, farmacéutica, de alimentos y de cosméticos. • Biomateriales: bioplásticos, fibras naturales y biobasadas para la industria textil, del cuero y embalaje. Resinas y aditivos para la industria de la construcción. • Productos para alimentación humana y animal (proteínas vegetales, fibra dietética, aceites esenciales y otros componentes nutricionales utilizados en la industria alimentaria y de piensos). • Bioinsumos: bioestimulantes, biorreguladores, microorganismos benéficos, acondicionadores biológicos de suelo, extractos vegetales, promotores de crecimiento, biocontroladores, bioplaguicidas, solubilizadores de fosfatos, fitoreguladores, otros.
<p>Servicios ecosistémicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Servicios de apoyo (ciclo de los nutrientes, polinización, simbiosis, mantenimiento de diversidad genética y otros). • Servicios de aprovisionamiento (materia prima para construcción, recursos genéticos, biofármacos, alimentos funcionales, biocosméticos, entre otros). • Servicios de regulación (climática, de enfermedades, hídrica, de purificación del agua, precios sombra, créditos de carbono, tratamiento de aguas residuales y otros). • Servicios culturales (recreación, agrobiourismo, inspiración, educación y otros).

Referencias bibliográficas

- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2023. Hablemos de sostenibilidad y cambio climático (en línea). Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/biodiversidad-desarrollo-e-inclusion-en-la-amazonia/>
- Bisang, R; Regúnaga, M. 2022. La bioeconomía como estrategia para fortalecer la integración del Mercosur (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21344/BCO22118631e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Bröring, S; Laibach, N; Wustmans, M. 2020. Innovation types in the bioeconomy (en línea). Journal of Cleaner Production 43(266):1-14. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121939>.
- Castro, E; Romero, I. 2022. Biorefinery Based on Waste Biomass (en línea). Energies 15(1):15-54. Consultado 16 jun. de 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3390/en15010054>.
- Celiktas, M; Uyan, M; Alptekin, M. 2019. Biorefinery concept: Current status and future prospects in International Conference on Engineering Technologies. Conference 12, 2017, Konya Turquía.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2020. América Latina y el Caribe tendrá crecimiento positivo en 2021, pero no alcanzará para recuperar los niveles de actividad económica pre-pandemia (en línea). Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.cepal.org/es/comunicados/america-latina-caribe-tendra-crecimiento-positivo-2021-pero-alcanzara-recuperar-niveles>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2022. Panorama social de América Latina y el Caribe 2022: La transformación de la educación como base para el desarrollo sostenible (en línea). Santiago, Chile, CEPAL. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/48518>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura); IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2019. La bioeconomía: potenciando el desarrollo sostenible de la agricultura y los territorios rurales en ALC (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/12380/BVE20107947e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chavarría, H; Trigo, E; Villareal, F; Elverdín, P; Piñeiro, V. 2020. Policy Brief Bioeconomy: A Sustainable Development Strategy (en línea). Arabia Saudí. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en https://t20saudiarabia.org.sa/en/briefs/Documents/T20_TF10_PB13.pdf.

Congressional Research Service. 2022. The U.S. Bioeconomy: An Overview of Federal Activities (en línea). EE.UU. Consultado 12 jun. 2023. Disponible en <https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R46808>.

CBD (Convenio sobre la Diversidad Biológica). 1992. Viviendo en armonía con la naturaleza (en línea). Organización de las Naciones Unidas. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.cbd.int/undb/media/factsheets/undb-factsheets-es-web.pdf>.

Culaba, A; Philip Mayol, A; San Juan, J; Ubando, A; Bandala, A; Concepcion II, R; Alipio, M; Chen, W; Loke Show, P; Chang, J. 2023. Design of biorefineries towards carbon neutrality: A critical review. *Bioresource Technology* (369):1-32.

Echeverría, R. 2023. Perspectivas sobre el financiamiento a la innovación, ciencia y tecnología agroalimentaria en América Latina y el Caribe. *Diálogo regional sobre innovación, ciencia y tecnología en los sistemas agroalimentarios en América Latina y el Caribe*. San José, Costa Rica.

European Commission. 2005. New perspectives on the knowledge based bio-economy: conference report. Transforming life sciences knowledge into new, sustainable, eco-efficient and competitive products (en línea). Bruselas, Bélgica. EC. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en http://edz.bib.uni-mannheim.de/daten/edz-bra/gdre/05/kbbe_conferencereport.pdf.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2022. Las tasas de pobreza en América Latina se mantienen en el 2022 por encima de los niveles prepandemia, alerta la CEPAL (en línea). Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.cepal.org/es/comunicados/tasas-pobreza-america-latina-se-mantienen-2022-encima-niveles-prepandemia-alerta-la>.

FMI (Fondo Monetario Internacional). 2021. La economía mundial se está afianzando, pero con recuperaciones divergentes en medio de aguda incertidumbre (en línea). Washington, EE.UU., FMI. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.imf.org/es/Publications/WEO/Issues/2021/03/23/world-economic-outlook-april-2021>.

- GBS (Global Bioeconomy Summit). 2018. Global Bioeconomy Summit Conference Report: Innovation in the Global Bioeconomy for Sustainable and Inclusive Transformation and Wellbeing (en línea). Berlin, Alemania, Federal Ministry of Education and Research. 76 p. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/10/Communique%CC%81GBS2018_final_Spanish.pdf
- Global Solutions Initiative Foundation gGmbH. 2023. Policy Briefs Search. Global Solutions Initiative, Global Solutions Summit (en línea). Berlin, Germany, GBS. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.global-solutions-initiative.org/policy-briefs-search/>.
- Gobierno de Colombia. 2020. Bioeconomía para una Colombia potencia viva y diversa: Hacia una sociedad impulsada por el conocimiento. (en línea). Bogotá, Colombia. 48 p. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/bioeconomia_para_un_crecimiento_sostenible-qm_print.pdf
- Gobierno de Ecuador. 2020. Ecuador promueve la bioeconomía como una estrategia para el desarrollo sostenible (en línea). Ecuador. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-promueve-la-bioeconomia-como-una-estrategia-para-el-desarrollo-sostenible/>
- Government of Canada. 2019. Bioeconomy Strategy: Driving Canada's Sustainable Future (en línea). Canadá. 68 p. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.canada.ca/content/dam/canada/earth-sciences/documents/canada-bioeconomy-strategy.pdf>
- Government of Canada. 2023. Canadian Agricultural Partnership (en línea). Canadá. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://agriculture.canada.ca/en/departement/initiatives/canadian-agricultural-partnership>.
- Gowdy, J; Mesner, S. 1998. The Evolution of Georgescu-Roegen's Bioeconomics. Review of Social Economy 56(2);136–156. Consultado 16 jun. de 2023. Disponible en <http://www.jstor.org/stable/29769942>.
- IEA (International Energy Agency). 2012. Key world energy statistics (en línea). París, Francia, OECD/IEA. 7 p. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <http://www.iea.org>.

- IICA (Instituto Internacional de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2022. Plan de Mediano Plazo (PMP) para el período 2022-2026 (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20969/BVE22098277e.pdf?sequence=5&isAllowed=y>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica); BID (Banco Interamericano de Desarrollo); AgMIP (Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project); BIOFIN (Iniciativa finanzas para la biodiversidad); CGIAR (Consultative Group for International Agricultural Research); ACTO (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica); Coalición de Economía Circular; Suricata, Albiotech; iGEM (International Genetically Engineered Machine). 2023. Informe sobre el estado y perspectivas de la bioeconomía en América Latina y el Caribe. (en edición). San José, Costa Rica.
- IPBES (Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas, 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 período de sesiones (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en https://www.ipbes.net/system/tdf/ipbes_6_15_add.2_spm_americas_spanish.pdf?file=1&type=node&id=28521.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis (en línea). Cambridge, Reino Unido y Nueva York, EE. UU., Cambridge University Press. 1535 p. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>
- López Neila, JC; García Acedos, M; Ruiz Fuertes, B. 2020. Biorrefinerías: El futuro para la transición hacia la (bio) economía circular. Industria química, bioenergía. España. 51 p.
- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2019. Bioeconomia Brasil – Sociobiodiversidade (en línea). Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-121-de-18-de-junho-de-2019-164325642>.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones. 2020. Estrategia Nacional Bioeconomía, Costa Rica 2020 - 2030 (en línea). San José, Costa Rica. 85 p. Consultado 16 jun. 2023. Disponible en https://www.conagebio.go.cr/sites/default/files/2022-11/Estrategia%20Nacional%20Bioeconomia%CC%81a%20CR_0.pdf.

- Naciones Unidas. 2023. Los ODS en América Latina y el Caribe: Centro de gestión del conocimiento estadístico (en línea). Consultado 16 jun. 2023. Disponible en https://agenda2030lac.org/estadisticas/banco-datos-regional-seguimiento-ods.html?indicador_id=4081&lang=es.
- Presidencia Argentina. 2023. Ministerio de economía, subsecretaría de alimentos, bioeconomía y desarrollo regional. Disposición 11/2023. Rosario, Argentina. 5 p.
- Torroba, A. 2023. Descarbonizando los cielos: biocombustibles sostenibles de aviación (en línea). Consultado 16 jun. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21441>.
- Trade Data Monitor. 2023. Welcome to Trade Data Monitor (en línea, sitio web). Consultado 14 jun. 2023. Disponible en <https://www.tradedatamonitor.com/>.
- Trigo, EJ; Henry, G; Sanders, J; Schurr, U; Ingelbrecht, I; Revel, C; Santana, C; Rocha, P. 2013. Towards bioeconomy development in Latin America and the Caribbean (en línea). Cali, Colombia, ALCUE-KBBE. Consultado 14 jun. 2023. Disponible en https://agritrop.cirad.fr/567934/1/document_567934.pdf. (Bioeconomy Working Paper No. 2013-01).
- Yang, Y; Tan, X; Shi, Y; Deng, J. 2023. What are the core concerns of policy analysis? A multidisciplinary investigation based on in-depth bibliometric analysis. *Humanit Soc Sci Commun* 10 (190): 45-72. Consultado 14 jun. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01703-0>.



SECCIÓN 2:

ESTADO Y PERSPECTIVAS DE LOS
DESARROLLOS TECNOLÓGICOS Y
PRODUCTIVOS DE LA BIOECONOMÍA
EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

SECCIÓN 2: ESTADO Y PERSPECTIVAS DE LOS DESARROLLOS TECNOLÓGICOS Y PRODUCTIVOS DE LA BIOECONOMÍA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

De acuerdo con las ideas inicialmente planteadas en el Proyecto: Hacia el desarrollo de la Bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa (ALCUE-KBBE), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) propuso una clasificación de seis senderos principales para el aprovechamiento de la bioeconomía: a) utilización de los recursos de la biodiversidad, que se dirijan a un mayor aprovechamiento de la inmensa riqueza en biodiversidad que posee la región; b) eco-intensificación (o intensificación sostenible), que abarca un conjunto diverso de prácticas dirigidas a un mayor aprovechamiento de nuevos conocimientos para resignificar los equilibrios entre producción-productividad y sostenibilidad, en función de los objetivos ambientales y de conservación de recursos; c) desarrollo de las biorrefinerías como base de la bioindustria y la producción de bioenergías y biomateriales sustitutivos de los recursos fósiles; d) aplicaciones biotecnológicas derivadas de los avances en la biología y ciencias asociadas, las cuales se enfocan en el aprovechamiento de las oportunidades y se asocian con nuevas tecnologías, productos y procesos aplicables en los distintos sectores de la economía, la salud humana y animal y el ambiente; e) la mayor eficiencia en las cadenas de valor, con el objetivo de optimizar el uso de recursos y minimizar su impacto ambiental; y f) el desarrollo de los servicios ecosistémicos, cuyo objetivo es optimizar sus potenciales contribuciones a un crecimiento económico sostenible y el desarrollo cultural.

En esta sección, se presenta un breve repaso sobre cada uno de estos senderos, que en su conjunto constituyen un resumen de la bioeconomía regional. En términos generales, en los artículos siguientes se discute sobre los recientes desarrollos tecnológicos y productivos de la bioeconomía que se efectúan actualmente en los diferentes países de América Latina y el Caribe (ALC). En algunos casos se analizan las perspectivas de corto y mediano plazo para la región sobre el tema.

Aprovechamiento sostenible de la biodiversidad en la Región Amazónica como factor relevante para el desarrollo socioeconómico, tecnológico e innovación

2.1

Autores: Moreira, A. (Secretaría Permanente de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (SP/OTCA)); Salinas, C. (SP/OTCA); Colomo, C. (SP/OTCA); Méndez Ruiz-Tagle, N. (SP/OTCA); Ruffino, M.L. (Proyecto Bioamazonia); Guerrero, C. (Proyecto Biomaz OTCA) Guadalupe, V.

Introducción

El carácter estratégico de la Región Amazónica está dado por sus características naturales y sociales intrínsecas. Fueron muchos los factores que a lo largo de millones de años dieron lugar a esta región, la cual está compuesta por una variedad altitudinal (desde la transición andino-amazónica, las planicies de inundación hasta el área de influencia de la desembocadura del río Amazonas en el océano Atlántico, y ecosistémica (dulceacuícolas, que albergan organismos vivos, terrestres y estuarino).

Inigualable en términos de biodiversidad y en su dotación de recursos naturales no renovables, concentra más de la mitad de los bosques tropicales del mundo y es fuente esencial de recursos hídricos. Cuenta con una diversidad cultural y conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas y comunidades locales que continúan sorprendiendo. Sin embargo, una buena parte de la población, en especial aquella asentada en el bosque, vive en condiciones de pobreza o de pobreza extrema.

Por ser un bioma de amplias y complejas interconexiones, la región requiere de un modelo de gestión y desarrollo que comprenda que la mayor riqueza que tiene la Amazonía es el bosque en pie, que permite el uso de su enorme potencial biodiverso, la preservación del ciclo hidrológico que ocurre en ella y el resguardo de los saberes ancestrales y de los pueblos indígenas.

Para ello se necesita tecnología, innovación, ciencia, investigación aplicada, mayores capacidades y recursos financieros volcados a la biodiversidad amazónica, que permitan generar recursos a partir de una producción e industrialización sustentable de los productos amazónicos y que también agreguen valor económico, social y ambiental a las iniciativas de la pequeña y mediana empresa de los emprendedores de las comunidades y ciudades amazónicas. Aplicar modelos fuera de la realidad amazónica no adaptados a ella solo acentuará la actual dualidad de riqueza-pobreza, a pesar de la gran cantidad y variedad de recursos naturales y culturales y su enorme potencial socioeconómico.

Recuadro 1. Declaración Presidencial con ocasión de la Cumbre Amazónica –IV Reunión de Presidentes de los Estados Parte en el Tratado de Cooperación Amazónica

La Cumbre de Presidentes (agosto de 2023, Belém do Para, Brasil) de los ocho países amazónicos: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela relevó el “avanzar en una nueva agenda común de cooperación en la Amazonía que sea implementada bajo el objetivo del desarrollo sostenible; de la conservación y uso sostenible de la biodiversidad de los bosques y del agua; la acción urgente para evitar el punto de no retorno en la Amazonía; el combate a la deforestación y a los ilícitos en la región; el desarrollo económico con inclusión social y generación de ingresos y empleo, a partir de mecanismos de participación social, en particular de los pueblos indígenas y de las comunidades locales y tradicionales; y el fortalecimiento de la OTCA” (numeral 1).

En dicha Cumbre, la Economía para el desarrollo sostenible (numerales 71 al 83) destacó dos elementos esenciales:

- (i) promover la innovación de tecnologías para la sostenibilidad, en las cadenas productivas por intermedio de la gestión integral de bosque en pie y el uso sostenible de los recursos naturales; la generación de conocimiento, la recuperación de las zonas degradadas, la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, y la agroecología (numeral 71);
- (ii) desarrollar, en el ámbito de la Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica de la OTCA, una agenda estratégica para el desarrollo integral de la producción basada en el uso sostenible de recursos de la biodiversidad en la Amazonía (numeral 73).

Fuente: OTCA, 2023

La biodiversidad amazónica como factor relevante para el desarrollo socioeconómico regional

La región carece de una visión concertada sobre el concepto de bioeconomía que integre a los ocho países miembros de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA)². Incluso, no se cuenta con un concepto global. Sin embargo, sí existe un propósito colectivo descrito en el OTCA para realizar esfuerzos y acciones conjuntas que promuevan el desarrollo armónico y la utilización racional de los recursos naturales a través del aprovechamiento de la flora y de la fauna de la Amazonía de forma racionalmente planificada, con el fin de mantener el equilibrio ecológico de la región y preservar las especies.

² A nivel regional se identifica la existencia de diferentes visiones, enfoques, modelos e instrumentos implementados de acuerdo con la normativa nacional de los Países Miembros, como por ejemplo **la economía de la diversidad biológica, la bioeconomía, el biocomercio, la economía de la madre tierra**, entre otras. Por tanto, cada país tiene soberanía sobre sus decisiones y sobre cómo aborda los diferentes acuerdos y compromisos internacionales que adquiere.

La región amazónica es un territorio con un área aproximada de 7,49 millones de km² equivalentes al 54,5 % del territorio compartido por los ocho países miembros de la OTCA: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela. Por otro lado, son más de 420 pueblos indígenas³, que hablan más de 300 lenguas (van Der Voort et al. 2021), las cuales cumplen un rol relevante en la conservación de los recursos naturales de la Amazonía.

La región concentra la mayor cuenca hidrográfica del mundo, donde el río Amazonas mide unos 7 062 km de longitud. Con sus más de mil tributarios, representa cerca del 20 % del agua dulce de la superficie terrestre mundial. En ella también se encuentran grandes extensiones de selva tropical húmeda virgen que dan lugar al bosque amazónico. Este último concentra la mayor diversidad mundial de géneros y especies terrestres. Asimismo, la región es habitada por unos 48 millones de personas que necesitan mejorar sus condiciones de vida con mayor igualdad y a quienes se les deben brindar oportunidades más rentables con mayor productividad.

Los países amazónicos, conscientes de la urgencia de adoptar una gestión responsable de sus territorios, suscribieron el Tratado de Cooperación Amazónica, con el objetivo de promover un desarrollo armónico de sus territorios amazónicos. De esta manera, se ha buscado que las acciones conjuntas de los ocho países amazónicos produzcan resultados equitativos y mutuamente beneficiosos para el desarrollo sostenible de la región. Para la implementación del tratado y en búsqueda de su institucionalidad regional, en 1998 se creó la OTCA, que se ha convertido en un espacio crucial para la generación de la cooperación técnica y política entre estos países para enfrentar los principales desafíos, lo cual incluye la pérdida de su biodiversidad (OTCA 1998).

Uno de los ejes de trabajo de la OTCA es mejorar la gestión y la promoción del aprovechamiento sustentable de la biodiversidad en la región amazónica para su conservación y uso sostenible. Se toma muy en cuenta la protección de los conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas, así como de las comunidades locales, mediante acciones de cooperación y colaboración regional. Además, se trabaja en la sistematización y generación de información basada en ciencia, con el propósito de cooperar en la toma de decisiones en las políticas públicas. Todo ello tiene la finalidad de contribuir con su desarrollo socioeconómico.

Aunque existen avances nacionales en estas temáticas, se considera que un enfoque regional que promueva la biodiversidad amazónica como factor relevante para el desarrollo socioeconómico requiere tener presente las características y los contextos particulares de cada

³ Para más información:

<http://otca.org/wp-content/uploads/2021/02/Comision-Especial-de-Asuntos-Indigenas-de-la-Amazonia-%E2%80%93-CEAIA.pdf>

país. De manera, es posible la construcción de propuestas comunes, adaptables y escalables que integren y respeten los diferentes enfoques y normativas nacionales, así como la soberanía de los países.

El reto actual que enfrenta la Amazonía es no solo reducir las asimetrías entre los países sobre las capacidades nacionales en aspectos de gobernanza y técnicos para la promoción de la economía en sus territorios amazónicos, sino además encontrar alternativas de desarrollo más inclusivas que contemplen la conservación, pero también la reducción de la pobreza.

Con ese fin, los países de la OTCA han trabajado de manera conjunta para la aprobación y adopción de una serie de programas, proyectos e iniciativas que brindan importantes aportes encaminados a promover la biodiversidad y conocimiento amazónico, como factor relevante para la conservación y generación de un nuevo modelo de desarrollo socioeconómico. Entre ellos se encuentran el Programa de Bosques⁴ y el Programa de Diversidad Biológica⁵ (OTCA 2021b y c), así como el Proyecto BioAmazonía⁶ y el Proyecto Biomaz⁷ y la creación de Plataforma Regional Amazónica de Pueblos Indígenas en el Marco de la OTCA⁸. También existen iniciativas como las del Observatorio Regional Amazónico (ORA)⁹ y la Evaluación Rápida de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos de la Cuenca/Región Amazónica.

Desarrollo de una socioeconomía basada en el uso de la diversidad biológica amazónica

Existe un gran potencial para el desarrollo de una socioeconomía basada en el uso de la diversidad biológica en la región amazónica. Sus grandes fortalezas son la riqueza de insumos, productos, conocimientos de los pueblos indígenas y comunidades locales. La región amazónica cuenta con experiencias exitosas para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y algunos países disponen de políticas públicas sobre la materia. No debe olvidarse que la idea de un aprovechamiento más responsable de la biodiversidad ligada a productos y cadenas comerciales a favor de las poblaciones no es algo nuevo en nuestros territorios: estas actividades se han estado desarrollando desde hace mucho tiempo como esfuerzo de los países.

⁴ Para consultar sobre más información: Programa de Bosques de la OTCA para la Cuenca y la Región Amazónica, disponible en http://otca.org/wp-content/uploads/2021/09/PROGRAMA-BOSQUES-3-IDIOMAS_cor_B_grafica.web_29.4.22.pdf

⁵ Para consultar sobre más información: Programa de Diversidad Biológica de la OTCA para la Cuenca y la Región Amazónica, disponible en http://otca.org/wp-content/uploads/2021/07/Programa-de-Diversidad-Biologica-OTCA_ES.pdf

⁶ Para consultar sobre más información: Proyecto Regional para la Gestión, Monitoreo y Control de Especies de Fauna y Flora Silvestres Amenazadas por el Comercio, disponible en http://otca.org/ctp_otca_projetos/proyecto-bioamazonia/.

⁷ Para consultar sobre más información: Projeto Apoio ao Programa de Biodiversidade da OTCA no marco da CDB na América Latina, disponible en http://otca.org/ctp_otca_projetos/proyecto-otca-biomaz.

⁸ Para consultar sobre más información: Plataforma Regional Amazónica de Pueblos Indígenas en el Marco de la OTCA, disponible en <https://www.euroclima.org/6/plataforma-regional-amazonica-de-pueblos-indigenas-y-cambio-climatico-de-la-otca#:~:text=A%20trav%C3%A9s%20de%20la%20plataforma,y%20se%20contribuye%20en%20la>

⁹ ORA disponible en <https://oraotca.org>

En el marco de los proyectos Bioamazonía de la OTCA, los ocho países amazónicos han desarrollado una serie de talleres de trabajo en la región amazónica y en otros países de América Latina. (Cuadro 3).

Cuadro 3. Principales eventos promocionados por la OTCA a través de los proyectos Bioamazonía y Biomaz con sus objetivos y hallazgos durante el 2022.

Evento	Objetivos	Grupo meta
Conversatorio: Productos de la Biodiversidad Amazónica que componen las cadenas de producción de las MIPYMES. (Fecha: 10 – 11 de febrero 2022).	<p>a) Colectar insumos técnicos para el concepto del diseño de la plataforma regional para las micro, pequeñas o medianas empresas (MYPYMES) por la Amazonia- Producto del ORA.</p> <p>b) Contribuir con información sobre experiencias y conocimientos sobre productos forestales no maderables (PFNM) en la región amazónica en los diálogos y discusiones de BioForestALC.</p>	Especialistas en flora y fauna o técnicos que actúan de las cadenas de producción de productos amazónicos de los países miembros de la OTCA (Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela).
Webinar: Conociendo las acciones implementadas por los PM OTCA para el desarrollo de una economía basada en el aprovechamiento de la diversidad biológica. (Fecha 23 de junio 2022).	Conocer las diferentes visiones y marcos nacionales de gestión de los países miembros de la OTCA, a través de los diferentes enfoques (conceptos), lineamientos y acciones implementadas para el desarrollo de una economía basada en la biodiversidad (fauna y flora) y con capacidad de integrar el uso sostenible de la biodiversidad y la industria.	Delegados de las instituciones desempeñan un rol estratégico en la agenda de desarrollo de las economías basadas en el uso y manejo de la biodiversidad de los países miembros.
BIOFORESTALC: Foro Virtual sobre el Potencial de los Productos Forestales No Maderables para una Bioeconomía Latinoamericana y Caribeña: Conectando la Bioeconomía y los Bosques con el Desarrollo Humano. (Fecha 23 - 26 de mayo 2022).	Identificar y formular iniciativas conjuntas para fortalecer la bioeconomía en ALC, a partir del desarrollo de cadenas de valor de productos forestales no maderables (PFNM). Se espera que el intercambio de experiencias y conocimientos entre especialistas y actores relevantes del sector conduzca al logro de objetivos específicos.	Público amplio: técnicos e investigadores, gestores públicos y privados, personas activas en cadenas de valor (asociaciones de productores, procesadores e industrias secundarias, distribuidores y comercializadores, consumidores), organismos no gubernamentales (ONG), agencias de desarrollo regionales o internacionales e instituciones reguladoras.

Fuente: OTCA/Proyecto BioAmazonia (OTCA, 2021 d)

En una primera etapa, este trabajo ha permitido identificar las especies y los productos asociados con un alto potencial para dinamizar el aprovechamiento sustentable de la biodiversidad, así como la bioeconomía en la región amazónica.

En el “Conversatorio sobre los productos de la biodiversidad amazónica que componen las cadenas de producción de las MIPYMES” los especialistas de la región que participaron de este diálogo técnico identificaron 91 especies, de flora y fauna, con alto potencial para dinamizar la bioeconomía en la región amazónica (cuadro 4).

Cuadro 4. Especies que pueden conformar el catálogo de especies de la biodiversidad asociadas a la dinamización de la bioeconomía en la Amazonia.

Especies que pueden conformar el catálogo de especies de la biodiversidad asociadas a la dinamización de la bioeconomía en la Amazonia.		
Especies mapeadas.	91 especies potenciales mapeadas, de la cuales hay: <ul style="list-style-type: none"> • 51 especies de flora. • 40 especies de fauna. 	
Especies comunes identificadas en los países de la región.	En flora (4): <ul style="list-style-type: none"> • Asaí (<i>Euterpe oleracea</i>). • Morete (<i>Mauritia flexuosa</i>). • Castaña del Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>). • Cacao (<i>Theobroma cacao</i>). 	Países donde destaca: <ul style="list-style-type: none"> • Colombia, Bolivia y Brasil. • Brasil, Colombia y Ecuador • Brasil y Bolivia. • Brasil, Venezuela y Ecuador.
	En fauna (2): <ul style="list-style-type: none"> • Paiche (<i>Arapaima gigas</i>). • Raya. 	Países donde destaca: <ul style="list-style-type: none"> • Ecuador, Bolivia, Venezuela y Brasil. • Surinam, Brasil y Ecuador.
Productos y mercados con mayor potencial.	Productos de la flora: <ul style="list-style-type: none"> • Aceites y resinas. • Semillas. • Frutas. 	Mercados: <ul style="list-style-type: none"> • Industria alimentaria. • Industria cosmético-Farmacéutica.
	Productos de la fauna: <ul style="list-style-type: none"> • Carne. 	Mercados: <ul style="list-style-type: none"> • Alimenticio (restaurantes y mercados de consumo local de las especies). • Ropa. • Acuarios.

Fuente: OTCA/Proyecto BioAmazonia (OTCA, 2021 d)

Este trabajo permitió identificar los principales productos de las especies de la flora amazónica asociados a aceites y resinas, semillas y frutos. Sus principales productores son las poblaciones tradicionales y campesinas que cuentan en territorios con remanentes de bosques y gran potencial productivo.

En relación con los potenciales mercados de los productos de la flora en el sector alimenticio y de cosméticos farmacéuticos, así como de las especies de fauna, los especialistas identificaron importantes factores favorables para los productores, tales como:

- Disminución en el número de intermediarios, lo que favorece una mayor ganancia para los productores de bosques extractivos y brinda un mayor equilibrio en las cadenas de valor.
- Existencia de una cartera diversa de esencias forestales que aumenta el potencial de productos comercializables por parte de los productores forestales comunitarios. Además, reduce la dependencia económica a una única esencia forestal y armoniza el calendario productivo con la fenología de las especies y los ingresos durante el año.
- Sólida agenda de investigación e innovación, que permite el desarrollo de diferentes productos comerciales, además del descubrimiento de nuevas esencias forestales potenciales.
- Prestación de asistencia técnica a las comunidades proveedoras.
- Alto valor agregado a los productos por la conservación de la naturaleza, la cultura tradicional y el comercio justo.

En la actualidad, la mayoría de los mercados para la comercialización de productos destinados a la industria alimenticia o cosmética son locales, seguidos por los regionales y algunos muy pocos internacionales. Sin embargo, para las especies de fauna, el principal mercado identificado es el de alimentos. Aunque existe una fuerte demanda por restaurantes y mercados locales por el consumo de especies tradicionales, aún se requieren regulaciones y control.

En la cuadro 5, se presentan algunas de las especies ampliamente conocidas en el ámbito local, con proyecciones regionales. Si se estudian apropiadamente, también podrían tener un reconocimiento internacional.

Cuadro 5. Especies locales conocidas con potenciales proyecciones regionales e internacionales.

Productos	Especies
Frutales amazónicos	Aguaje (<i>Mauritia flexuosa</i>), camu (<i>Myrciaria dubia</i>), copoazú (<i>Theobroma grandiflorum</i>), ungurahui (<i>Oenocarpus bataua</i>), pijuayo, Pupunha (<i>Bactris gasipaes</i>).
Ingredientes naturales	Palmeras amazónicas: patauá (<i>Oenocarpus bataua</i>), buriti (<i>Mauritia flexuosa</i>) e inajá-uriciri (<i>Attalea phalerata</i>).

Plantas medicinales

Copiaba (*Copaifera spp*), para heridas profundas y como antibiótico natural; andiroba (*Carapa guianensis*) para torceduras, contra reumatismo, repelente para insectos; cumaru (*Dypteryx odorata*): contra reumatismo, dolores musculares; Sucuuba (*Himatanthus sucuuba*): contra parásitos herpes, infecciones uterinas; jatoba (*Hymenanea courbani*): tónico en resfriados y como expectorante; amapá (*Parahancornia fasciculata*): usado en enfermedades respiratorias y como tónico; pau d'arco (*Tabebuia impetiginosa*) contra inflamaciones, tumores, llagas; ucuuba (*Virola michelii*); contra fiebre y hepatitis, cicatrizante; sangre de grado (*Cratogeomys lehmanni*); cicatrizante, estimula el sistema inmunitario y tiene efectos antivirales y antiinflamatorios.

Fuente: Taller Regional OTCA sobre Ciencia y Tecnología (Iquitos 2009).

A la fecha, existen diversos estudios y actividades orientadas al fortalecimiento de iniciativas de manejo sustentable y mecanismos de trazabilidad de especies amazónicas. Dichos estudios han sido realizados a solicitud de los países miembros y apoyados por la OTCA. A través del Proyecto Bioamazonía, durante los años 2021 y 2022, se apoyaron iniciativas enfocadas en especies amparadas por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) y sus productos derivados, con potencial a sumarse a aquellos productos ya consagrados por su alto nivel de uso y comercialización en la región (en el anexo 1).

Asimismo, los especialistas identificaron las necesidades de inversiones en tecnología e investigación, así como en capacitación para el fortalecimiento de las cadenas de valor de productos amazónicos de las MIPYMES conectadas a la conservación de especies (cuadro 6).

Cuadro 6. Necesidades de inversiones identificadas por los especialistas durante el conversatorio OTCA (Proyecto BioAmazonia).

Inversiones	
En investigación y tecnología	En capacitación
<ul style="list-style-type: none"> ● Infraestructura y tecnología para reproducción <i>in vitro</i>. ● Desarrollo de productos y usos innovadores de recursos forestales no maderables. ● Desarrollo de estudios poblaciones de las especies para la definición de cuotas de extracción. ● Acceso a mercados especiales. ● Tecnología para generación de subproductos. ● Tecnología para optimizar procesos de extracción de aceites esenciales. ● Infraestructura para mejorar el proceso de almacenamiento y alternativas de transporte. ● Tecnología para mejoramiento de procesos de almacenamiento, refrigeración y congelamiento de pulpas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Políticas públicas a favor del comercio justo. ● Manejo postcosecha de las especies. ● Desarrollo de subproductos. ● Nuevas metodologías de manejo con integración de indicadores de sustentabilidad y cambio climático. ● Procesos de recolección y almacenamiento para evitar alfa toxina y garantizar mayores volúmenes de producción. ● Procesos de legalización y tramitación gubernamental de permisos ambientales, sanitarios y tributarios. ● Métodos de cultivo y pesca sustentable. ● Desarrollo de productos secundarios.

- Tecnologías para el proceso de liofilizado y mantenimiento de propiedades organolépticas.
- Métodos y tecnología para mejoramiento de la rastreabilidad de especies durante el transporte.
- Estudios legales para la regularización de actividades.
- Inventarios forestales para conocer el potencial productivo.

- Gestión y organización empresarial para comunidades.
- Métodos mejorados para la reproducción en cautiverio.
- Métodos de captura en estado silvestre.
- Requisitos para accesos a mercados diferenciados.

Fuente: OTCA/Proyecto BioAmazonia (OTCA, 2021 d).

Por otra parte, en el marco del primer “Foro virtual sobre el potencial de los productos forestales no maderables para una bioeconomía latinoamericana y caribeña: conectando la bioeconomía y los bosques con el desarrollo humano – BioForestALC”, la OTCA levantó 21 experiencias exitosas relacionadas con la bioeconomía en los países amazónicos, a través de su plataforma para el intercambio de conocimientos e informaciones sobre manejo y biodiversidad forestal (OTCA, 2022).

Con respecto al proyecto Biomaz, el Convenio de la Diversidad Biológica (CDB) reconoce la necesidad de una base de conocimientos sólida y de procesos de coordinación desarrollados a en la región para aprovechar el impulso político. Se toman en cuenta las negociaciones del nuevo marco global post 2020, en el proceso multilateral. El reto se concentra en que los ocho países aprueben la estrategia regional de biodiversidad en el marco de la implementación del ya negociado y aprobado Programa de Diversidad Biológica de la OTCA para la cuenca y la región amazónica.

Como parte de este proceso, en el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB) en Montreal se presentaron importantes hallazgos que derivan de la “Evaluación rápida de la diversidad biológica y servicios ecosistémicos en la cuenca-región amazónica”. En este estudio trabajaron más de 100 expertos, investigadores, científicos y académicos de los ocho países miembros de la OTCA. La investigación sigue el marco conceptual y metodología de la Plataforma Intergubernamental Científico-normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), de la cual son parte los países miembros. Su objetivo es generar recomendaciones para tomadores de decisiones basadas en evidencia científica para contribuir a la conservación y uso sostenible y sustentable de los componentes de la diversidad biológica (OTCA 2021a).

El capítulo 5 de Evaluación Rápida muestra un enfoque específico de las interacciones entre naturaleza y sociedad en real presente y futuro. Está orientado hacia el desarrollo sostenible/sustentable y el “buen vivir”. Hace hincapié en el tema de la bioeconomía en el contexto regional y considera las diversas realidades de cada país miembro de la OTCA. Por otro lado, el capítulo 4 sobre diálogo de saberes y conocimientos tradicionales asociados a la biodiversidad, posee una sección sobre el concepto de la bioeconomía desde la perspectiva de los pueblos indígenas, comunidades locales y otras comunidades tribales amazónicas.

En general, esta evaluación cuyo abordaje sobre la bioeconomía se basa en diez claves o enunciados: a) la soberanía de la Amazonia es intocable; b) los derechos de los habitantes de la Amazonia tienen prioridad; c) salvar la Amazonia es un compromiso global; d) soluciones basadas en la ciencia; e) los pueblos indígenas de la Amazonia son los guardianes del bosque amazónico; f) monitoreo en tiempo real; g) economía eficiente y sostenible para una Amazonia con futuro; h) responsabilidad para una producción sostenible; i) restauración urgente del bosque; y j) aprovechamiento de las nuevas tecnologías.

La finalidad central de la Evaluación Rápida es la generación de productos técnico científicos de gestión del conocimiento sobre el estado y tendencias de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas de la Cuenca / Región amazónica, desde las dimensiones biológicas, sociales, culturales, económicas y políticas, pertinentes y adecuados para fortalecer la interfaz ciencia – política – sociedad, y como insumo para fundamentar la toma de decisiones en la región.

Otros resultados esperados del proyecto (Biomaz) son los siguientes:

Discutir y conformar información sobre los enfoques regionales de la conservación de la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos, para lo cual se están recopilando las

- buenas prácticas y sistematizando sus hallazgos para una oportuna replicación en el contexto amazónico.

Mejorar la coordinación entre los países miembros de la OTCA en relación con el marco estratégico regional y el programa de implementación para la región amazónica. Se debe

- brindar prioridad a las acciones estratégicas definidas por los países miembros para la implementación del dicho programa de biodiversidad.

Recuadro 2. Productos forestales no maderables en ALC.

Los productos forestales no maderables (PFNM) son definidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) como aquellos bienes de origen biológico distinto de la madera, procedentes de los bosques, de otros terrenos arbolados y de árboles situados fuera de los bosques. Esta definición considera bienes de origen animal y vegetal, independientes de la naturaleza artificial o natural del bosque. Estos productos son de gran importancia para el sustento económico de las poblaciones rurales asociadas a los bosques, especialmente aquellas vinculadas al bosque nativo. Con base en esta definición, los PFNM se encuentran estrechamente relacionados con la biodiversidad y su abundancia depende de esta.

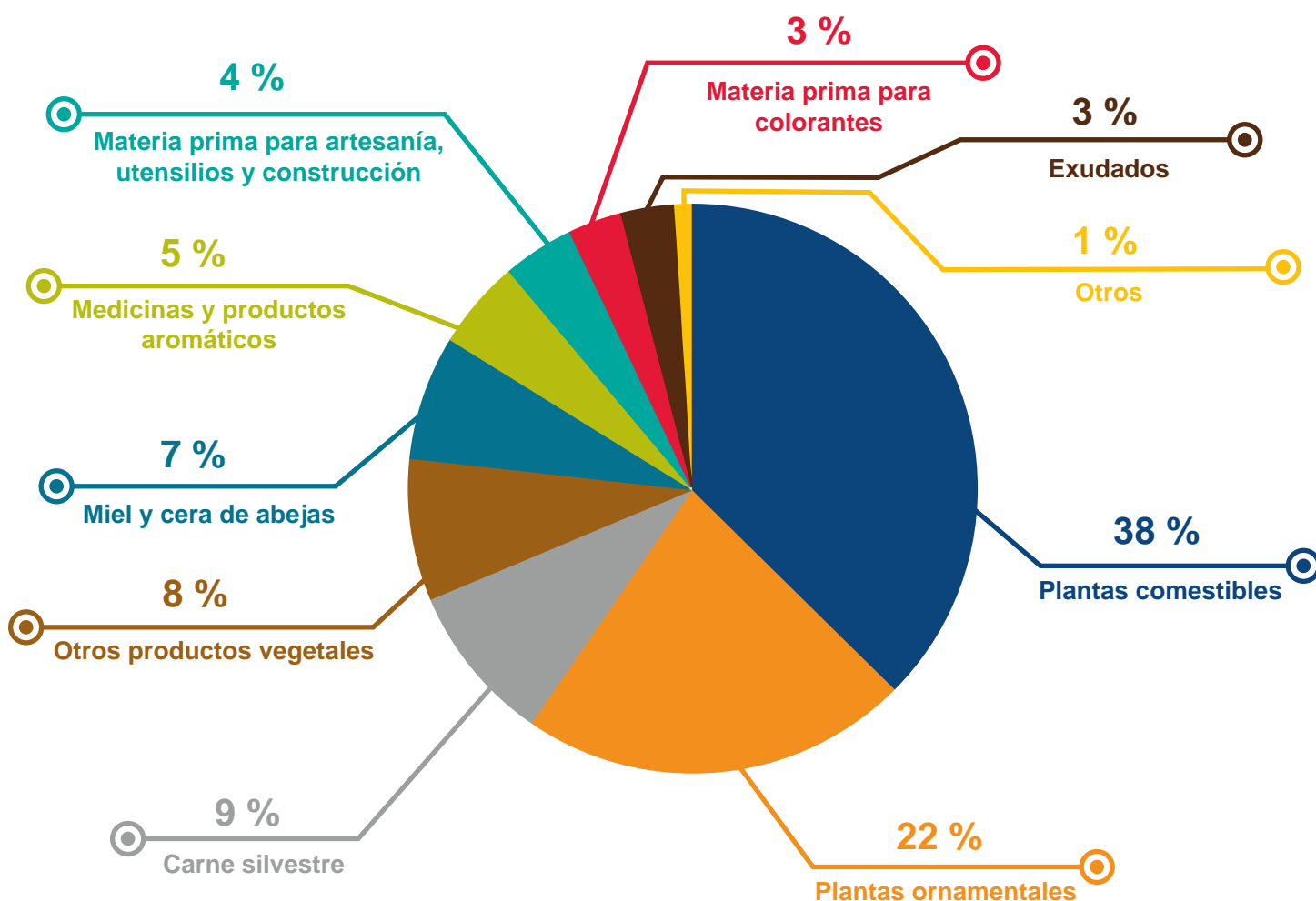
Estos productos agrupan una gama de productos y subproductos de los bosques, ya sean naturales o plantaciones, y formaciones silvestres, entre los cuales se sitúan alimentos y bebidas, aceites esenciales y aromas, productos medicinales, estimulantes, resinas, colorantes y tintes, fibras, plantas ornamentales, semillas y otros. Estos se

utilizan especialmente en las comunidades campesinas. Como puede verse, la mayoría de los sectores y productos contemplados por el concepto de biocomercio pueden agruparse bajo la denominación de PFNM, siempre que cumplan con los principios anteriormente descritos.

Es difícil cuantificar el tamaño de esta producción y compararla con la industria forestal, debido a que la mayoría de estos productos se destinan al autoconsumo o se comercian por el canal informal entre los miembros de las comunidades cercanas a los bosques. De todas maneras, estimaciones de la FAO indican que los PFNM de ALC generan más de 3500 millones de dólares anuales. Si se realiza una desagregación de estos productos, las últimas estimaciones indican que el subsector de plantas comestibles es el más importante, con casi el 40 % del valor generado en el mundo. En relación con ALC, desde el punto económico, los productos vegetales comestibles generan la mitad del valor regional, seguido por otros productos vegetales con el 20 % y los exudados con el 10 %, particularmente importantes en América del Sur. En la figura 4 pueden verse las categorías de los PFNM como proporción al valor económico total mundial.

Fuente: Felici.

Figura 4. Categorías de productos forestales no maderables como proporción al valor económico total comunicado al 2015.



Fuente: FAO 2021.

Retos para el desarrollo de un modelo alternativo de desarrollo socioeconómico para la Región Amazónica basado en el uso sustentable de la diversidad biológica

Entre los principales retos nacionales y regionales para el desarrollo de un modelo alternativo de desarrollo que se base en el uso sustentable de la diversidad biológica en la región amazónica, se encuentra necesidad de fortalecer: a) las acciones para la valoración de los bosques y la biodiversidad; b) los procesos de investigación y transferencia tecnológica; c) los mecanismos de apoyo y promoción de uso sostenible de la diversidad biológica; d) la movilización de recursos públicos y privados; f) el aprovechamiento de los conocimientos ancestrales y prácticos tradicionales existentes en la región; g) la generación de incentivos fiscales; y h) la generación de normatividad y regulación.

Para la región amazónica, la implementación de nuevos enfoques más eficientes, responsables y sustentables de sus recursos naturales y que incluyan a su sociedad implica no solo nuevas herramientas de gestión, sino también el diseño de modelos alternativos de desarrollo que permitan la conservación de las cualidades intrínsecas.

Lamentablemente, las amenazas que hoy enfrenta esta región pueden provocar una modificación sin precedentes de las características de la Amazonía como la conocemos. Entre las amenazas se encuentran: la deforestación, la pérdida acelerada de la biodiversidad, la contaminación de tierras y del recurso agua, la degradación ambiental, entre otros severos impactos generados por el cambio climático. Actualmente, existen estudios donde se discute sobre una posible “sabanización” en algunas regiones del bosque amazónico, en caso de no cambie la trayectoria de deforestación que se viene experimentando en la última década (Hirota *et al.* 2021).

La Amazonia seguirá experimentando pérdidas de su biodiversidad y servicios ecosistémicos mientras persistan las diferentes transformaciones locales y se llegue a un “punto de inflexión”¹⁰ que le impida volver a su punto anterior. Algunas transformaciones podrían verse en la precipitación anual, duración de las épocas secas, cambios en la temperatura, incremento de la deforestación y degradación en la región amazónica, a causa de los diferentes factores que perturban los procesos naturales. En este sentido, la evidencia sugiere que estas transformaciones locales podrían generar y reemplazar el bosque tropical nativo por: a) un bosque tropical estacionalmente seco; b) un estado nativo de sabana tropical; c) un estado degradado de dosel abierto; y d) un bosque secundario de dosel cerrado. Estos dos últimos podrían presentarse en áreas extensas de la Amazonia (Hirota *et al.* 2021).

¹⁰ “Punto de inflexión” o tipping-point. Según Hirota *et al.* (2021), el tipping-point es un concepto que se refiere a un punto crítico en el que un sistema entra en una nueva dinámica, sea positiva o negativa. Esto significa que, una vez que un evento o una actividad alcanza el punto de inflexión, el sistema no puede regresar a su estado anterior y se ve obligado a seguir moviéndose en una dirección particular.

La perspectiva prometedora de los bosques para enfrentar los retos anteriormente mencionados toma en cuenta la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de la diversidad biológica que a su vez promueva la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los conocimientos, innovaciones y prácticas asociadas.

Por otra parte, es necesario aprovechar los conocimientos ancestrales y prácticas tradicionales existentes en la región para la generación de alternativas de renta con un nuevo paradigma de desarrollo, que no se concentren en las actividades tradicionales de impacto negativo para las poblaciones locales. Estas últimas deberán complementarse con el desarrollo de nuevas prácticas, procesos y tecnologías de producción.

El Programa de Bosques de la OTCA promueve el desarrollo sostenible mediante la ordenación y utilización sostenible y la conservación de los bosques amazónicos. En el contexto del Manejo Forestal Sostenible (MFS)¹¹ se prevé un enfoque en “cadenas de valor” vinculadas al bosque. Además, busca fortalecer y desarrollar capacidades científicas, tecnológicas y de innovación que permitan altos valores agregados en todos los eslabones de las cadenas productivas forestales y que a su vez promuevan la inclusión social y la generación de empleo local.

Conocimiento, innovación y tecnología

Es necesario promover el conocimiento, innovación y tecnología dentro y fuera de la región, de tal manera que se puedan enfrentar los retos del desarrollo socioeconómico regional con nuevos modelos productivos. Se requiere contar con información sistematizada y actualizada sobre los diversos tipos de bosque, las funciones biológicas productivas de las especies, la recolección tradicional y las formas de utilización y cantidad, valor, procesos de producción (manejo y conservación), industrialización y comercialización de los productos del bosque.

Regionalmente, se desarrollan herramientas como el Observatorio Regional Amazónico (ORA) para promover el flujo de información entre instituciones y autoridades intergubernamentales de los países miembros vinculadas al estudio de la Amazonia. Este observatorio se ha convertido en un centro de referencia para la información científico-tecnológica regional y la diversidad biológica y sociocultural de la Amazonía.

La puesta en marcha del observatorio permite difundir los éxitos alcanzados en el aprovechamiento de la diversidad biológica amazónica. Además, facilita el intercambio de

¹¹ El MFS contempla el uso y la conservación sostenible de los bosques, con el fin de mantener y mejorar sus múltiples valores mediante la intervención humana. Es un proceso de planificación y ejecución de prácticas para uso de los bosques, lo cual le permite cumplir con objetivos ambientales, económicos, sociales y culturales específicos. Va desde acciones que buscan salvaguardar y mantener los ecosistemas forestales y sus funciones, hasta aquellas que buscan favorecer especies de valor social o económico o grupos de especies que mejoran la producción de bienes y servicios del bosque.

experiencias y conocimientos entre especialistas y actores relevantes del sector, lo cual permite identificar y formular iniciativas conjuntas encaminadas al desarrollo de cadenas de valor de productos del bosque como factor relevante para el desarrollo socioeconómico regional.

Para ello, se han configurado módulos de bosques y MIPYMES. En el primer módulo se presenta información relevante sobre el estado de los bosques en la Amazonía a partir de indicadores e información relevante para el monitoreo de fuego en la región. Por otra parte, el módulo de MIPYMES se ha previsto para promover el aprovechamiento sostenible de los productos de la biodiversidad amazónica y específicamente de los PFM, principal actividad de los pueblos indígenas y las poblaciones locales en la Amazonía. Así, el observatorio constituyen una ventana de información para las micro, pequeñas y medianas empresas con producción sostenible de especies de fauna y flora silvestre que involucre todos los países amazónicos.

En conclusión, la biodiversidad en la región amazónica ofrece una variedad de recursos que son fundamentales para la subsistencia de la población local y claves para el crecimiento económico de la región.

Capacidades nacionales y regionales para el aprovechamiento de la biodiversidad

Esta gran variedad de recursos presentes en un sistema tan complejo como el amazónico exige la evaluación y el fortalecimiento de las actuales capacidades nacionales y regionales en gestión y tecnología. Sin embargo, para un mejor aprovechamiento sostenible, es necesario profundizar sobre los múltiples beneficios y riesgos que puede traer el uso inadecuado de dichos recursos.

Además, es fundamental fortalecer la cooperación internacional para reducir las asimetrías entre los países miembros de la OTCA, en pro de la promoción del desarrollo sostenible-sustentable y el bienestar de los habitantes de la región amazónica, donde se respeten las visiones, definiciones, regulaciones y marcos legales propios de cada país, así como su soberanía.

Referencias bibliográficas

- Bullock, EL; Woodcock, CE; Souza, C; Olofsson, P. 2020. Satellite-based estimates reveal widespread forest degradation in the Amazon (en línea). *Global Change Biology* 26:2956-69. Disponible en <https://doi.org/10.1111/gcb.15029>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe); Patrimonio Natural. 2013. Amazonia posible y sostenible (en línea). Bogotá, Colombia, CEPAL y Patrimonio Natural. Disponible en https://www.cepal.org/sites/default/files/news/files/folleto_amazonia_posible_y_sostenible.pdf.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2021. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 (en línea). Informe principal. Roma, Italia, FAO. Consultado 15 dic. 2022. Disponible en <https://doi.org/10.4060/ca9825es>.
- Felici, S. Productos forestales no maderables en ALC. IICA. Enviado.
- Hirota, M; Flores, B; Betts, R; Bormac, L; Esquivel-Muelbert, A; Jakovace, C; Lapola, D; Montoya, E; Oliveira, R; Sakschewski, B. 2021. Capítulo 24: Resiliencia de la selva Amazónica a los cambios globales: Evaluación del riesgo de los puntos de inflexión (en línea). En: Nobre C, Encalada *et al.* (eds.). Informe de evaluación de Amazonia 2021. Red de soluciones para el desarrollo sostenible de las Naciones Unidas, Nueva York, EE.UU. Disponible en <https://www.laamazoniaquequeremos.org/wp-content/uploads/2022/01/Capitulo24-EnResumen.pdf>.
- OTCA (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica). 1998. Protocolo de Enmienda. Tratado de Cooperación Amazónica (en línea). Firmado en Caracas, Venezuela. Disponible en <http://otca.org/wp-content/uploads/2020/01/PROTOCOLO-DE-ENMIENDA.pdf>.
- OTCA (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica). 2021a. Documento de ámbito. Evaluación rápida de la diversidad biológica y servicios ecosistémicos en la Región Amazónica (en línea). Brasilia, Brasil, OTCA. Disponible en http://otca.org/wp-content/uploads/2021/09/biomaz_documento_evaluacion_ES.pdf.

OTCA (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica). 2021b. Programa de bosques de la OTCA para la cuenca y la Región Amazónica (en línea). Brasilia, Brasil, OTCA. Disponible en http://otca.org/wp-content/uploads/2021/09/PROGRAMA-BOSQUES-3-IDIOMAS_cor_B_grafica.web_29.4.22.pdf.

OTCA (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica). 2021c. Programa de diversidad biológica para la cuenca/Región Amazónica (en línea). Brasilia, Brasil, OTCA. Disponible en http://otca.org/wp-content/uploads/2021/07/Prograa-de-Diversidad-Biologica-OTCA_ES.pdf.

OTCA (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica). 2021 d. Conservación de especies amenazadas por un comercio no sustentable (en línea). Brasilia, Brasil. OTCA. Disponible en : http://otca.org/wp-content/uploads/2021/04/OTCA-Folder-Proyecto-Bioamazonia_ESP_2021-04-23.pdf

OTCA (Organización del Tratado de Cooperación Amazónica). 2022. Chamada de experiencias em bioeconomia de produtos não madeireiros (en línea). Brasilia, Brasil. OTCA. Disponible en: <https://oraotca.org/pric/pt/iexperiencia>.

Panel Científico por la Amazonia. 2021. Resumen ejecutivo del informe de evaluación de la Amazonia 2021 (en línea). En: . Nobre, A. Encalada, E. Anderson, F.H. Roca Alcazar, M. Bustamante, C. Mena, M. Peña-Claros, G. Poveda, J.P. Rodríguez, S. Saleska, S. Trumbore, A.L. Val, L. Villa Nova, R. Abramovay. A. Alencar, C. Rodríguez Alzza, D. Armenteras, P. Artaxo, S. Athayde, H.T. Barretto Filho, J. Barlow, E. Berenguer, F. Bortolotto, FA Costa, M.H. Costa, N. Cuví, P.M. Fearnside, J. Ferreira, B.M. Flores, S.Frieri, L.V. Gatti, J.M. Guayasamin, S. Hecht, M. Hirota, C. Hoorn, C. Josse, D.M Lapola, C. Larrea, D.M. Larrea-Alcazar, Z. Lehm Ardaya, Y. Malhi, J.A Marengo, M.R. Moraes, P. Moutinho, M.R. Murmis, E.G. Neves, B. Paez, L. Painter, A. Ramos, M.C Rosero-Peña, M. Schmink, P. Sist, H. ter Steege, P. Val, H. van der Voort, M. Varese, G. Zapata *et al.* (eds). Red de soluciones para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, Nueva York, EE.UU. 48 p. Disponible en https://www.laamazoniaquequeremos.org/wp-content/uploads/2022/01/20211202-LNBR22652110040-V005-01-Resumen-Ejecutivo_SP_Final.pdf.

Tratado de Cooperación Amazónica. 1978 (en línea). Firmado en Brasilia, Brasil. Disponible en <http://otca.org/wp-content/uploads/2020/01/TRATADO-DE-COOPERACI%C3%93N-AMAZ%C3%93NICA.pdf>.

Van der Voort, H; Rodríguez, Alzza, C; Swanson, TD; Crevels, M. 2021. Capítulo 12: Lenguas amazónicas: dimensiones de la diversidad (en línea). Nobre C, Encalada A, Anderson E, Roca Alcazar FH, Bustamante M, Mena C, Peña-Claros M, Poveda G, Rodriguez JP, Saleska S, Trumbore S, Val AL, Villa Nova L, Abramovay R, Alencar A, Rodríguez Alzza C, Armenteras D, Artaxo P, Athayde S, Barretto Filho HT, Barlow J, Berenguer E, Bortolotto F, Costa FA, Costa MH, Cui N, Fearnside PM, Ferreira J, Flores BM, Frieri S, Gatti LV, Guayasamin JM, Hecht S, Hirota M, Hoorn C, Josse C, Lapola DM, Larrea C, Larrea-Alcazar DM, Lehm Ardaya Z, Malhi Y, Marengo JA, Melack J, Moraes R M, Moutinho P, Murmis MR, Neves EG, Paez B, Painter L, Ramos A, Rosero-Peña MC, Schmink M, Sist P, ter Steege H, Val P, van der Voort H, Varese M, Zapata Ríos G (eds.). Informe de evaluación de Amazonia 2021. Nueva York, EE.UU, Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Disponible en <https://www.laamazoniaquequeremos.org/pca-publicaciones>.

Anexo

Anexo 1. Estudios y actividades desarrolladas por los países miembros de la OTCA a través del Proyecto Bioamazonía.

Estudio o actividad	Objetivo
Bolivia	
Estado poblacional del lagarto (<i>Caiman yacare</i>) y del caimán negro (<i>Melanosuchus niger</i>) en sus áreas de distribución natural.	Estudiar la población de las dos especies para actualizar el modelo que permite determinar cuotas de cosecha de lagarto en el ámbito y definir los sitios prioritarios para la implementación de acciones de fortalecimiento de las poblaciones silvestres de caimán negro.
Diseño del sistema de trazabilidad para el comercio de productos y subproductos de lagarto (<i>Caiman yacare</i>).	Facilitar la transferencia de información del aprovechamiento de cuero y carne de lagarto (<i>Caiman yacare</i>), desde las regionales, empresas procesadoras de cuero y carne de lagarto, hasta las entidades públicas de monitoreo, control y fiscalización departamental y nacional. El nivel nacional es el administrador del sistema.
Brasil	
Estudio sobre la dinámica y evolución del mercado ornamental internacional de rayas de agua dulce.	Conocer la dinámica y evolución del mercado ornamental nacional e internacional de rayas dulceacuícolas, con énfasis en las especies capturadas en el medio río Negro (Amazonas) y en las cuencas de los ríos Xingú y Tocantins (Pará).
Dinámica poblacional y demográfica de las especies de raya de agua dulce (<i>Potamotrygon wallacei</i>) con distribución natural en el río Negro y <i>Potamotrygon leopoldi</i> con distribución natural en el río Xingu.	Asegurar la supervivencia de la especie <i>Potamotrygon leopoldi</i> que es la más valorada de las rayas brasileñas en el comercio ornamental (con una cuota de cinco mil especímenes). Se realiza el monitoreo de los límites de cuotas sostenibles con fines ornamentales, así como con información sobre la dinámica de poblaciones para evaluar impactos.
Propuesta para la creación de un sistema y una aplicación para la trazabilidad de los subproductos del paiche (<i>Arapaima gigas</i>) para el seguimiento de la cadena productiva y análisis de datos.	Mejorar el sistema de recolección de datos en el estado de Amazonas, Brasil, mediante uso de aplicativos, que concentren la recolección de datos (georreferenciados) por parte de las comunidades. Así se logra registrar información sobre la pesca manejada del Paiche y sobre la trayectoria de sus derivados, para que pueda extenderse a otras áreas manejadas en otros estados de la Amazonía. Esta actividad permitirá mejorar algunos de los instrumentos de control existentes que apoyen la gestión del Instituto Brasileiro del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales (IBAMA) en la toma de decisiones para la emisión de licencias de exportación de la especie.

Identificación de maderas mediante técnicas de espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS por su nombre original en inglés – <i>Near Infrared Spectroscopy</i>) como sistema de trazabilidad.	Fortalecer las capacidades de los profesionales que trabajan en las actividades de identificación de maderas y de control de la movilización forestal, de manera que se fortalezcan los sistemas de trazabilidad con la aplicación de nuevas tecnologías.
Ecuador	
Fortalecimiento de la cadena de valor de orquídeas mediante la elaboración de un plan de acción para la conservación de orquídeas amenazadas del Ecuador.	Definir estrategias para conservar las poblaciones de especies de orquídeas amenazadas, a través de acciones articuladas que fortalezcan las capacidades técnicas de los actores vinculados a su gestión, manejo y aprovechamiento.
Guyana	
Evaluaciones poblacionales y elaboración de planes de manejo para especies amazónicas priorizadas: tortugas de patas amarillas y rojas (<i>Chelonioids spp</i>), tres especies de caimanes (<i>Caiman crocodilus</i> , <i>Paleosuchus trigonatus</i> y <i>Paleosuchus palpebrosus</i>) y la danta de tierras bajas (<i>Tapirus terrestris</i>).	Apoyar la implementación de la Meta 4 del Plan Estratégico 2019-2029 de la Comisión de Conservación y Manejo de la Vida Silvestre de Guyana (GWCMC). De esta manera, se logra obtener una mejor comprensión de las amenazas para el futuro de la vida silvestre del país y se pueden garantizar mejores decisiones y prácticas de manejo. Asimismo, en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad y el Plan de Acción 2012-2020, el estudio alineado con el logro del Objetivo Estratégico 2: promoverá la conservación, el uso sostenible y el valor de la biodiversidad en sectores productivos claves utilizados para el crecimiento, expansión y diversificación de la economía.
Perú	
Factor de rendimiento para la obtención de extracto de aceite de <i>Aniba rosaeodora</i> .	Establecer un factor de rendimiento referencial para la obtención de aceite de <i>Aniba rosaeodora</i> ; que permita una explotación basada en datos reales de campo. En el Perú se observa un aumento creciente del aprovechamiento de esta especie mediante la extracción del aceite para el mercado cosmético.
Estado situacional del género <i>Cedrela spp.</i> en Perú.	Contribuir a la conservación de las especies del género <i>Cedrela spp.</i> del Perú incluidas en CITES, mediante la profundización de los conocimientos.
Diagnóstico del manejo local y trazabilidad de taricayas (<i>Podocnemis unifilis</i>) en el departamento de Loreto.	Levantar información de campo dentro de zoocriaderos para establecer una línea de base del manejo de las taricayas (<i>Podocnemis unifilis</i>), que permita identificar la necesidad de mejorar las prácticas del manejo en cautiverio.

Piloto para la certificación de pieles de pecaríes en la amazonia peruana.	Identificar las necesidades de los diferentes sectores que participan en el mercado de la piel de pecaríes (cazadores rurales, acopiadores menores, acopiadores mayores y curtiembres) y contribuir con el fortalecimiento del manejo y sostenibilidad del uso de los pecarías en Perú.
Diagnósticos situacionales del paiche (<i>Arapaima gigas</i>) de cultivo y de especies de rayas amazónicas (<i>Potamotrygon motoro</i> , <i>Potamotrygon orbignyi</i> y <i>Potamotrygon falkneri</i>) de la cuenca del río Ucayali o río Nanay del departamento de Loreto.	Contar con información actualizada sobre la acuicultura del paiche. Se debe brindar prioridad a los principales centros de cultivo de la amazonia peruana (Loreto, Ucayali, San Martín, Madre de Dios, Junín, Huánuco, Piura y Tumbes) para fundamentar la toma de decisiones. Igualmente, es necesario contar con información actualizada de la actividad extractiva del recurso raya y todo lo relacionado con su comercialización en Perú para fortalecer el desarrollo de la pesquería ornamental en el ámbito amazónico como actividad económica de interés nacional, en armonía con la preservación y conservación de la biodiversidad y la sanidad e inocuidad de los recursos hidrobiológicos.
Surinam	
Estudio poblacional de especies de psitácidos (<i>Amazona farinosa</i> , <i>Ara ararauna</i> , <i>Ara chloropterus</i>)	Fortalecer las capacidades técnicas e institucionales del país en lo que respecta a la regulación de normas y procedimientos para el manejo, seguimiento y control de especies de fauna y flora silvestres amenazadas por el comercio, especialmente las especies de psitácidas utilizadas en el comercio nacional e internacional.
Venezuela	
Plan de manejo para la conservación y aprovechamiento sustentable de las especies <i>Podocnemis erythrocephala</i> (chipiro), <i>Podocnemis unifilis</i> (terecay), <i>Podocnemis expansa</i> (arrau) y <i>Peltocephalus dumerilianus</i> (cabezón).	Fortalecer el plan institucional sobre el estado y dinámica poblacional, actualización de información y el diseño de estrategias para la conservación y aprovechamiento sostenible de las especies mencionadas.

Fuente: OTCA/Proyecto Bioamazonía (OTCA, 2021 d).

2.2 Situación y perspectivas de la intensificación sostenible en América Latina y el Caribe

Autores: Valdivia, R. (Oregon State University, AgMIP); Martinez-Baron, D. (CIAT); Van Loon, J. (CIMMYT); de Haan, S. (CIP); Saini, E. (FONTAGRO).

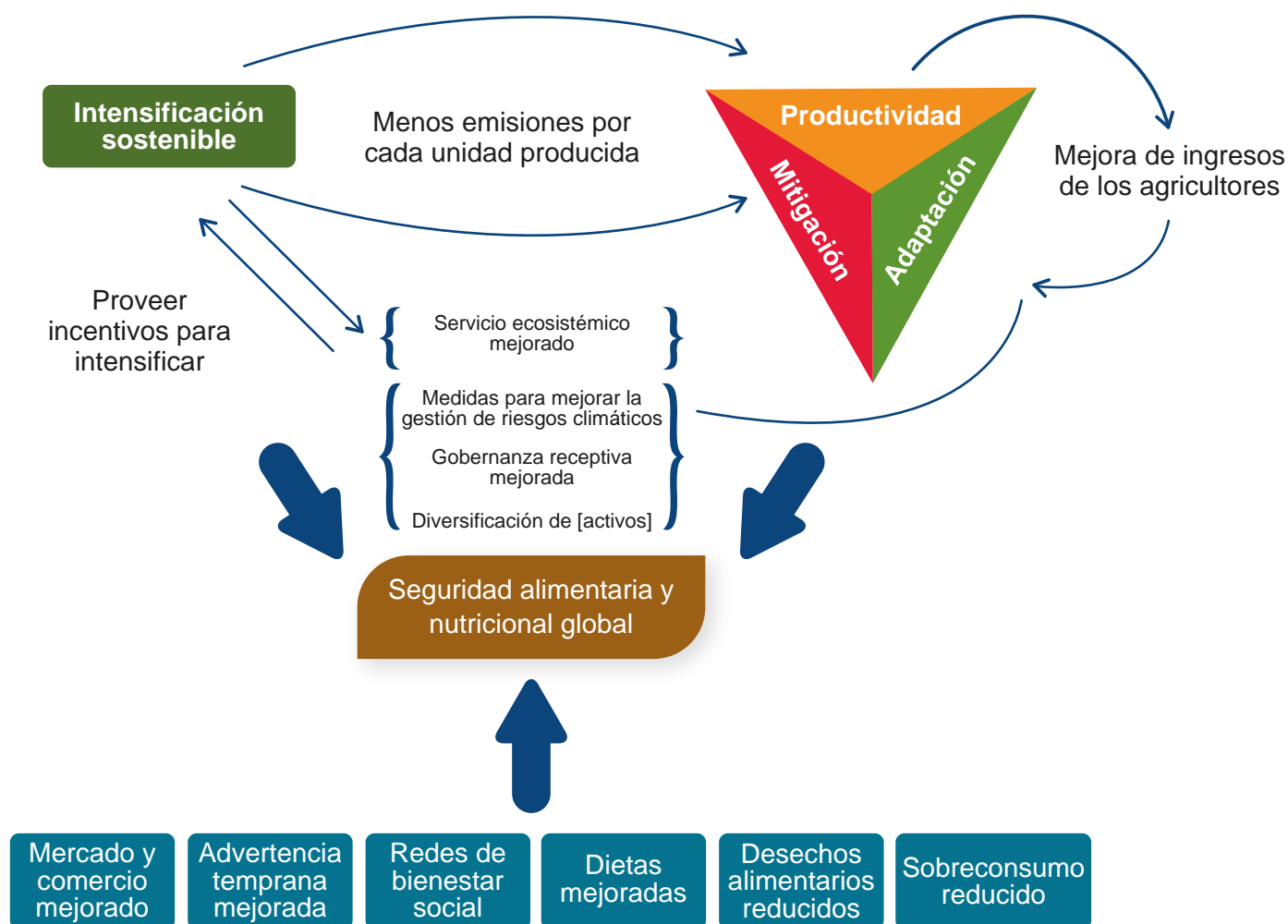
Introducción

¿Qué es intensificación sostenible?

La intensificación sostenible (IS) se basa en prácticas e innovaciones que permiten aumentar la productividad agropecuaria en tierras agrícolas existentes por medio del uso adecuado de insumos y recursos naturales y que generen un efecto positivo en el medio ambiente, el contexto socioeconómico y en los servicios ecosistémicos en una región.

El enfoque principal de las estrategias de intensificación sostenible radica en la implementación de prácticas agropecuarias que optimicen el uso de recursos naturales, como el agua, los recursos genéticos y el suelo. Se espera que también maximicen la eficiencia en la utilización de insumos agrícolas externos e internos, como semillas, fertilizantes y mano de obra, y eviten incrementar áreas de cultivo con el uso de tierras no arables. El desafío es encontrar innovaciones que integren las posibles soluciones propuestas y reduzcan o eliminen los *tradeoffs* sociales, económicos y ambientales asociados a la adopción de prácticas de intensificación sostenible (Valdivia *et al.* 2017). Diferentes enfoques han sido promovidos e implementados en América Latina y el Caribe (ALC), desde el enfoque de conservación de recursos como la agricultura de conservación, la intensificación ecológica que se centra en procesos ecológicos y de biodiversidad y el enfoque de la agricultura climáticamente inteligente que propone soluciones de adaptación y mitigación para enfrentar el cambio climático. Es la combinación de estos enfoques lo que permite una intensificación sostenible y con ello una mayor resiliencia a todos los niveles: absorbente, adaptativo y transformador. Este sería el preludio de un cambio sistémico hacia la sostenibilidad a largo plazo, (figura 5).

Figura 5. Intensificación sostenible.



Nota: El rol de la IS es crítico para lograr la seguridad alimentaria y nutricional global. Además, mejora los servicios ecosistémicos, la productividad y los ingresos de los agricultores. La IS también desempeña un papel importante en la adaptación al cambio climático y en los esfuerzos de mitigación, ya que aumenta la eficiencia de los insumos agrícolas, lo que se traduce en emisiones más bajas por unidad de producción. Sin embargo, los incentivos para intensificar los sistemas agropecuarios deben ir acompañados de sistemas de gobernanza responsivos y de medidas para mejorar el manejo del riesgo climático y la diversificación de bienes. Otros elementos, como la mejora en las dietas, la reducción del sobreconsumo y desperdicio de alimentos, así como la mejora de los mercados y el comercio, contribuyen al éxito de la IS como motor para lograr la seguridad alimentaria y nutricional.

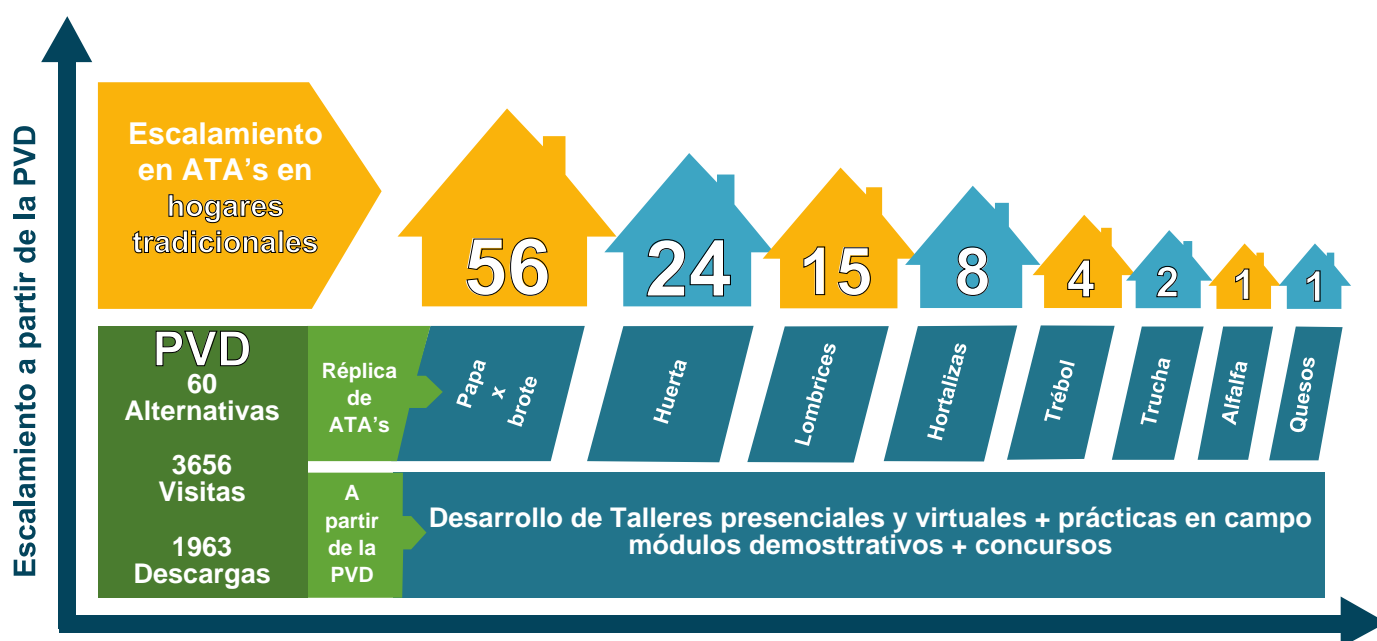
Fuente: Adaptado de Campbell *et al.* 2014.

Relación intensificación sostenible - bioeconomía

El reconocimiento de la importancia y uso de los recursos naturales en la intensificación sostenible es un nexo crucial para avanzar en el conocimiento e innovaciones de la bioeconomía funcional y sostenible. Un abordaje integrado, holístico y participativo es fundamental para lograr la seguridad alimentaria, dietas nutritivas, economías familiares rentables, resiliencia climática, la estabilidad y paz para esta y las futuras generaciones.

El codesarrollo y cogeneración de conocimientos y experiencias son claves para crear capital social y aprovechar la creatividad y conocimientos de actores clave a diversas escalas. En el contexto de ALC, el diálogo entre conocimiento locales o indígenas y la ciencia formal ofrece múltiples oportunidades para la bioeconomía. Los procesos colaborativos deben ser promovidos para generar innovaciones sociales, tecnológicas, prácticas agrícolas, servicios y procesos que permitan optimizar el impacto de los sistemas agrícolas, ganaderos, forestales y alimentarios en los recursos naturales. En paralelo, dichas innovaciones pueden facilitar el desarrollo de actividades económicas más eficientes y sostenibles que promuevan la agregación de valor y permitan el surgimiento de una economía circular y verde, que tome en cuenta externalidades y servicios ecosistémicos, (figura 6).

Figura 6. Alternativas tecnológicas agropecuarias a escalar.



Nota: Alternativas tecnológicas agropecuarias (ATA), replicadas en predios de estudiantes a partir de la plataforma virtual de diseminación (PVD), talleres y módulos desarrollados por la CT (Cooperación Técnica) llamada "Intensificación sostenible de la agricultura familiar en Perú y Bolivia". ATN-RF-16677-RG. FONTAGRO/CIRNMA-ALTAGRO. Objetivo: Diseminar, mediante una metodología de escalamiento basada la PVD, conocimientos e innovaciones tecnológicas climáticamente resilientes que potencien la capacidad de adaptación de los sistemas productivos al cambio climático y eleven la productividad, nutrición infantil y generación de ingreso de la agricultura familiar en el Altiplano peruano-boliviano. Se logró la participación de 4624 estudiantes de 33 instituciones educativas rurales del Altiplano peruano y boliviano mediante la colaboración de actores locales y la firma de acuerdos con los directores. El registro de uso de la PVD indica que un alto porcentaje de usuarios han sido mujeres (41 %). Un total de 25 diferentes ATA fueron descargadas y se comprobó que un total de 111 réplicas de estas ATA fueron implementadas en fincas de estudiantes.

Fuente: FONTAGRO, 2017.

Estado actual y retos de IS en ALC

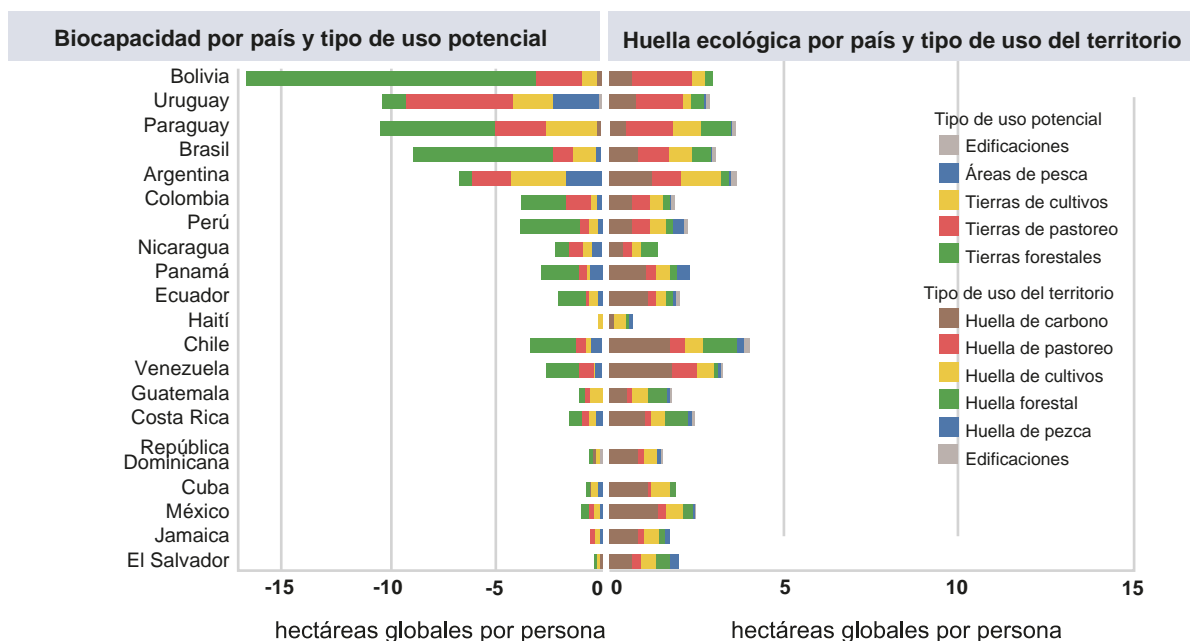
La agricultura en ALC, impulsada por la ampliación de la frontera agrícola a causa de la pobreza, ineficiencia y la desigualdad, utiliza el 33 % de la superficie terrestre de la región, cerca del 75 % de sus recursos de agua dulce y genera aproximadamente el 50 % de sus emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), cuyo 70 % proviene del ganado. No obstante, a pesar de los constantes excedentes de producción de alimentos y la extensa exportación de alimentos, 83 millones de personas en ALC son pobres y 53 millones padecen de hambre, lo que demuestra la magnitud del problema en la región, más cuando se suman los riesgos de clima y variabilidad climática.

Las oportunidades y desafíos en ALC son sustanciales. La agrobiodiversidad y los bosques de ALC desempeñan un papel clave en la sostenibilidad ambiental global con 6 de los 10 diez primeros países con mayor biodiversidad del mundo, con una cobertura forestal global del 23 %, un 36 % de stock de CO₂eq mantenido en los bosques y un 33 % de volumen total de recursos hídricos renovables. Sin embargo, 51 millones de habitantes rurales y 28 billones de dólares en producción agrícola y ganadera están expuestos a peligros climáticos, en particular sequías, inundaciones y huracanes). Los pequeños agricultores dependen de una cartera de cultivos cada vez más estrecha: maíz, frijoles, arroz, cacao, soya y café, mientras que la inversión en el biodescubrimiento de los cultivos nativos menos conocidos es mínima (Wright 2021). Adicionalmente, las agricultoras que representan al menos la mitad de todos los productores de alimentos de ALC con frecuencia no son reconocidas, como agricultoras o tomadoras de decisiones (Comisión Interamericana de Mujeres, 2022). Además, la producción ganadera convencional en ALC empuja a invadir los bosques y las tierras cultivables, lo que exacerba la emisión de GEI (Ritchie & Roser 2021; Cristini 2023). Por lo tanto, es necesario un enfoque holístico e integrado para la intensificación sostenible climáticamente inteligente para enfrentar estos desafíos y aprovechar al máximo la tierra disponible al tiempo que preserva los servicio ecosistémicos y los aspectos socioculturales en los territorios de ALC, (Figura 7).

Figura 7. Huella ecológica y biocapacidad en ALC: resumen de las principales causas e impactos relacionados con daños ambientales.

	Principales problemas e impactos vinculados a recursos naturales, bosques y actividades urbanas
Argentina	Paquete soja. Pérdida del 13% de bosques. Riachuelo: uno de los sitios más contaminados del mundo en torno al Gran Buenos Aires.
Brasil	Deforestación en el Amazonas. Emisiones de gases (alta relevancia mundial, aunque en torno al promedio medido por habitante). Uso de agroquímicos en la agricultura.

Chile	Avance de las energías renovables, pero también de las termoeléctricas 116 conflictos sociales vinculados a la minería
Uruguay	Problemas vinculados a la producción de soja y uso de agroquímicos Contaminación de aguas
Venezuela	Octavo puesto en emisiones por actividad petrolera La cantidad de barriles derramados aumentó 411%
Ecuador	Pérdida de biodiversidad, incremento de emisiones Destrucción de manglares por cultivo de camarón
Perú	Conflictos sociales vinculados a la extracción de petróleo y a la minería
Bolivia	Elevada deforestación Problemas con la calidad del aire
Costa Rica	Deterioro y pérdida de suelos, contaminación de aguas, deterioro del lecho marino y pérdida de arrecifes Residuos y problemas inherentes a urbanización
El Salvador	Aporte neto de energía, transporte y urbanización descontrolada Construcción
Honduras	Destrucción de manglares por cultivo de camarón Desertificación
Nicaragua	Agricultura con técnica arcaica, quema de plantaciones / minería extractiva poco controlada Deforestación, contrabando de madera
Cuba	Contaminación provocada por las plantas de ron y níquel
República Dominicana	Sector eléctrico Turismo no sustentable / minería no sostenible Problemas con el transporte urbano
México	105 sobre 653 acuíferos se encuentran sobreexplotados / cuerpos de agua con niveles muy altos de contaminación 836 mil ha de bosques perdidos en los últimos 20 años



Nota: La figura en la parte izquierda muestra la biocapacidad per-cápita de cada país, es decir, la cantidad de terreno productivo (agua y tierra) que un país requiere para producir lo que consume. Por otro lado, muestra la capacidad de regeneración de los

ecosistemas o huella ecológica en cada país. Estos datos muestran que al menos la mitad de los países en ALC están ejerciendo una presión sobre sus recursos que supera la capacidad regenerativa de estos, lo cual causa un déficit ecológico. Este déficit compromete la sostenibilidad futura de los recursos naturales y plantea un severo riesgo para el futuro social, ecológico y económico de la región. El recuadro de la derecha sintetiza los principales daños ambientales en los diferentes países de ALC, debido a efectos atmosféricos, la implementación de tecnologías aplicadas en la explotación de los recursos naturales, las pérdidas de bosques y los impactos urbanos. Esta situación y retos en ALC demandan la implementación de sistemas productivos más eficientes y sostenibles.

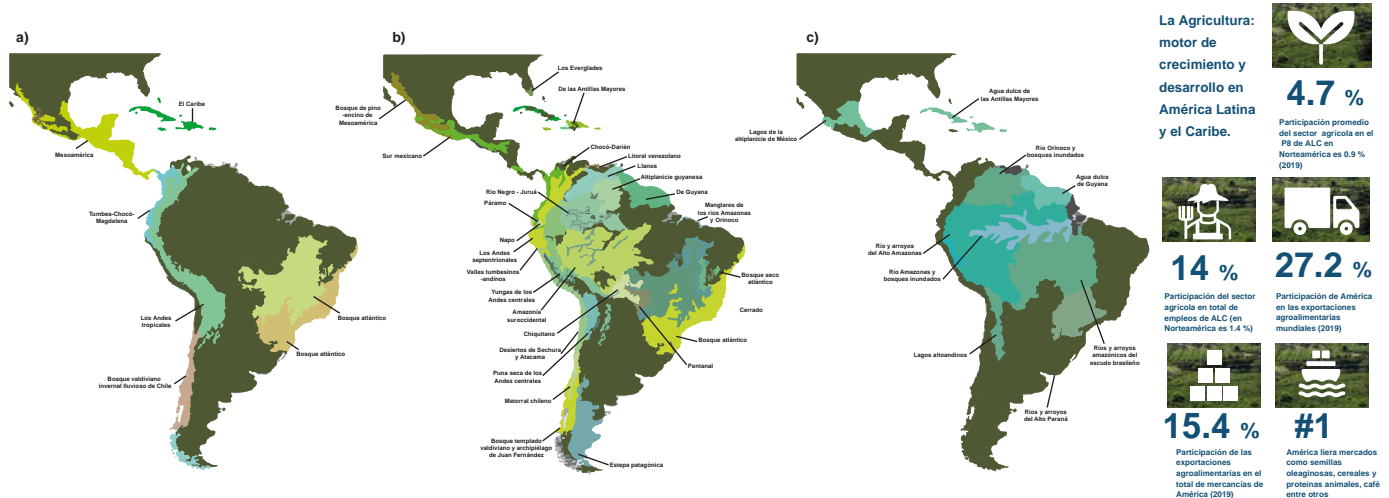
Fuente: FES Transformación, 2022 y Calix y Blanco, 2020.

Ventaja comparativa de América Latina y el Caribe

ALC es una región mega biodiversa, lo que crea un escenario único para permitir una interacción sólida entre diversos tipos de agricultura y aprovechamiento de especies silvestres, diversificación de la actividad económica y conocimiento ancestral para lograr los objetivos de desarrollo sostenible y una bioeconomía regional sostenible.

ALC es rica en diversos sistemas de producción, capaz de producir alimentos muy diversos y con ello ofrecer dietas balanceadas, donde se aproveche la diversidad de cultivos y microclimas al máximo. Sin embargo, se requiere de un enfoque integrado para abordar la falta de productividad, ineficiencia y desigualdad de los sistemas agroalimentarios sin aumentar la tierra agrícola, donde se preserven los servicios ecosistémicos y los aspectos socioculturales. Un ejemplo es el enfoque de territorios sostenibles adaptados al clima (Aggarwal *et al.* 2018) que se ha implementado en Colombia, Honduras, Guatemala y Nicaragua por parte del Programa de Investigación de Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). El codesarrollo y la implementación de prácticas y tecnologías de intensificación sostenibles climáticamente inteligentes a medida permitirán que todos los tipos de agricultura sean sostenibles y complementarios para que la seguridad alimentaria y nutricional se cumpla en toda la región y también en el mundo, mediante la producción sostenible de la agrobiodiversidad de ALC. El tema de la agrobiodiversidad viva en la región ofrece opciones de diversificación económica como agro-ecoturismo y la promoción del patrimonio alimentario regional. Se pueden ver ejemplos de iniciativas en Mongabay Latam (2023). Este proceso contribuirá a una bioeconomía sustentable con potencial para generar trabajo, reducir emisiones, restaurar ecosistemas y biodiversidad local y generar innovaciones tecnológicas y de conocimiento, (Figura 8).

Figura 8. Mapa de ALC y sus *richspots*.



Nota: a) *Hotspots* de biodiversidad; b) ecorregiones terrestres de global 200; c). ecorregiones de agua dulce global 200. *Richspots* se definen como la combinación de áreas prioritarias bajo dos esquemas de conservación diferentes basados en la irremplazabilidad: *hotspots* de biodiversidad y ecorregiones globales 200. ALC tienen siete de los 32 *hotspots* de biodiversidad del mundo y cerca del 60 % de la vida terrestre y especies de agua fresca y marinas del mundo se encuentran en esta región. Este gran potencial es crítico para alcanzar los objetivos globales de desarrollo y climáticos. Sin embargo, esta mega biodiversidad está amenazada por varios factores, como la expansión agrícola y la alta dependencia en recursos naturales con prácticas no sostenibles. Es prioritario implementar innovaciones y políticas que protejan la biodiversidad. Enfoques como la intensificación sostenible climáticamente inteligente pueden contribuir a que la agricultura continúe siendo el motor de crecimiento y desarrollo en ALC y que sea el eje central de una bioeconomía sostenible en la región.

Fuente: Adaptado de Manes y Vale 2022.

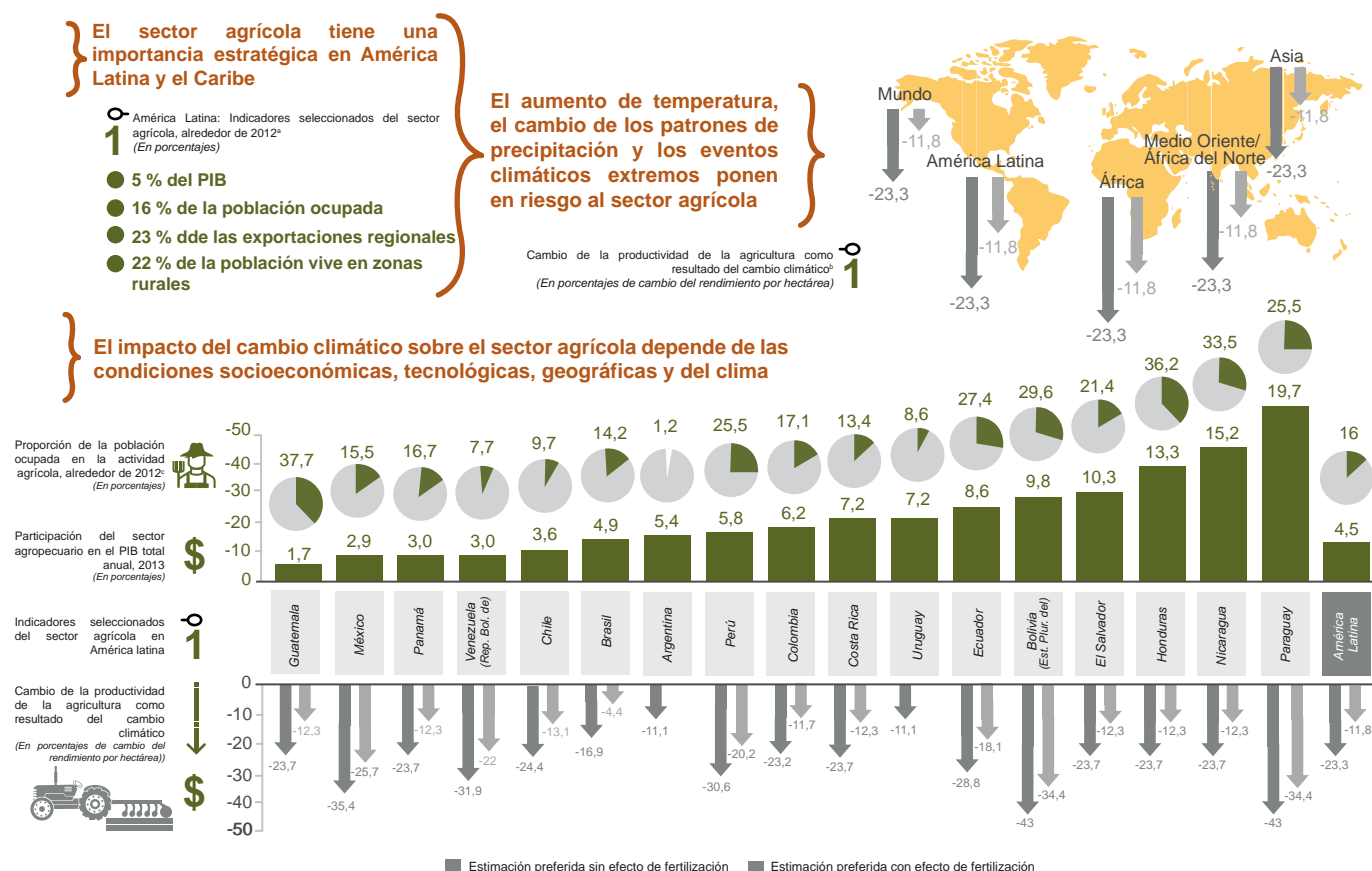
IS y el cambio de clima y variabilidad

El incremento de riesgos debido al cambio de clima y variabilidad climática impulsa la urgencia de transformar los sistemas agroalimentarios en sistemas sostenibles más inclusivos y competitivos que conduzcan a mejorar la resiliencia de los sistemas de producción y la provisión de servicios ecosistémicos, de manera que disminuya la emisión de GEI en la región. La intensificación sostenible climáticamente inteligente es un camino basado en la evidencia para lograr estos objetivos.

La intensificación sostenible climáticamente inteligente tiene el potencial de enfrentar el cambio y la variabilidad climática y contribuir a los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), como: eliminar la pobreza y el hambre, reducir la degradación de suelos, promover equidad de género, entre otros aspectos. Existen muchos desafíos para escalar a la adopción de innovaciones climáticamente inteligentes. Estos desafíos incluyen aspectos sociales, culturales, información climática, planes y estrategias políticas y de inversión. Para enfrentar al cambio climático y la variabilidad climática y así mejorar el bienestar de agricultores, se requiere la implementación de portafolios de prácticas, tecnologías y servicios agropecuarios diversos de contexto específico e innovadoras (por ej. herramientas digitales) apoyadas por sistemas de gobernanza, planeamiento e inversión que incentiven la adopción de estas tecnologías acompañadas con actividades

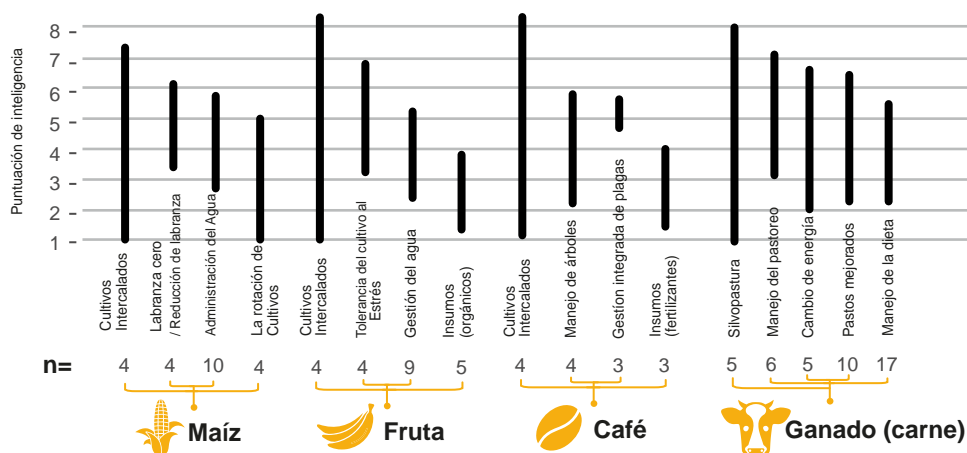
enfocadas a la gestión de riesgos. Las políticas agropecuarias deben basarse en evidencia científica que ayude al entendimiento e identificación de sinergias y tradeoffs en múltiples escalas, por lo que el uso de métodos y herramientas para la evaluación de sistemas agropecuarios e identificación de estos tradeoffs es fundamental (Valdivia *et al.* 2019; Antle y Valdivia 2021), (Ilustración 9).

Figura 9. Impactos en el sector agrícola en América Latina como consecuencia del cambio climático.



Es fundamental diseñar e implementar innovaciones que impulsen el aumento de la productividad mientras se transforman los sistemas de producción hacia modelos resilientes y con bajas emisiones.

Tecnologías climáticamente inteligentes con mejor puntuación ("smartness score") en sistemas de producción prioritarios



Nota: Debido a la importancia estratégica del sector agrícola en ALC, los impactos económicos, sociales y ambientales del cambio climático pueden traer graves consecuencias, no solo para la región, sino para el resto del planeta. Sin embargo, está claro que la magnitud de estos impactos depende de las condiciones socioeconómicas, tecnológicas, geográficas y políticas implementadas tanto para la adaptación al cambio y variabilidad climática, así en la mitigación de emisiones de GEI. Por ello fundamental implementar políticas y tecnologías de contexto específico donde la ciencia y la política desempeñen un rol concluyente. La intensificación sostenible junto a enfoques climáticamente inteligentes ya se ha implementado en sistemas de producción comúnmente priorizados, como maíz, frutas, café y ganadería.

Fuente: Adaptado de CEPAL 2016 y Sova *et al.* 2018

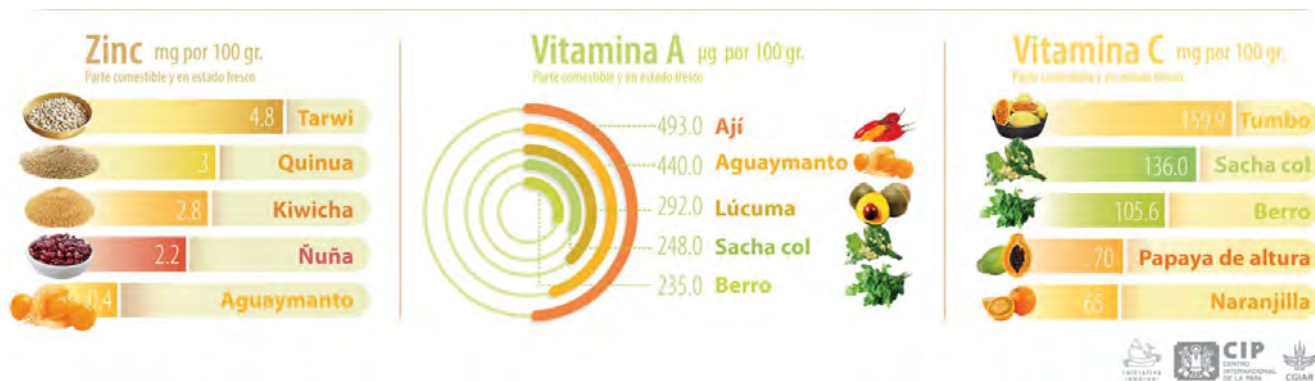
Agrobiodiversidad, biodescubrimiento y valor agregado

En ALC existen importantes centros de domesticación y diversificación de cultivos, por ejemplo: en los Andes, la Amazonía y Centroamérica. En ellos existe amplio número de cultivos nativos, cientos de variedades locales y conocimientos ancestrales asociados que en su conjunto tienen el potencial de transformar la bioeconomía.

La valorización de los recursos de la biodiversidad en diferentes sectores de la economía tiene un enorme potencial. Para su aprovechamiento, se requiere urgentemente mayor inversión en ciencia e innovación, específicamente en biodescubrimiento para la cuantificación y valorización de propiedades nutraceuticos, funcionales y diferenciales. La creciente dependencia humana de semi-especies silvestres recientemente fue reafirmada en la evaluación temática del uso sostenible de especies silvestres de la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Biodiversidad y Servicios de los Ecosistemas (IPBES 2022). Muchas de ellas tienen un enorme potencial, pero carecen de investigación en biodescubrimiento, opciones de intensificación sostenible o procesamiento local. Se deben promover iniciativas participativas y de transformación social que promueven la intensificación sostenible, asociatividad y transformación local, (Figura 10).

Figura 10. Alimentos andinos excepcionales para la salud.





Nota: Muchos cultivos no tradicionales se han convertido en productos bandera de la bioeconomía en varios países en ALC, como la maca y la quinua en los Andes, el açai y copoazú en la Amazonia y la chía y el amaranto en Centroamérica (Canales *et al.* 2020). En el 2021, las exportaciones peruanas de quinua ascendieron a 53 061 toneladas con un valor de USD 110 millones; sin embargo, estas bajaron en el 2022 a solo USD 94 millones. En el 2019, Brasil produjo 1,4 millones de toneladas de açai, pero apenas exportó 1 % de este. Ambos ejemplos de estos “superalimentos” o “alimentos del futuro” han sufrido procesos de intensificación no sostenible, lo que ha puesto en riesgo su real potencial bioeconómico (Andreotti *et al.* 2022; Campbell *et al.* 2018). Aún hay muchas especies en ALC con mucho potencial como las vainillas nativas (Parizaca 2019; Householder *et al.* 2010), frutas amazónicas (Silva 2011) y animales terrestres y acuáticos (Rosales *et al.* 2019).

Fuente: Centro Internacional de la Papa 2020.

Enfoque participativo-territorial

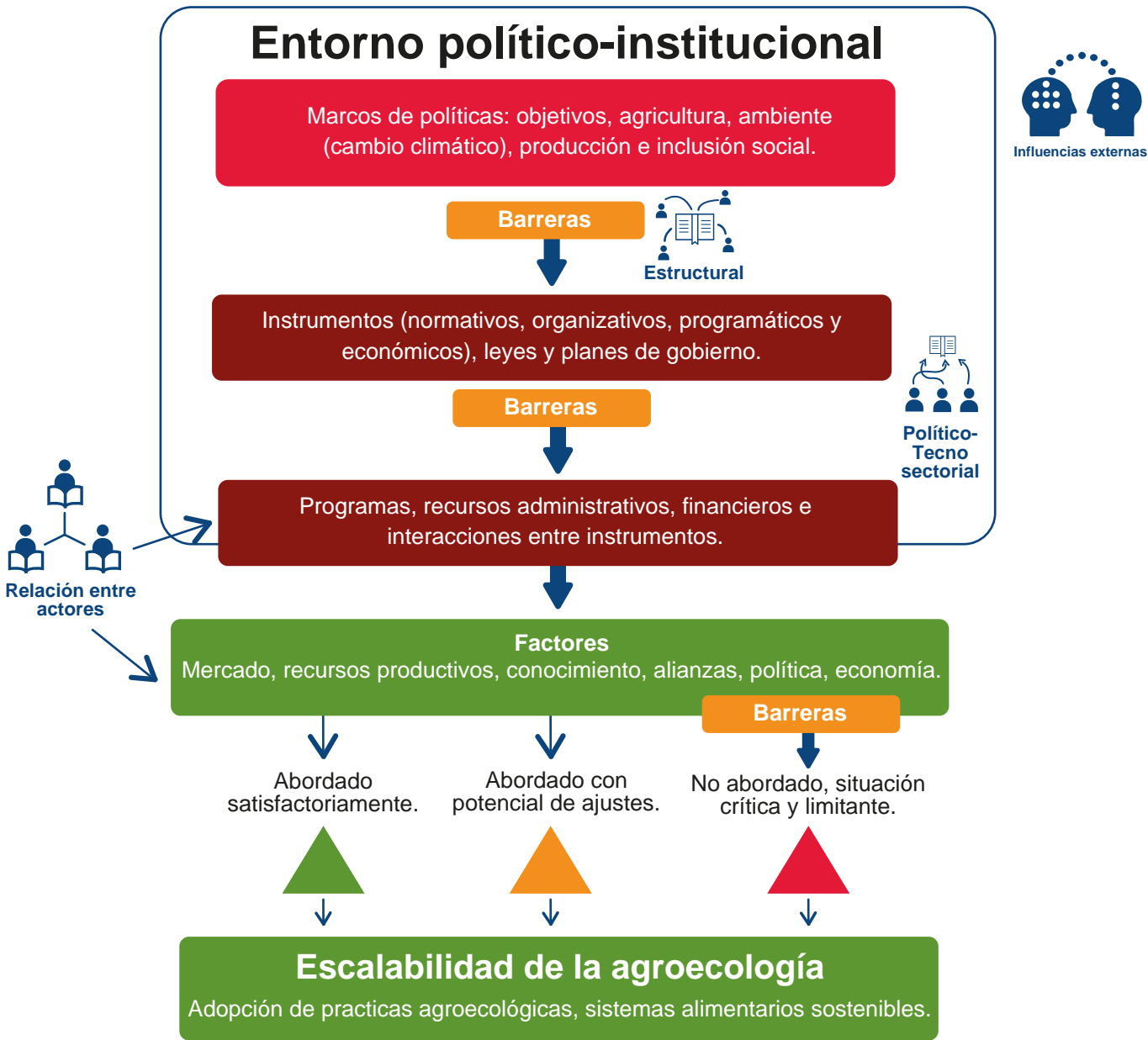
Los enfoques participativos que permiten la identificación, selección, priorización y validación conjuntas de las prácticas y tecnologías propuestas son la esencia para el éxito de la transición de la IS y deben responder a las necesidades y capacidades de los actores locales, los recursos y el capital humano. El mapeo de las partes interesadas y el entendimiento de sus relaciones en el contexto agro social, la evaluación sociotécnica de las soluciones dentro de la agroecología y el desarrollo de modelos de negocios inclusivos son todos componentes que deben considerarse para garantizar el éxito de contexto específico.

IS trata de encontrar soluciones adaptadas al contexto local, donde las ventajas comparativas pueden desarrollarse y combinarse dentro de la geografía situacional de las unidades productivas. Es vital explorar e identificar soluciones que permitan una acción inclusiva, en la que los grupos vulnerables de las comunidades rurales –en particular las mujeres, los jóvenes y los grupos indígenas– puedan participar activamente en el diseño, desarrollo y despliegue de las intervenciones. Además, se necesita un enfoque “agro-socio-técnico” localizado que conecte el potencial de producción con la capacidad rural organizacional y las partes interesadas de la cadena de valor local, donde se incluyan las perspectivas y necesidades de las iniciativas públicas y privadas (Gardeazabal *et al.* 2023).

Esto se puede lograr mediante enfoques participativos donde los actores locales co-construyen espacios de intercambio de conocimientos y aprendizaje, en los que agricultores, sus comunidades y asociaciones, proveedores de extensión y servicios pueden calibrar soluciones a las necesidades locales (Andrieu *et al.* 2019). Por último, pero no menos importante, los

representantes de entidades públicas y privadas locales son esenciales para complementar e interactuar en este espacio de innovación, ya que estos grupos producen aliados o socios necesarios en los modelos de negocio que pueden escalar las intervenciones en condiciones del mundo real e ir más allá de los intentos basados en datos para el salto tecnocrático.

Figura 11. Marco analítico para el análisis del escalamiento de la agroecología.



Nota: El estudio se centró en identificar barreras y oportunidades, definir vías factibles para ampliar la agroecología y promover una agricultura resiliente y adaptada al clima, que incluya a los principales actores y sus prioridades en cada país.

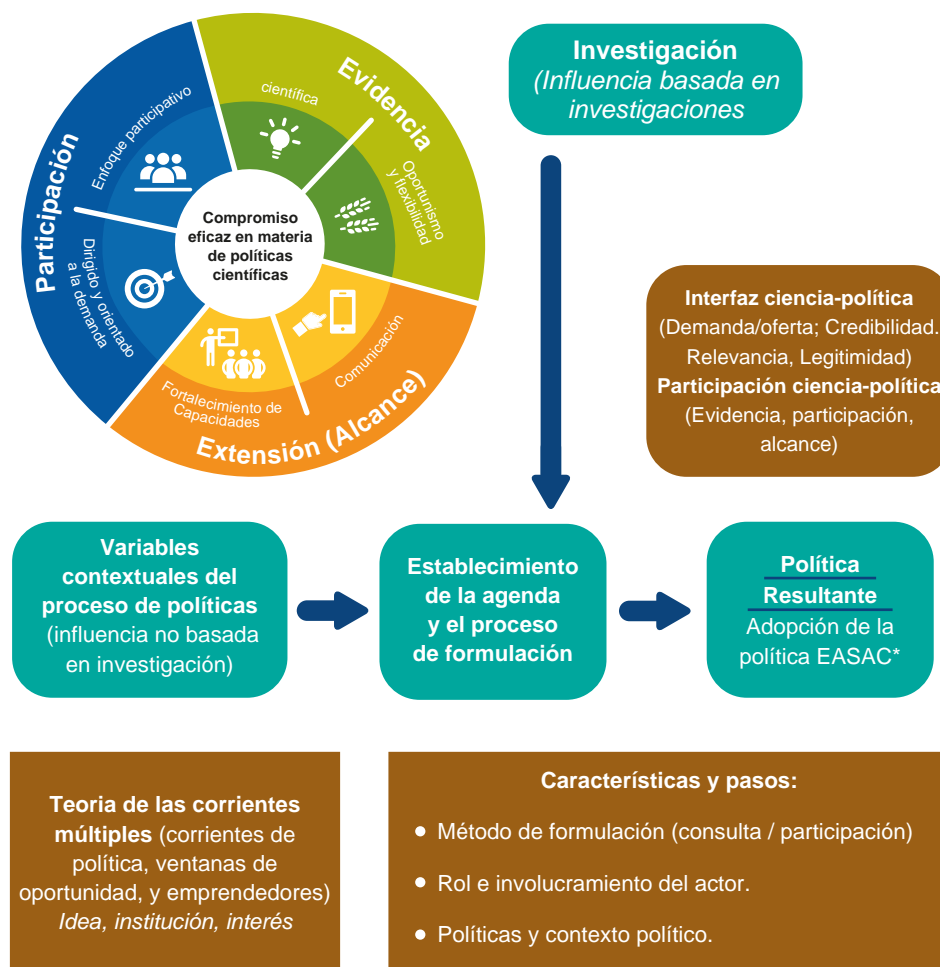
Fuente: Valdivia-Díaz y Le Coq 2022a.

Enfrentando la brecha ciencia-política

La interfaz ciencia-política debe fortalecerse y ser tangible para informar sobre la formulación e implementación de políticas que incluyan una intensificación sostenible contextualizada y orientada hacia bioeconomías sostenibles en ALC.

La intensificación sostenible requiere un enfoque multiescalar y multidimensional, en el que la generación de datos y pruebas constituya un instrumento adaptado para la formulación y aplicación de políticas. La creación de capacidad está diseñada para que todos los sectores (privado, público y sociedad civil) y todas las escalas (local a nacional) tengan acceso a herramientas y enfoques personalizados, actualizados y utilizables. Por ello se debe promover la participación activa de los investigadores y científicos y de los responsables en los procesos de formulación de políticas en los debates sobre la investigación. Es necesaria la inversión en la recolección de datos y desarrollo e implementación de enfoques de investigación que provean información con evidencia científica para el apoyo en la toma de decisiones.

Figura 12. Integrando ciencia con políticas y toma de decisiones.



"Estrategia Regional de Agricultura Sostenible Adaptada al clima para la región SICA (*Regional Climate Smart Agriculture Strategy for the SICA Region*)

Nota: El proceso de incidencia de la ciencia en procesos de política pública requiere de diversos elementos (científicos y no científicos) para que sea efectivo. El ejemplo de la Estrategia de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima para la región del SICA (EASAC) es un ejemplo de cómo se pueden desarrollar dichos procesos. Con base en el enfoque de teoría programática para relacionamiento efectivo entre ciencia y política, que se muestra en el Program theory for effective science-policy engagement (Dinesh *et al.* 2018), promovido por el marco del Programa de Investigación del CGIAR en CCAFS, se desarrolló un marco analítico integrador para analizar la formulación y adopción de la EASAC y el rol de la ciencia en este proceso (Le Coq *et al.* 2021). Este marco resalta la importancia de adoptar dinámicas flexibles en los procesos de políticas y la generación de ciencia, a fin de converger en términos de tiempos, alcances y resultados. Los resultados de la implementación de esta política fueron analizados en Collazos *et al.* 2021.

Fuente: Consejo Agropecuario Centroamericano 2017.

Necesidad de mejorar capacidades en diferentes niveles y promover equidad e inclusión.

Es necesario diseñar e implementar un plan progresivo de desarrollo de capacidades para los actores individuales, pero también organizacionales, de cooperación y de contexto local, regional y nacional. La IS comienza con el mejoramiento de capacidades con base en la premisa de que fortalecerá acciones transformadoras con impactos positivos, equitativos e inclusivos a corto y largo plazo.

La intrincada complejidad de cómo las diferentes prácticas y tecnologías trabajan juntas en el campo, además de la transición implícita hacia un uso más juicioso de los insumos y recursos agrícolas, representa una curva de aprendizaje empinada y una actitud más gerencial o empresarial de los agricultores y sus socios. La capacitación de capacitadores y el desarrollo continuo de capacidades de los agricultores en combinación con la participación con los proveedores locales de insumos y servicios para una mayor conciencia sobre la sostenibilidad de las granjas es esencial si se quiere lograr la IS a mayor escala y a largo plazo. Empoderar a las mujeres a nivel local para que tomen más decisiones sobre el uso de los recursos naturales, involucrar a los jóvenes como curadores de conocimientos y datos (especialmente con herramientas digitales) y la adopción de sistemas de conocimientos tradicionales en los sistemas de producción agrícola y arbustiva son componentes esenciales y deben guiar los sistemas de apoyo a la toma de decisiones que definen las políticas e intervenciones locales y nacionales. Especialmente en ALC, donde hay comunidades diversas con costumbres y necesidades cambiantes, es importante dar una respuesta a la medida a esta diversidad, incluyendo el conocimiento ancestral y fortaleciendo las redes de colaboración y cooperación (Martínez-Barón *et al.* 2018) tal y como lo indica la figura 13.

Figura 13. Invirtiendo en procesos de mejoramiento de capacidades inclusivos y equitativos.



Nota: Al lado izquierdo, se identifican los cuatro niveles de desarrollo de capacidades, sus interacciones y lo que se quiere mejorar dentro de las actividades de un proyecto. El equipo del proyecto debe estar consciente y tener la capacidad de invertir en el desarrollo de capacidades de los principales actores y en los contextos específicos (Woltering *et al.* 2022). En el lado derecho, se muestra un caso exitoso que incluyó el mejoramiento de capacidades en diferentes niveles, con el objetivo de implementar una alternativa tecnológica. El proyecto fue ejecutado por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). El objetivo es aumentar la productividad y sustentabilidad de la producción arrocerá en ALC, con énfasis en la inclusión de los pequeños agricultores de cada país miembro de la Plataforma Regional de Innovación (PRI). Los beneficiarios directos del proyecto serán los productores de arroz distribuidos en 900 unidades de agricultura familiar (AF) y 210 unidades de productores de arroz mecanizado (AM). La cantidad de productores indirectos: 1800 (AF), 420 AM y 30 productores de semilla de arroz. En el campo del conocimiento, el proyecto permitirá la apropiación de la tecnología por parte de los 245 105 productores agropecuarios en el ámbito nacional y el fortalecimiento en la capacidad de toma de decisiones de los agentes de cambio. Actualmente se han entrenado cinco estudiantes, 192 productores y 20 técnicos. También se realizaron 30 días de campo (2022).

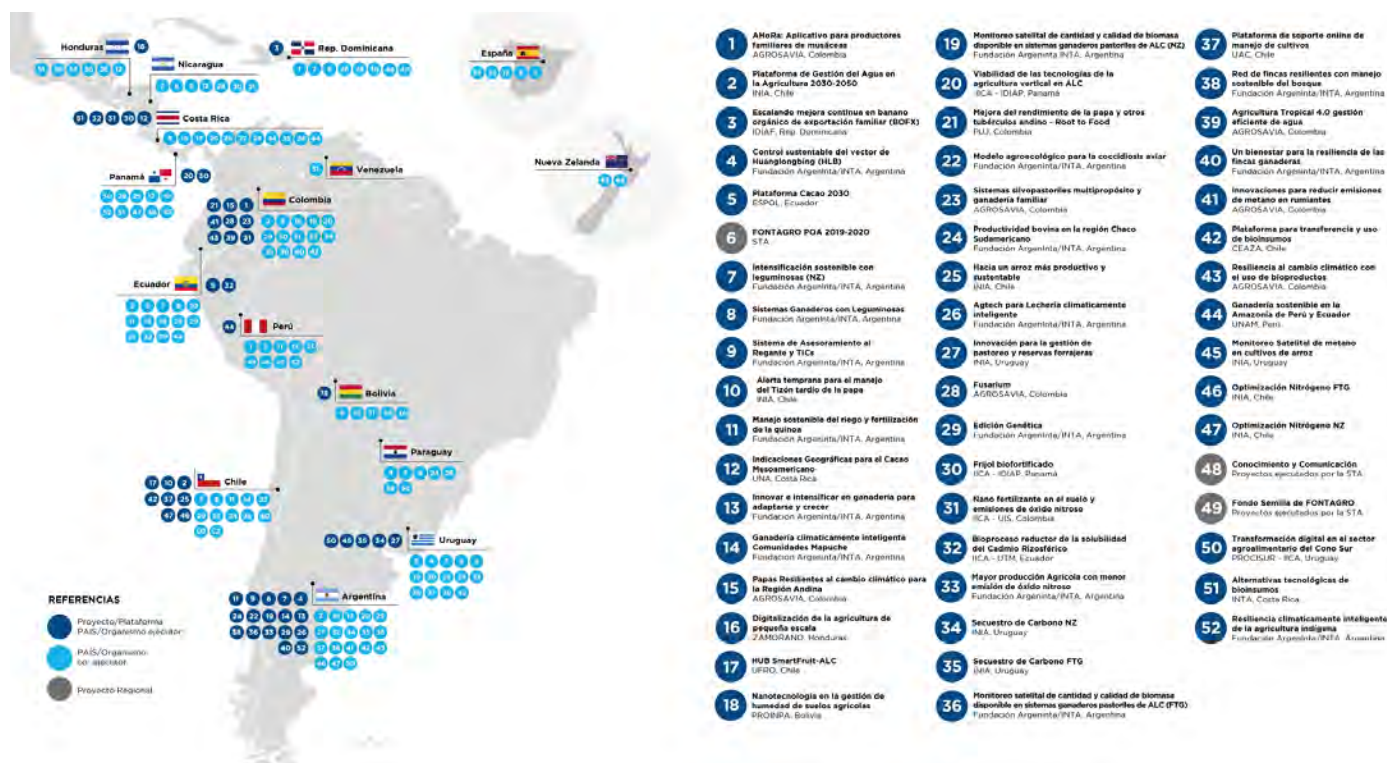
Fuente: Elaboración propia con base en IDIAP 2022.

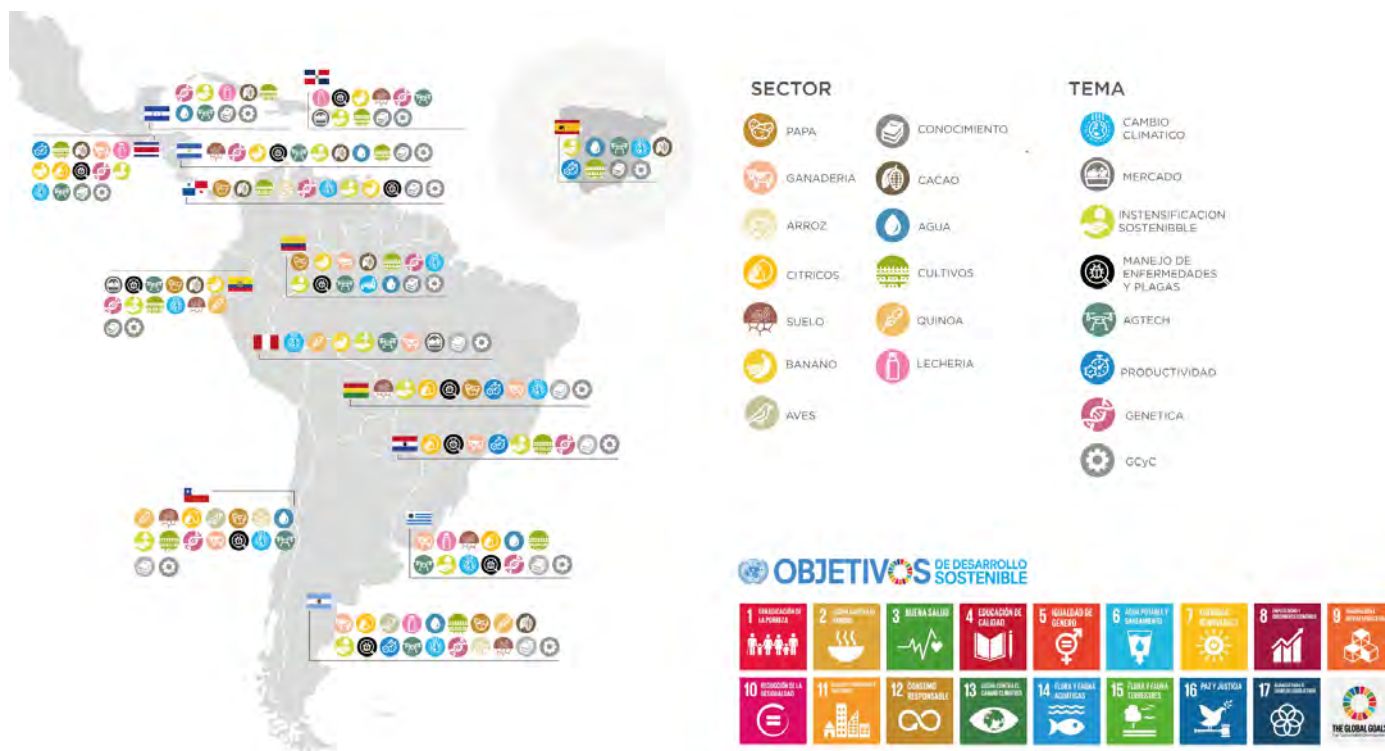
Instituciones y soporte a prácticas de IS

Se debe reconfigurar la estructura institucional hacia un ecosistema coordinado de instituciones a diferentes escalas para asegurar que la implementación de prácticas de IS tenga los resultados esperados en ALC. Esto involucra la innovación en sociedades y alianzas público-privadas-sociedad civil con un enfoque de pensamiento no convencional (*out-of-the-box thinking*) que contribuya a una bioeconomía sostenible.

Para mejorar la red de instituciones internacionales y nacionales de apoyo al sector agrícola y ganadero, coordinar esfuerzos de fomento a las diferentes áreas y obtener beneficios al corto y largo plazo, no solo se requiere incrementar el nivel de inversión regional en IS y sistemas agroalimentarios y alcanzar las metas de desarrollo sostenible, sino también el desarrollo de programas y políticas que se orienten hacia poblaciones y ecosistemas más vulnerables de la región (vulnerables a cambio de clima y variabilidad climática, pobreza, seguridad alimentaria). Por ejemplo, se deben establecer incentivos para adoptar prácticas de mitigación de GEI, como por ejemplo la creación de mercados de carbono con la participación de entidades públicas, privadas y la sociedad civil. Para esto, es fundamental la inversión en proyectos de investigación que evalúen prácticas de IS, donde se revele que dichas prácticas incrementan su producción. Asimismo, se debe invertir en la generación de nuevos sistemas de información y recolección de datos e implementación de métodos y herramientas de análisis que provean de información adecuada a los tomadores de decisión, (figura 14).

Figura 14. Proyectos financiados por FONTAGRO en ALC y su contribución a los ODS.





Nota: El Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) es un mecanismo único global para el cofinanciamiento estratégico y sostenible enfocado en investigación, desarrollo e innovación del sector agrícola en ALC. Gracias a una extensa red de alianzas estratégicas, FONTAGRO ha consolidado un modelo institucional que permite la inclusión de actores clave enfocados en estos temas. Esta labor se hace aún más importante dados los retos y riesgos que enfrenta la agricultura, ya que busca apoyar a los institutos nacionales de investigación en agricultura para generar conocimiento y capacidades que resulten en innovaciones que promuevan una agricultura más sostenible y competitiva.

Fuente: FONTAGRO, 2023.

Repensando las vías de intensificación sostenible

El cambio hacia el nuevo paradigma para una bioeconomía sustentable, que tenga a la IS como elemento clave, debería integrar los múltiples e interdependientes objetivos de las prácticas agrícolas sostenibles y cumplir con las necesidades humanas (por ejemplo: seguridad alimentaria y nutricional). Consecuentemente, debe contribuir a la resiliencia y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios.

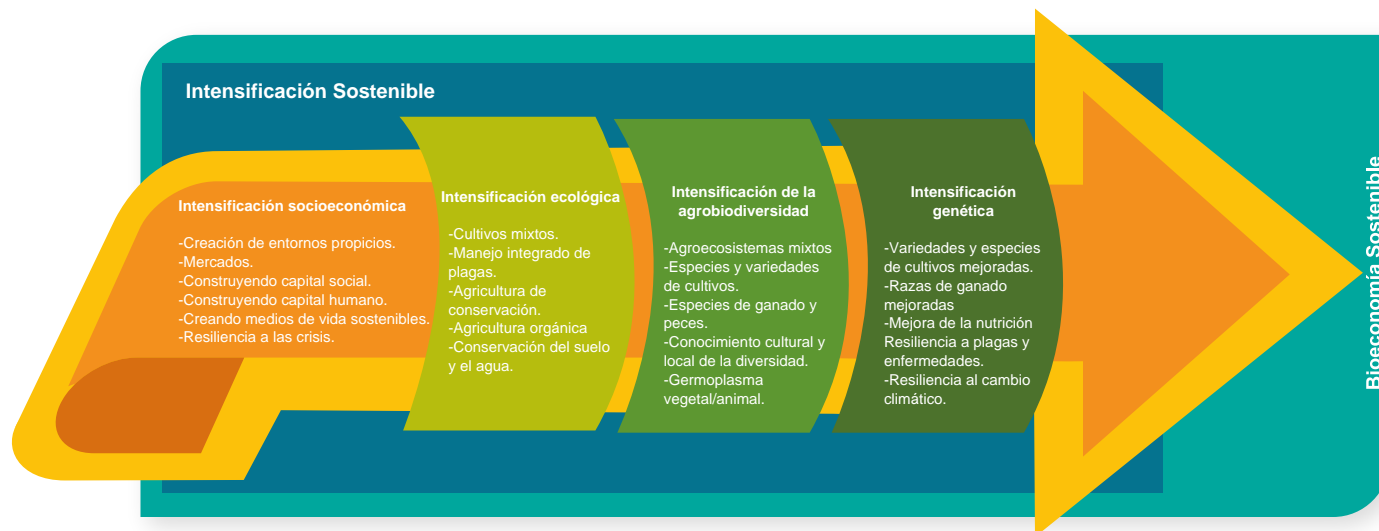
La redefinición de IS debe ser holística, es decir, que haga énfasis el *para qué* (impacto, objetivos de corto/largo plazo), *para quién* (beneficiarios), *con quiénes* (socios, aliados) y *cómo* (estrategias que permitan alcanzar los objetivos) dado un contexto específico, más allá del *qué* (¿qué cultivo?, ¿qué tecnología?). El aporte de la IS climáticamente inteligente a la bioeconomía radicará principalmente en las estrategias implementadas que fortalezcan las interacciones entre *agricultura-ambiente-sociedad-tecnología*, donde se aprovechen las ventajas comparativas de ALC

con participación directa de actores claves, una estrecha relación entre ciencia y políticas y con el soporte necesario de instituciones internacionales y nacionales. La complementariedad de la intensificación sostenible con la agricultura climáticamente inteligente implica una serie de beneficios y sinergias para el desarrollo rural y la mejora de la calidad de vida. Algunos de estos aspectos son:

- 1. Creación del ambiente habilitador.** La combinación de prácticas sostenibles y tecnologías climáticamente inteligentes crea un ambiente favorable para la adopción de prácticas agrícolas responsables con el medio ambiente. Esto incluye la promoción de políticas adecuadas, incentivos, inversión y marcos regulatorios que fomenten la transición hacia una agricultura más sostenible.
- 2. Acceso y creación de mercados.** La adopción de prácticas agrícolas sostenibles y climáticamente inteligentes puede abrir oportunidades para acceder a mercados más exigentes en términos de sostenibilidad y generar un mayor valor agregado a los productos agrícolas.
- 3. Creación de capital humano y social.** La transición hacia prácticas agrícolas más sostenibles y resilientes requiere conocimientos y habilidades específicas. Esta transformación promueve la capacitación de agricultores y comunidades rurales, lo que conduce a un aumento del capital humano y a el fortalecimiento del tejido social en las áreas rurales.
- 4. Resiliencia a choques.** La adopción de prácticas agrícolas sostenibles aumenta la resiliencia de los sistemas agrícolas frente a diversos choques, como eventos climáticos extremos, enfermedades de cultivos o crisis sociales y económicas. Esto ayuda a garantizar la continuidad de la producción y los medios de vida de las comunidades rurales.
- 5. Intensificación ecológica.** La intensificación sostenible busca aumentar la producción agrícola de manera equilibrada con el mantenimiento y mejora de los servicios ecosistémicos. Se promueve el uso eficiente de los recursos naturales y se evita la degradación del suelo y la pérdida de biodiversidad.
- 6. Agrobiodiversidad y genética.** La diversificación de cultivos y la conservación de la agrobiodiversidad son componentes esenciales de la intensificación sostenible. Esto no solo contribuye a la seguridad alimentaria y nutricional, sino que también protege la diversidad genética de las plantas y animales, lo que puede ser crucial para la adaptación futura al cambio climático y para enfrentar desafíos agrícolas emergentes.

En conclusión, el marco conceptual de la intensificación sostenible y climáticamente inteligente hacia una bioeconomía sostenible enfatiza la sinergia entre prácticas agrícolas responsables, la adaptación al cambio climático y la promoción del desarrollo rural sostenible. La implementación de este enfoque puede tener beneficios significativos en términos de seguridad alimentaria, resiliencia y mejora de los medios de vida de las comunidades rurales, (figura 15).

Figura 15. Marco conceptual de la intensificación sostenible climáticamente inteligente hacia una bioeconomía sostenible.



Nota: La complementariedad de la intensificación sostenible con la agricultura climáticamente inteligente facilita diversidad de aspectos como la creación del ambiente habilitador, acceso y creación de mercados, creación de capital humano y social, así como resiliencia a choques de diversa índole, que al final redundan en mejores medios de vida. Todo esto se lograría si se abordan dimensiones como la intensificación ecológica, de agrobiodiversidad y genética.

Fuente: Adaptado de *The Montpellier Panel* 2013.

Referencias bibliográficas

- Aggarwal, P.K., Jarvis, A., Campbell, B.M., Zougmore, R.B., Khatri-Chhetri, A., Vermeulen, S.J., Loboguerrero, A.M., Sebastian, L.S., Kinyangi, J., Bonilla-Findji, O. and Radeny, M., 2018. The climate-smart village approach: framework of an integrative strategy for scaling up adaptation options in agriculture. Ecology and Society. Vermont.
- Andreotti, F; Bazile, D; Biaggi, C; Callo-Concha, D; Jacquet, J; Jemal, OM; King, OI; Mbooso, C; Padulosi, S; Speelman, EN; Can Noordwijk, M. 2022. When neglected species gain global interest: Lessons learned from quinoa's boom and bust for teff and minor millet. Global Food Security (32):100613.
- Andrieu, N; Howland, F; Acosta-Alba, I; Le Coq, JF; Osorio-Garcia, AM; Martinez-Baron, D; Gamba-Trimiño, C; Loboguerrero, AM; Chia, E; 2019. Co-designing climate-smart farming systems with local stakeholders: a methodological framework for achieving large-scale change. Frontiers in Sustainable Food Systems (3):37.
- Antle, JM; Valdivia, RO; 2021. Trade-off analysis of agri-food systems for sustainable research and development. Q Open 1(1): qaaa005. Disponible en <https://doi.org/10.1093/qopen/qaaa005>
- Cálix, Á; Blanco, M. 2020. Los desafíos de la transformación productiva en América Latina: perfiles nacionales y tendencias regionales. Tomo 1: Región Andina. México, Friedrich-Ebert-Stiftung. Proyecto Regional Transformacion Social-Ecologica.
- Campbell, BM; Thornton, P; Zougmore, R; Van Asten, P; Lipper, L. 2014. Sustainable intensification: What is its role in climate smart agriculture? Current Opinion in Environmental Sustainability (8):39-43.
- Campbell, AJ; Carvalheiro, LG; Maués, MM; Jaffé, R; Giannini, TC; Freitas, MAB; Coelho, BWT; Menezes, C. 2018. Anthropogenic disturbance of tropical forests threatens pollination services to açai palm in the Amazon river delta. Journal of Applied Ecology 55(4):1725-1736.
- Canales, N; Gomez, J; Fielding, M. Dugarte, M. 2020. The Potential of Quinoa in Bolivia's Bioeconomy. SEI Report. Stockholm Environment Institute, Stockholm.
- Centro Internacional de la Papa. 2020. Tesoros de los Andes: 15 alimentos andinos excepcionales para la salud. Lima, Perú, CIP.

- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2016. Seguridad alimentaria, nutrición y erradicación del hambre CELAC 2025: elementos para el debate y la cooperación regionales (en línea). Santiago, Chile. Disponible en <https://hdl.handle.net/11362/40348>
- Collazos, S; Howland, F; Le Coq, JF. 2021. Evaluación de la estrategia agricultura sostenible adaptada al clima (EASAC) para la región SICA. Teoría de cambio de la EASAC y resultados identificados en los países de la región SICA. CGIAR, Programa CCAFS.
- Comisión Interamericana de Mujeres. 2022. Las mujeres rurales, la agricultura y el desarrollo sostenible en las Américas en tiempos de COVID-19 (en línea). Reporte. Organización de Estados Americanos (OEA). Disponible en <https://www.oas.org/es/cim/docs/DocumentoPosicion-MujeresRurales-FINAL-ES.pdf>.
- Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC). 2017. Estrategia agricultura sostenible adaptada al clima para la región del SICA (2018-2030). (en línea). San José, CAC.
- Cristini, M. 2023. Cambio climático, protección de medioambiente y biodiversidad: desafíos y oportunidades (en línea). Policy Papers. Caracas, CAF. Disponible en <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2035>.
- Dinesh, D; Zougmore, R; Vervoort, E; Thornton, P; Solomon, D; Shirsath, P; Pede, V; Noriega, I; Läderach, P; Körner, J; Hegger, D; Girvetz, E; Friis, A; Driessen, Peter; Campbell, B. 2018. Facilitating Change for Climate-Smart Agriculture through Science-Policy Engagement. Sustainability 10(8):26-16. <https://doi.org/10.3390/su10082616>.
- Gardeazabal, A., Lunt, T., Jahn, M.M., Verhulst, N., Hellin, J. and Govaerts, B., 2023. Knowledge management for innovation in agri-food systems: a conceptual framework. Knowledge management research & practice, 21(2), pp.303-315
- FES Transformacion. 2022 (en línea). Plataforma Interactiva de FES Transformación. México. Consultado 8 feb. 2023. Disponible en https://public.tableau.com/app/profile/fes.transformacion/viz/PlataformaInteractivadeFESTransformacin_F/Introduccion.
- FONTAGRO, 2017. Intensificación sostenible de la agricultura familiar en Perú y Bolivia. (en línea). FONTAGRO. Estados Unidos. Consultado 8 de feb 2023. Disponible en: <https://www.fontagro.org/new/proyectos/intensificacion-sostenible-de-la-agricultura-fami/es>

- FONTAGRO, 2017. Intensificación sostenible de la agricultura familiar en Perú y Bolivia. (en línea). FONTAGRO. Estados Unidos. Consultado 8 de feb 2023. Disponible en: <https://www.fontagro.org/new/proyectos/intensificacion-sostenible-de-la-agricultura-fami/es>
- FONTAGRO, 2020. Quiénes somos. FONTAGRO. Estados Unidos. Consultado 8 de feb 2023. Disponible en: <https://www.fontagro.org/es/quienes-somos/>
- Householder, E; Janovec, J; Balarezo, A; Huinga, J; Wells, J; Valega, R; Maruenda, H; Christenson, E. 2010. Diversity natural history, and conservation of vanilla (Orchidaceae) in Amazonian wetlands of Madre de Dios, Peru. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*.4(29), pp.227-243.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). 2022. Masificando el sistema intensificado del cultivo de arroz (SICA) para producir más con menos. Arroz más productivo y sustentable para Latinoamérica (en línea). Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Consultado 8 ene. 2023. Disponible en <https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/arroz-mas-productivo-y-sustentable-para-latinoamerica/es>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación por la Agricultura). 2016. Cosechando innovación: un modelo de México para el mundo. México: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- IPBES. 2022. Summary for policymakers of the thematic assessment of the sustainable use of wild species of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Alemania, IPBES.
- Le Coq, JF; Martinez-Baron, D; Veeger, M; Meza, L; Loboguerrero, AM. 2021. Integrating Climate-Smart Agriculture in regional policy through a fast-track process: Experience from Central America and the Dominican Republic. CCAFS Working Paper no. 381. Wageningen, the Netherlands, CGIAR Research Program CCAFS.
- Liedtka, J; Salzman, R; Azer, D. 2017 Design thinking for the greater good: Innovation in the social sector. New York Chichester, West Sussex: Columbia University Press. <https://doi.org/10.7312/lie17952>.
- Manes, S; Vale, MM. 2022. Achieving the Paris agreement would substantially reduce climate change risks to biodiversity in central and South America. *Regional Environmental Change*, 22(2):60.

- Mongabay Latam. 2023. Bosques que sanan: Cinco iniciativas que muestran la riqueza de los sistemas forestales (en línea). Mongabay Periodismo ambiental independiente en Latinoamérica. Consultado 8 ene. 2023. Disponible en <https://es.mongabay.com/2023/03/dia-internacional-de-los-bosques-conservacion-salud/>.
- Martinez-Baron, D; Orjuela, G; Renzoni, G; Rodríguez, AML; Prager, SD. 2018. Small-scale farmers in a 1.5 C future: The importance of local social dynamics as an enabling factor for implementation and scaling of climate-smart agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability* (31):112-119.
- Parizaca, D. 2019. *Vanilla yanesha* (Orchidaceae), a new species of the membranaceous-leaved group from the central rainforest of Peru. *Willdenowia* (49):5–9. Disponible en <https://doi.org/10.3372/wi.49.49101>.
- Ritchie, H; Roser, M. 2021. Forests and Deforestation (en línea). OurWorldInData.org. Consultado 27 jul. 2023. Disponible en <https://ourworldindata.org/forests-and-deforestation>.
- Rosales, M; Mejía, JA; Ambrocio, N; Iannaccone, JA; Lleellish, M. 2019. Comercio internacional y distribución de beneficios de la fibra de vicuña. *NOVUM* 2(9): 9-28.
- Sasson, A; Malpica, C. 2018. Bioeconomy in Latin America. (en línea). *New Biotechnology* 40(A), pp. 40-45. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.07.007>.
- Silva, S. 2011. *Frutas da Amazonia Brasileira*. Sao Paulo. Brasil, METALIVROS.
- Sova, CA; Grosjean, G; Baedeker, T; Nguyen, TN; Wallner M; Jarvis, A; Nowak, A; Corner-Doloff, C; Girvetz, E; Laderach P; Lizarazo, M. 2018. Bringing the Concept of Climate-Smart Agriculture to Life: Insights from CSA Country Profiles Across Africa, Asia, and Latin America. Washington, DC, Banco Mundial, CIAT.
- Valdivia, RO; Antle, JM. Stoorvogel, JJ; 2017. Designing and evaluating sustainable development pathways for semi-subsistence crop–livestock systems: lessons from Kenya. *Agricultural Economics* 48(S1):11-26.
- Valdivia, R; Antle, J; Homann-Kee Tui, S; Mutter, C; Evengaard, A; Ruane, A; Witkowski, K. 2019. Enhancing Agricultural Production and Food Security amid a Changing Climate: A New Approach to Inform Decision-Making. San José, Costa Rica, IICA.

- Valdivia-Díaz, M; Le Coq JF. 2022a. Roadmap for the scaling up of Agroecology in Ecuador, Colombia and Peru. CCAFS Info Notes. Wageningen, Netherlands, CGIAR Research Program on CCAFS.
- Woltering, L; Alvarado, MDRB; Stahl, J; Van Loon, J; Hernández, EO; Brown, B; Gathala, MK. Thierfelder, C. 2022. Capacity development for scaling conservation agriculture in smallholder farming systems in Latin America, South Asia, and Southern Africa: exposing the hidden levels. Knowledge Management for Development Journal.17(1): 1-23
- Wright, A. 2021. Agriculture and Biodiversity in Latin America in Historical Perspective. In Oxford Research Encyclopedia of Latin American History. Oxford University Press.

Biorrefinerías: Una oportunidad para el desarrollo socioeconómico ambiental de ALC

2.3

Autor: Aramendis Ramírez, RH. (SURICATA).

Introducción

Una de las bases del desarrollo fundamentado en la bioeconomía como paradigma productivo es la transformación de los recursos para producir biomasa vegetal a partir del proceso fotosintético que involucra energía solar, diferentes componentes minerales, agua y dióxido de carbono (CO₂). Dicha biomasa puede ser procesada en biorrefinerías para producir una serie de bioproductos con usos finales en alimentos, fibras y energías. Por tanto, las biorrefinerías se constituyen en uno de los principales senderos para el desarrollo de la bioeconomía en el continente americano y el mundo.

Conceptos básicos: la biomasa

Para una comprensión clara del concepto fundamental de una biorrefinería y de sus principios básicos de operación, es necesario entender previamente el concepto de biomasa, sus orígenes, sus clasificaciones y sus diferentes usos. FAO (2023) indica que la biomasa es todo material de origen biológico que está presente tanto en cultivos energéticos, como en residuos agrícolas y forestales, en estiércol o biomasa microbiana, pero excluye del concepto a la biomasa que se encuentra en los depósitos fósiles. Con respecto a sus orígenes, la biomasa puede provenir de cuatro fuentes principales: la vegetal, la animal, la residual y la de los cultivos energéticos. La vegetal es el resultado directo de la actividad fotosintética sobre los vegetales; la animal proviene de las cadenas biológicas de los diferentes seres vivos que se nutren de la biomasa vegetal; la residual es un subproducto de las diversas actividades agrícolas, ganaderas, animales, forestales, industriales e incluso de residuos de zonas urbanas; y la de cultivos energéticos proviene de cultivos como oleaginosas (soya, palma, colza, entre otras), poáceas (caña de azúcar) y herbáceos (maíz, avena y otras) que se destinan principalmente a la obtención de biocombustibles, bien sean sólidos, líquidos o gaseosos (FAO 2011).

Para otros autores como Tursi (2019), la biomasa puede clasificarse en cuatro grandes categorías: a) biomasa proveniente de madera y leñosa, b) biomasa herbácea, c) biomasa acuática, d) biomasa de residuos animales y humanos y e) mezclas de biomasa.

La gestión convencional de la biomasa le brinda un tratamiento y una adecuación primaria básica para convertirla en compost o biogás. Sin embargo, así se desaprovecha todo su potencial energético y se disminuye la posibilidad de convertirla en múltiples productos industriales con aplicaciones en diferentes sectores económicos. Una biorrefinería permite expandir y hacer más eficiente todas las posibilidades del uso de la biomasa.

¿Qué caracteriza a una biorrefinería?

Una biorrefinería se caracteriza porque logra integrar de manera exitosa diversos tipos de procesos (biológicos, físicos, químicos, etc.), tanto de acondicionamiento primario, que convierte la biomasa en compuestos intermedios (azúcares, ácidos grasos, etc.), como de transformación secundaria, que reconvierte a los intermediarios en productos finales con diversas aplicaciones (López *et al.* 2020:51).

Una biorrefinería también se caracteriza porque emplea fuentes renovables, en contraposición a las biorrefinerías petroquímicas convencionales que usan recursos de origen fósil no renovable.

Refinerías petroquímicas convencionales vs biorrefinerías

Lo que fundamentalmente diferencia a una refinería petroquímica convencional de una biorrefinería es la manera cómo se emplean los bloques de construcción.

En una industria petroquímica los bloques de construcción pueden ser metanol, etileno, propileno, butadieno, benceno, entre otros, que sirven como el output para producir distintos tipos de polímeros y compuestos químicos; mientras que en una biorrefinería, estos bloques de construcción pasan a ser aminoácidos, ácidos grasos volátiles (AGV), alcoholes, celulosa, esteroides, lignina, lípidos CO_2 , gas de síntesis, proteínas, etc. que me permiten obtener productos tan variados como biofertilizantes, biomateriales, químicos biobasados y biocombustibles entre muchos otros. (De Jong *et al.* 2020:7).

Biorrefinería: definición

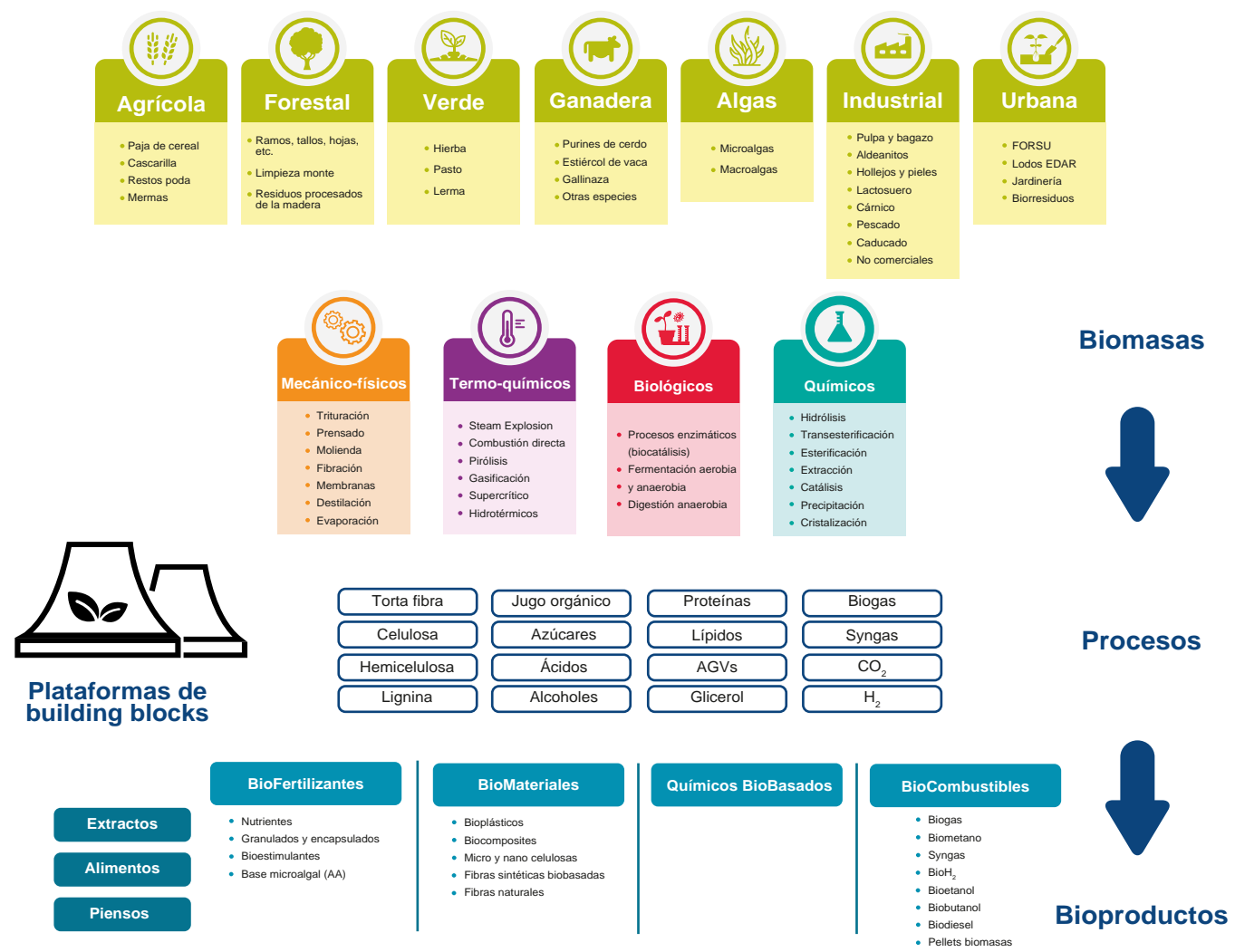
En pocas palabras, una biorrefinería es una instalación que transforma la biomasa en productos aplicables a diversos campos industriales, como alimentos, bioproductos, energía, fertilizantes y piensos, entre muchos otros. Una definición más sofisticada indica que una biorrefinería es “el procesamiento sostenible de la biomasa que utilizando una amplia variedad de tecnologías de conversión de manera integrada obtiene un espectro de productos comercializables alimentos, piensos, materiales, químicos), energía (combustibles, energía y calor)” (Parisi 2018:1).

Clasificación de las biorrefinerías

No existe aún en el ámbito internacional, un consenso definitivo relacionado con los criterios de clasificación para las biorrefinerías. Para algunos autores, como Nizami (2017), la clasificación puede basarse en el tipo de materia prima y en los procesos de conversión empleados. Según este autor, existen biorrefinerías primarias (usan leña, astillas de madera y otros como materia prima) y biorrefinerías secundarias o avanzadas (que convierten la materia prima en productos

como biodiesel, éter, entre otros). Para otros autores (López *et al.* 2020), las biorrefinerías pueden clasificarse según su grado de desarrollo tecnológico, tipo de biomasa tratada (agrícola, domestica, forestal, industrial) o tipo de plataforma química que empleen (azúcares, grasas, proteínas, etc.). Parisi (2020) propone clasificarlas según el tipo y la variedad de productos obtenidos y en ella se pueden encontrar biorrefinerías que obtienen múltiples productos, múltiples categorías de productos o por la integración entre productos y energía. En la figura 16 se muestran los diferentes tipos de biomasa, procesos, bloques de construcción y productos obtenidos en una biorrefinería.

Figura 16. Tipo de biomasas, procesos, bloques de construcción y productos obtenidos en una biorrefinería.



Fuente: López N. *et al.* 2020.

Biorrefinerías en ALC

Una buena parte de las biorrefinerías que operan actualmente en ALC son del tipo convencional. Usan como materia prima biomasa vegetal con plataformas químicas fundamentales de almidón o azúcar y aceite o grasa para obtener uniproduitos, como el etanol y el biodiesel, respectivamente, y en algunos casos, energía y otros subproductos¹².

La industria de la caña de azúcar en ALC es la principal fuente de transformación de las biorrefinerías de primera generación que obtienen etanol y, en algunos casos, otros subproductos energéticos. Algunas cifras en la región dan cuenta de este avance: Brasil produjo 596,1 millones de toneladas de caña y tiene 371 factorías sucro-energéticas para el período 2022-2023 (Diniz 2022). México tiene 6 059 942 toneladas producidas en la zafra 2020-2021 y una operación de 49 ingenios azucareros (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural 2021). Colombia tiene 241 205 hectáreas sembradas, 24,3 millones de toneladas de caña producida, 438 millones de litros de bioetanol y 1615 GWh de energía generada (2020).

En palma de aceite la producción de aceites y grasas en América fue de 46 millones de toneladas (2014), en la que el aceite de palma representó un 8 % del total de aceites. En América Latina la producción es liderada por Colombia, seguida por Ecuador, Honduras, Guatemala y Brasil, que juntos aportan cerca del 84 % de toda la producción de América. En un análisis histórico de productividad, se destaca que países como Guatemala y Honduras presentaron aumentos muy significativos en porcentaje de crecimiento en producción (539,1 % y 253,8 %, respectivamente) en el período (2001-2014) (González-Cárdenas 2016).

La región muestra oportunidades importantes para implementar a corto plazo biorrefinerías que empleen como insumo fundamental los residuos agroalimentarios, las aguas residuales y urbanas y los residuos plásticos.

La FAO estima que actualmente se pierdan o desperdician, tanto en procesos de cosecha como de distribución, más de 1300 millones de toneladas métricas de los alimentos producidos en el mundo. Corresponden por grupos de alimentos: raíces, frutas, hortalizas y semillas oleaginosas (40-50 %), pescados (35 %), cereales (30 %) y (20 %) de la carne y los productos lácteos. Estos alimentos serían suficientes para alimentar a cerca de 2000 millones de personas. También se estima que en ALC se presenta aproximadamente el 6 % de estas pérdidas globales alimentos (78 millones de toneladas métricas aproximadamente) y que cada año en la región se pierde o desperdicia alrededor del 15 % de sus alimentos disponibles (Benítez 2022).

¹² Este tema se desarrolla en el próximo capítulo.

El Programa de medio Ambiente de la Organización de Naciones Unidas (ONU) indica que en ALC la generación total de residuos municipales aumentará significativamente y pasará de 541 mil toneladas/día en el 2014 a 670 toneladas/día para el 2050, lo que representará un promedio de 1 kg/día/persona de este tipo de residuos (Pon 2021).

Se calcula que alrededor de 13 millones de toneladas de residuos de plástico llegan a los mares del mundo y entran a la cadena alimentaria, lo cual pone en riesgo la salud humana (PNUMA 2018). También, se sabe que en ALC se generan aproximadamente 17 000 toneladas de residuos plásticos por día (Residuos Profesional 2022).

En el caso de las frutas y verduras, es posible emplear la piel, la pulpa o las semillas en una biorrefinería como fuente de compuestos bioactivos (carotenoides y ácidos grasos). En relación con los subproductos de la acuicultura y la industria cárnica, se pueden obtener compuestos bioactivos como fosfolípidos y péptidos. El cuadro 7 presenta algunos ejemplos de aprovechamiento de residuos agroalimentarios en procesos de biorrefinerías.

Cuadro 7. Aprovechamiento de residuos agroalimentarios en procesos de biorrefinerías.

Residuo agroalimentario	Compuesto bioactivo	Bioactividad	Uso potencial
Cáscara de frijol negro	Antocianina Ácidos grasos (linoléico, oléico)	Antioxidante	Suplemento y colorante alimentario
Semilla de guayaba ¹³	Compuestos Fenólicos (vainilla, cinamaldeido)	Energético en rumiantes	Aceite comestible
Cáscara de café	Compuestos fenólicos (Ac clorogénico)	Antioxidante	Aditivo antioxidante
Residuos de naranja (epicarpio, albedo)	L-limoleno, Ac Palmítico y oleico	Antioxidante y antimicrobiano	Aditivo antioxidante y antimicrobiano

Fuente: AECID 2021.

¹³ Vega, M, S et al. (2017). Evaluación de semillas de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa en la nutrición ruminal. Universidad Autónoma de Zacatecas. México.

Biorrefinerías de lignocelulosa en ALC

América Latina puede y debe avanzar hacia el montaje y operación a largo plazo de biorrefinerías de lignocelulosa.

El área total de bosques en el mundo es de 4060 millones de hectáreas (ha), que corresponde al 31 % de la superficie total de la tierra. Las zonas tropicales poseen la mayor proporción de los bosques del mundo (45 %). El resto está localizado en las regiones boreales, templadas y subtropicales. Las plantaciones forestales abarcan cerca de 131 millones de hectáreas, lo que representa el 3 % de la superficie forestal mundial y el 45 % de la superficie total de bosques plantados. La proporción más alta de plantación forestal se encuentra en América del Sur, donde este tipo de bosque representa el 99 % de la superficie total de bosque plantado y el 2 % de la superficie forestal total. El 44 % de las plantaciones forestales del mundo está compuesto principalmente por especies introducidas, pero existen grandes diferencias entre regiones. Así, en América del Norte y América Central están compuestas principalmente por especies nativas y en América del Sur, casi en su totalidad, por especies introducidas (FAO 2020)¹⁴.

Las plantaciones forestales son una fuente inmensamente variada de lignocelulosa, la cual puede ser considerada como la biomasa de carácter natural más abundante que se obtiene por fotosíntesis. Además, es renovable y ampliamente distribuida y está constituida por tres fracciones principales: la celulosa (polímero de glucosa), la hemicelulosa (pentosas) y la lignina (fenoles). La biomasa lignocelulósica está constituida aproximadamente por celulosa (del 30 % al 57 %), hemicelulosa (entre el 8 % y el 40 %) y lignina (entre un 11 % y un 25 %). Tiene la ventaja de ser considerada un recurso renovable, ya que se encuentra ampliamente disponible tanto en su forma natural, como en las plantaciones forestales.

Una biorrefinería lignocelulósica puede operarse a través de rutas bioquímicas y termoquímicas y actualmente las mismas (sic) están centradas en la producción de etanol celúlosico; considerado como un biocombustible de 2da generación, sin embargo, si las mismas biorrefinerías se especializan en trabajar a partir de rutas bioquímicas es posible obtener biocompuestos de alto valor agregado, así como compuestos alternativos a los formaldehidos, aglomerantes, adhesivos, etc. (Villanueva *et al.* 2020:4)

El cuadro 8 muestra algunas biorrefinerías de etanol celúlosico que operan a escala comercial con diferentes fuentes de materias primas.

¹⁴ Una plantación forestal es aquella que se maneja de manera intensiva, compuesta por una o dos especies de edad uniforme, plantadas con un espaciamiento regular y establecida principalmente para fines productivos.

Cuadro 8. Biorrefinerías seleccionadas de etanol celulósico en operación a escala comercial.

Empresa	Lugar	Materia prima	Plataforma	Estado
Borregaard	Noruega (Sarpsborg)	Madera	Licor procesado de madera	En operación
Domsjö Fabriker AB	Suecia (Domsjö)	Madera	Licor procesado de madera	En operación
Enviral y Clariant	Eslovaquia (Leopoldov)	Residuos agrícolas de paja de trigo	Azúcares	Puesta en operación 2019
New Energy Investors	EE.UU. Jamestown (Dakota del Norte)	Residuos agrícolas (restos de maíz y paja de trigo)	Azúcares	Puesta en operación 2019
St1, SOK y NEOT	Finlandia (Pietarsaari)	Biomasa leñosa (residuos de la industria forestal)	Azúcares	Puesta en operación 2020
St1 y Vikeng Skog SA	Noruega (Hønefoss)	Biomasa leñosa (residuos de la industria forestal)	Azúcares	Puesta en operación 2021

Fuente: Morán 2015.

Casos exitosos de biorrefinerías en ALC

Se comienzan a presentar en la región algunos ejemplos pioneros y otros ya avanzados y otros exitosos de operación comercial de biorrefinerías en Argentina, Colombia, México y Panamá.

Desde el año 2017 a la fecha, el desarrollo de biorrefinerías en todo el mundo viene en permanente y acelerada evolución. El *Bio Based Industry Consortium* (BIC) en el 2017 reportó la existencia de 224 biorrefinerías en Europa. En el 2018 la Comisión Europea (EC) reportó 803 biorrefinerías en la Unión Europea (UE), de las cuales 507 (63 %) producían químicos biobasados, 363 (45 %) combustibles líquidos y 141 (17,5 %) compuestos y fibras. Para el 2020, se reportaron 2362 biorrefinerías de todo tipo en Europa (proceso productivo completo o parcial, producción única o múltiple, con abastecimiento de energía o sin ella, de diferente escala –piloto, demostrativa y comercial– y de diferente nivel de alistamiento). De estas biorrefinerías, el 92,5 %

son comerciales y solo el 7,5 % corresponden a plantas piloto o demostrativas (Parisi 2018).

Como desarrollos internacionales recientes relacionados con biorrefinerías, en Europa se logró la obtención de hidrógeno verde neutro en carbono a partir de 4 millones de toneladas de desechos y subproductos provenientes de destilerías del Reino Unido y 127 millones de toneladas de desechos agrícolas de Malasia. Esto fue posible mediante una alianza ejecutada entre la compañía estatal petrolera de este país, PETRONAS, y la Universidad Heriot-Watt del Reino Unido (BioEconomía 2022a). Además, contribuyó la puesta en operación en el 2022 de la biorrefinería AFyn Neoxy en Grand Est Moselle de Francia, que producirá a lo largo de dos años cerca de 16 000 toneladas métricas de siete ácidos carboxílicos de base biológica con aplicaciones en sectores de alimentación humana y animal, aromas, fragancias, lubricantes, ciencia de materiales y ciencias de la vida (BioEconomía 2022b).

América Latina no es ajena a todos estos desarrollos y ya se comienzan a presentar en la región algunos casos pioneros de biorrefinerías que usan diferentes fuentes de biomasa, poseen diferentes grados de alistamiento tecnológico y obtienen diferentes tipos de productos. A continuación, se presentan algunos ejemplos:

- En **Argentina** se encuentran en operación dos modelos exitosos de biorrefinería que operan en escalas diferentes: la refinería **Tigonbu** que, a partir de la producción de maíz, implementó un proceso 360 grados de economía circular para obtener etanol, aceite de maíz, burlanda, vinazas, aves de engorde, biogás, energía eléctrica y biofertilizantes; y las biorrefinerías tipo **Mini Dest de Porta Hermanos** que actúan como plantas modulares de operación remota, las cuales permiten el procesamiento de maíz y la producción de alcohol y alimento animal en los establecimientos agropecuarios, de modo tal que logran agregar valor en el territorio e integran la agricultura y la ganadería en procesos sustentables.
- En **Colombia**, desde noviembre del 2021, comenzó a operar la biorrefinería **Refoenergy Bitá**, donde se generan 4,5 megavatios-hora de energía eléctrica que suple las necesidades energéticas de Puerto Carreño, capital del departamento del Vichada, todo esto a partir de biomasa forestal cultivada (Valorem 2022).
- En **Brasil**, varios son los casos exitosos que pueden citarse: **Raizem**, con operaciones en Brasil y Argentina. Opera como un joint-venture entre la *Royal Dutch Shell* y el grupo Cosan. Produce azúcar, etanol y bioenergía; **COFCO**, en el mismo segmento, es considerado uno de los cinco más grandes comercializadores de azúcar en el mundo; y **Braskem**, que tiene una línea de polímeros y resinas de base sostenible y renovable, cuya materia prima es la caña de azúcar que permite obtener polietileno, eva y cera de polietileno de base renovable basada en caña de azúcar.

- En **México** se encuentra **Biofields**, que actúa como una biorrefinería de algas verde azuladas (cianobacterias) para producir etanol, con la enorme ventaja de que el cultivo se realiza en tierras marginales y zonas desérticas con régimen casi pleno de radiación solar (328 días/año), lo que trae importantes beneficios sociales y ambientales (Gálvez y Hernández 2019).

Acciones requeridas para la promoción de biorrefinerías en ALC

América Latina debe contar con un inventario y clasificación completa de las biorrefinerías existentes que al menos incluya: a) tipos de materia prima empleada; b) tipos de plataformas empleadas; c) tipos de procesos empleados; y d) productos obtenidos.

Existen en la región varias iniciativas de trabajo en red que buscan desarrollar plataformas conjuntas de investigación y desarrollo sobre el uso de la biomasa, principalmente con fines energéticos, dentro de las cuales es posible destacar las siguientes: la Red Iberoamericana de Tecnologías de Biomasa y Bioenergía Rural (REBIBIR), la Red CYTED de Optimización de los procesos de extracción de biomasa sólida para uso energético (IBEROMASA), la Red Mexicana de Bio Energía (REMBIO) y la Red Colombiana de Energía de la Biomasa (RedBiocol). Sin embargo, es necesario avanzar para que el ámbito de estas redes colaborativas de trabajo no se circunscriba únicamente a la bioenergía, sino que abarque otro tipo de potenciales productos y tecnologías de transformación e incluya en su ámbito aspectos normativos, regulatorios, de economía circular y de mitigación del cambio climático, entre otras. Un buen ejemplo para seguir puede ser la Plataforma Tecnológica y de Innovación Española de Biomasa para la Bioeconomía (BIOPLAT).

Es fundamental que en la región se genere o actualice la información básica para un uso eficiente de la biomasa. Para ello se deben incluir por lo menos los siguientes elementos:

- Geolocalización de la biomasa total disponible en el territorio, lo cual puede lograrse con el apoyo de sistemas como Global Positioning Systems (GPS) y Sistemas de Información Geográfica (GIS).
- Biomasa útil en el territorio mediante herramientas de la cuarta revolución industrial como la imágenes hiperespectrales más multiespectrales¹⁵ adoptadas a sensores y drones (en el caso de la biomasa agrícola).
- Mapas nacionales de potencial energético de la biomasa actualizados.
- Tipos de biomasa empleada en la región y sus fines específicos.
- Plataformas de biomasa empleadas y procesos para su tratamiento.
- Tipos de productos obtenidos a través del uso de la biomasa.

¹⁵ Las imágenes multiespectrales miden el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) que permite determinar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación mediante sensores de intensidad de radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que son reflejadas o emitidas por la vegetación.

América Latina debe avanzar hacia el establecimiento de certificaciones para estándares de biomasa y en la evaluación de sus biorrefinerías mediante procesos de ciclo de vida, huella hídrica y huella de carbono.

Tres elementos son claves para un uso eficaz de la biomasa y así garantizar la operación eficiente de una biorrefinería y la obtención de productos y procesos con el menor impacto ambiental y social: a) **la calidad y la trazabilidad** de la biomasa; b) las **certificaciones** empleadas para las materias primas, el proceso o el producto final obtenido; y c) las **evaluaciones** que pueden dar cuenta del ciclo de vida de la biorrefinería, de su consumo de agua y de su huella ambiental en términos de carbono.

ALC necesita desarrollar estándares de calidad de las variadas fuentes de biomasa que pueden emplearse como materia prima en sus biorrefinerías, lo que significa trabajar con todos los actores de las cadenas, desde los agricultores, los transformadores, hasta los industriales, con el fin de asegurarse una trazabilidad completa de la biomasa que mejore la calidad de los productos biobasados y permita un acceso más eficaz a los diferentes mercados. Un ejemplo interesante puede ser el que actualmente desarrolla la Red de Calidad de Biomasa de Canadá (BQNC) que proporciona trazabilidad de biomasa para varias cadenas agroalimentarias, por medio de la empresa *TrustBIX Inc.* (BioEconomía 2022c).

Con respecto a las certificaciones, estas son tan variadas como cultivos, procesos y sectores industriales existen y pueden ser obligatorias o voluntarias y generales o particulares. A modo de ejemplo, podemos citar las certificaciones específicas para tres cultivos: palma de aceite, caña de azúcar y soja. La **palma de aceite** tiene la certificación de la Mesa Redonda sobre Aceite de Palma Sostenible (**RSPO**), que promueve una producción y uso de aceite de palma con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica, la certificación del Programa de Aceite de Palma Sostenible en Indonesia (**ISPO**) y la certificación del estándar de Aceite de Palma Sostenible de Malasia (**MSPO**). La **caña de azúcar** cuenta con la certificación **BONSUCRO 4.2 (2016)** que certifica la producción sostenible de caña de azúcar. La **soja** tiene las certificaciones **RTRS Versión 3.0 (2016)** que certifica la producción sostenible de soja y la **RSPO P&C (2013)** que certifica la producción sostenible del aceite de la soja.

Como certificaciones generales que no pueden obviarse en la operación de una biorrefinería, pueden citarse las certificaciones: Certificación Internacional de Sostenibilidad y Carbono (**ISCC**) que avala la protección de la biosfera y un uso sostenible de la tierra para industrias de biomasa y energía o la **BETTER BIOMASS NTA 8080-1 (2015)** para los sectores de bioenergía y bioproductos.

Los **análisis de ciclo de vida (ACV)** son herramientas de gestión ambiental que me permiten evaluar los inputs y outputs de un sistema o producto durante todo su ciclo de vida, con el objeto

de determinar su sostenibilidad en el tiempo. En una biorrefinería será necesario evaluar su **huella hídrica (HH)** que mide el volumen total de agua dulce utilizado a todo lo largo de la cadena de producción de un bien o servicio y la **huella de carbono** que evalúa el volumen total de los gases de efecto invernadero (GEI) directos o indirectos (medidos como CO_{2e} o CO_{2eq}) que produce la actividad de la biorrefinería en su conjunto. (Macías 2019). Torres *et al.* 2016 desarrollan un análisis de ciclo de vida para una biorrefinería de residuos agrícolas de palma aceitera en Colombia.

Retos futuros de las biorrefinerías en ALC

Uno de los principales retos para las biorrefinerías en la región consistirá en convertir las refinerías de base petroquímica en biorrefinerías que operen bajo modelos de economía circular, con impacto positivo sobre el cambio climático y la seguridad alimentaria.

Un ejemplo pionero de esta reconversión de biorrefinerías puede verse en Panamá con la iniciativa de SGP, la cual comenzará en el 2023 la construcción de la biorrefinería Ciudad Dorada para la producción de hidrógeno verde a partir de los subproductos de la elaboración de biocombustibles. Una vez entre en pleno funcionamiento, espera obtener 405 000 t de hidrógeno verde y cerca de 10 millones de metros cúbicos de biocombustible por año (BioEconomía 2022d).

Referencias bibliográficas

- AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo). 2021. Biorrefinerías en tiempos del Covid 19. Conceptos y oportunidades para el desarrollo sostenible en Latinoamérica. Informe de conclusiones. Guatemala, AECID.
- Benítez, R. 2022. Pérdidas y desperdicio de alimentos en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>.
- BioEconomía. 2022a. Una petrolera apuesta a los residuos biomásicos para producir hidrógeno verde neutro en carbono (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://www.bioeconomia.info/2022/10/27/una-petrolera-apuesta-a-los-residuos-biomasicos-para-producir-hidrogeno-verde-neutro-en-carbono/>.
- BioEconomía. 2022b. Comienza a operar a escala comercial la mayor biorrefinería de ácidos carboxílicos de base biológica (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en https://www.bioeconomia.info/2022/10/04/comienza-a-operar-a-escala-comercial-la-mayor-biorrefineria-de-acidos-carboxilicos-de-base-biologica/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-bioeconomia_875.
- BioEconomía. 2022c. En Canadá lanzan un programa piloto para trazar la biomasa a lo largo de las diferentes cadenas de valor de la bioeconomía. (en línea). Buenos Aires. Consultado 3 oct. 2022. Disponible en https://www.bioeconomia.info/2022/10/06/en-canada-lanzan-un-programa-piloto-para-trazar-la-biomasa-a-lo-largo-de-las-diferentes-cadenas-de-valor-de-la-bioeconomia/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-bioeconomia_875.
- BioEconomía. 2022d. Panamá: la mayor biorrefinería del mundo producirá también hidrógeno verde con los subproductos de la elaboración de biocombustibles. (en línea). Buenos Aires. Consultado 3 oct. 2022. Disponible en https://www.bioeconomia.info/2022/10/17/panama-la-mayor-biorrefineria-del-mundo-producira-tambien-hidrogeno-verde-con-los-subproductos-de-la-elaboracion-de-biocombustibles/?utm_source=mailpoet&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter-bioeconomia_875.
- De Jong, E; Stichnothe, H; Bell, G; Jorgensen, H. 2020. Bio-based chemicals - a 2020 update. Technology Collaboration Programme. IEA Bioenergy (42):01.

Diniz, J. 2022. El sector de la caña de azúcar, ejemplo de avances en sostenibilidad (en línea, blog). Consultado 4 nov. 2022. Disponible en <https://idbinvest.org/es/blog/agronegocios/el-sector-de-la-cana-de-azucar-ejemplo-de-avances-en-sostenibilidad>.

EC (European Commission). 2022. Data-Modelling platform of resource economics: Biobased Industry (en línea). EC. Consultado 3 oct. 2022. Disponible en https://datam.jrc.ec.europa.eu/datam/mashup/BIOBASED_INDUSTRY/index.html

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2011. Bioenergía y seguridad alimentaria. el marco analítico BEFS. Serie sobre medio ambiente y la gestión de recursos naturales, 16 n.º. Roma, Italia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2020. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020 – Principales resultados. Roma, Italia.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2023. Que es bioenergía sostenible? Roma, Italia.

Gálvez, A; Hernández, I. 2019. Bioeconomía en México. En: Bioeconomía: Hodson de JE; Henry G, Trigo, E. (eds). Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Primera Edición. Bogotá, Colombia, Editorial Pontificia Universidad Javeriana.

González-Cárdenas, A. 2016. La agroindustria de la palma de aceite en América. Palmas (37):215-228.

López Neila, JC; García Acedos, M; Ruiz Fuertes, B. 2020. Biorrefinerías. El futuro para la transición hacia la (bio) economía circular. España, Industria Química, Bioenergía.

Macías Mateos, M. del V. 2019. Evaluación de ciclo de vida de biorrefinerías de algas. Proyecto fin de grado. Dpto. Ingeniería Química y Ambiental. Sevilla, España, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.

Morán, D. 2015. Biorrefinerías de etanol celulósico a escala comercial (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://biorrefineria.blogspot.com/2015/08/biorrefinerias-de-etanol-celulosico.html>.

- Nizami, AS; Rehan, M; Waqas, M; Naqvi, M; Ouda, OKM; Shahzad, K; Miandad, R; Khan, MZ; Syamsiro, M; Ismail, IMI; Pant, D. 2017. Waste biorefineries: Enabling circular economies in developing countries. *Biores Technol* (241):1101-1117.
- Parisi, C. 2018. Biorefineries distribution in the EU, Research Brief. European Commission – Joint Research Centre. Disponible en <https://doi.org/10.2760/126478>. ISBN 978-92-79-94882-4. JRC113216.
- Parisi, C. 2020. Distribution of the bioBased industry in the EU (en línea). Publications Office of the European Union. Disponible en <https://doi.org/10.2760/745867>.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). 2018. América Latina y el Caribe lucha contra el plástico en el Día Mundial del Medio Ambiente (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/america-latina-y-el-caribe-lucha-contra-el-plastico-en>.
- Pon, J. 2021. Contexto regional de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe. Ciclo de Webinars AECID/CIEMAT: El valor oculto de los residuos, oportunidades para América Latina y el Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Residuos Profesional. 2022. Ocho países de América Latina combatirán juntos la basura marina y la contaminación por plásticos (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://www.residuosprofesional.com/paises-america-latina-combatiran-basura-marina-contaminacion-plasticos/>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2021. Caña de azúcar un cultivo de importancia para México (en línea). Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cana-de-azucar-un-cultivo-de-importancia-para-mexico?idiom=es>.
- Torres Ortega, JA; Contento Rubio, OF; Herrera Orozco, H. 2016. Análisis de ciclo de vida para una biorrefinería derivada de residuos agrícolas de palma aceitera (*Elaeis guineensis*). *Revista publicaciones e investigación* 11(1):13-36.
- Tursi A. 2019. A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion (en línea). *Biofuel Research Journal* 22:962-979. Consultado 25 jun. 2020. Disponible en https://www.biofueljournal.com/article_88067.html.

Valorem. 2022. Refoenergy Bitá, energía limpia para el Vichada (en línea). Consultado 3 oct. 2022. Disponible en <https://amchamcolombia.co/business-mail/ed-178-sostenibilidad-2022/refoenergy-bitá-energía-limpia-para-el-vichada/>.

Vega, MS; Bañuelos-Valenzuela; Muro-Reyes, A; Esparza-Ibarra, E; Delgadillo-Ruiz, L. 2017. Evaluación de semillas de guayaba (*Psidium guajava* L) como alternativa en la nutrición ruminal. México, Universidad Autónoma de Zacatecas.

Villanueva, AR; Céspedes, C; De Armas Martínez, A; Arbenas Carvajal, Y; Villanueva Ramos, G. 2020. Valorización de la lignina en el concepto de biorrefinerías. Revista Centro Azúcar. 47:4. Cuba, Universidad Central Marta Abreu.

2.4 Estado y perspectivas de los biocombustibles en las Américas

Autor: Torroba, A. (IICA).

Biocombustibles líquidos: fundamentos y evolución reciente

Los biocombustibles líquidos (biodiésel y bioetanol) se utilizan para reemplazar y complementar a los combustibles fósiles (diésel y gasolina). Son una forma de industrializar los recursos biológicos. Esta industria cuenta con mayores ventajas en las Américas con respecto al resto del mundo.

Una de las bases del desarrollo fundamentado en la bioeconomía como paradigma productivo es la transformación de los recursos biológicos para producir biomasa vegetal a partir del proceso fotosintético que involucra energía solar, diferentes componentes minerales, agua y dióxido de carbono (CO₂). En este sentido, los bioproductos y las biorrefinerías (productoras de bioenergía) se constituyen como uno de los principales senderos para el desarrollo de la bioeconomía en el continente americano.

De forma genérica, la bioenergía es un tipo de energía renovable producida a partir de la biomasa derivada de algún proceso biológico o mecánico, generalmente de las sustancias que constituyen a los seres vivos o sus restos y residuos. De este tipo de energía, se derivan los biocombustibles utilizados en diferentes etapas de procesos productivos o de consumo final. De los distintos tipos de biocombustibles, se destaca una masiva producción en estado líquido y que han tenido una fuerte penetración en la matriz de combustibles fósiles de las Américas.

Entre los distintos biocombustibles líquidos se destacan:

- El bioetanol, producto utilizado como complemento o sustituto de la gasolina fósil, producido principalmente con maíz y caña de azúcar.
- El biodiésel¹⁶, producto complementario o sustituto del diésel fósil. Puede producirse con aceites vegetales y grasas animales.
- Una nueva ola de innovación en biocombustibles destinados principalmente a la aviación (biojet) y en segundo término al transporte marítimo. En este último es mucho más incipiente.

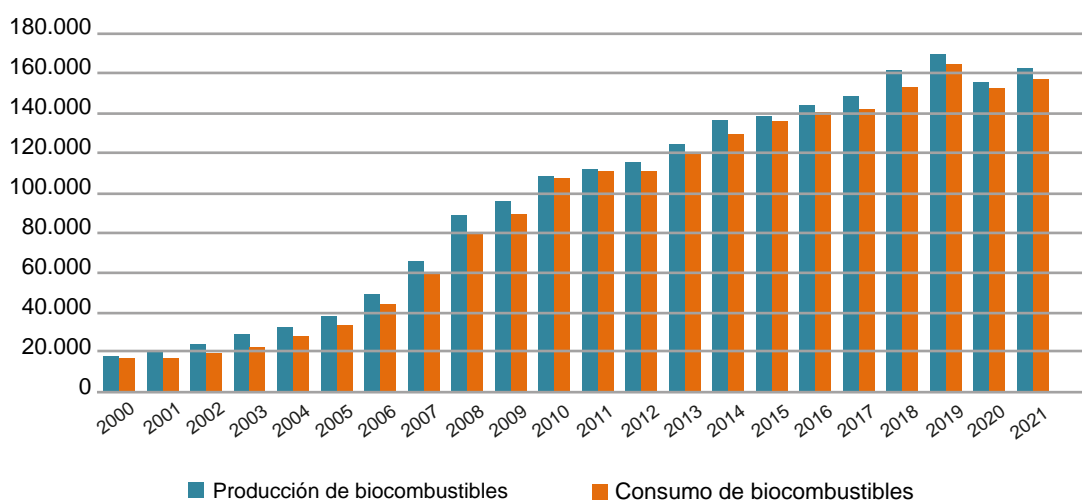
En la actualidad, los biocombustibles líquidos se siguen afianzando como parte de una transición más limpia en el marco de un paradigma de movilidad basado en la combustión interna.

¹⁶ El biodiesel es un biocombustible generado mediante la transesterificación, principalmente de aceite de palma, soja y colza con un alcohol. Esta producción es conocida como FAME, del inglés fatty acid methyl ester (éster metílico de ácido graso). A este proceso productivo se ha sumado la producción de biodiésel a partir de aceite vegetal hidrotreatado, comúnmente conocido como hydrotreated vegetable oil (HVO).

Mientras comienzan a desarrollarse nuevos paradigmas de movilidad (electromovilidad, propulsión por hidrógeno, entre otros sistemas) con muchos desafíos¹⁷ y un tiempo de masificación considerable, los biocombustibles líquidos constituyen una alternativa ambientalmente más sostenible que los combustibles fósiles, sin grandes cambios técnicos en los vehículos a combustión interna. Si se considera el total de la energía renovable utilizada en el transporte (que incluye los combustibles biológicos y la electricidad), los biocombustibles representaron el 93 % de ella. En un escenario de gran crecimiento de la movilidad eléctrica, se espera que en el 2024 los biocombustibles todavía superen el 90 % de la cuota de energía renovable en el transporte (AIE 2019).

El uso de biocombustibles se ha expandido de forma acelerada, con un incremento del 680 % durante los últimos 20 años (Torroba 2022b).

Figura 17. Evolución de la producción y el consumo de biocombustibles líquidos (en miles de m).



Fuente: Torroba 2022 b.

El creciente consumo de biocombustibles ha sido impulsado por la formulación de políticas públicas que autorizan y, en muchos casos, promueven su uso en el mundo y particularmente en las Américas. La promoción de estas políticas se establece sobre argumentos ambientales, energéticos y agrícola-económicos.

De acuerdo con Sacoto y Torroba (2021a), el establecimiento de normativas y políticas públicas en los diferentes países de las Américas, especialmente de los marcos promocionales, se fundamenta en los siguientes tres pilares, que no son mutuamente excluyentes y cuya importancia puede variar con el tiempo:

¹⁷ Entre los principales desafíos de la electromovilidad, se destacan: a) generar una matriz eléctrica más verde y mejorar la eficiencia energética para reducir las emisiones; b) aumentar la generación, el transporte y la distribución de electricidad; c) establecer redes de distribución alternativa; y d) reducir los costos. Considerados dichos desafíos y el desarrollo actual, una modificación sustancial en el paradigma actual de movilidad tardará mucho tiempo en materializarse (Torroba 2021a).

- a. **Aspectos medioambientales y de salud humana.** La reducción de los GEI es una prioridad para disminuir sus efectos asociados al cambio climático. En este sentido, son varios los estados nacionales y subnacionales que están comenzando a apoyar la adopción de políticas vinculadas a los biocombustibles. Adicionalmente, los aspectos medioambientales también comprenden aspectos relacionados con la calidad del aire derivada de las emisiones de gases de escape. En tal sentido, el uso de biocombustibles reduce dichas emisiones, lo que contribuye a mejorar la salud general de la población.
- b. **La seguridad y la diversificación energética.** El argumento detrás de este pilar suele utilizarse en países importadores de petróleo y sus derivados, donde estos pueden ser reemplazados por biocombustibles producidos con materias primas de origen local, sin riesgo para su provisión. Adicionalmente, se busca tener una matriz energética más diversificada.
- c. **El desarrollo agrícola y aspectos económicos.** Los países con grandes excedentes agrícolas suelen orientarse a la producción y al consumo de biocombustibles. Los países que incluyen aspectos agrícolas entre sus principales fundamentos para el desarrollo de políticas públicas de biocombustibles tienen como idea canalizar los excedentes agrícolas y generar una demanda más estable de estos. De forma asociada, se producen beneficios económicos vinculados a la generación de empleo y al valor agregado.

Con base en estos tres fundamentos, se han desarrollado políticas públicas que han permitido construir cadenas y redes de valor asociadas con un desarrollo considerable en el continente americano. Dichas redes y cadenas tienen productos energéticos (los biocombustibles) dentro de sus eslabones finales y, de forma complementaria, productos no energéticos (subproductos alimenticios, farmacéuticos, entre otros).

Políticas públicas y marcos normativos para el desarrollo de los biocombustibles

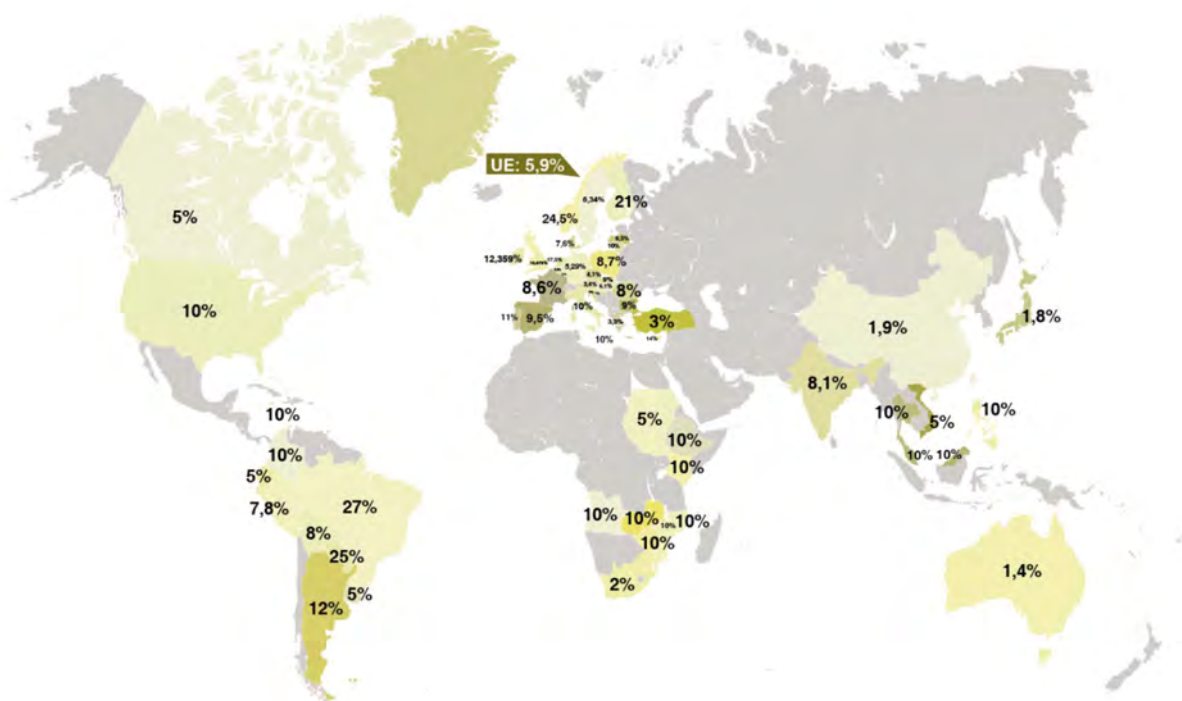
El bioetanol y el biodiésel son los principales biocombustibles líquidos producidos en el mundo. Se ha incentivado su producción y consumo a través de instrumentos de política pública, en los que se destacan los mandatos de mezcla.

De acuerdo con Torroba (2021b), la obligación de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles se lleva a la práctica por medio de diferentes mecanismos. El más difundido es el “mandato de mezcla obligatoria” de bioetanol con gasolinas y de biodiésel con diésel fósil. Dichas mezclas suelen expresarse en unidades volumétricas (mezclas volumen/volumen) o como unidades energéticas (mezclas de energía/energía).

Durante el 2021, 60 países contaban con algún tipo de regulación, generalmente mandatos de mezclas directos o indirectos, que aseguraban el consumo de algún tipo de biocombustible

A las tradicionales políticas de “mandatos” de uso de biocombustibles, se le están sumando nuevos esquemas de regulación, donde resaltan los “estándares de combustible de bajo carbono”, mecanismos que apuntan a descarbonizar al sector transporte mediante incentivos, ya que suelen ser agnósticos desde el punto de vista tecnológico. Algunos ejemplos notorios son los casos de California o del Estado de Oregón, a los que comienzan a sumarse otros en Estados Unidos y Canadá (Torroba 2022b).

Figura 18. Mandatos directos e indirectos de uso de bioetanol en la gasolina²¹ en el 2021.



²¹ Para obtener más información, puede consultarse Torroba (2022b).

Fuente: Torroba (2022b)

World map showing the percentage of the population with a university degree by country. The map uses a color scale from light yellow (low percentage) to dark brown (high percentage). A callout box for the United States shows 'UE: 7,3%'.

Country	Percentage
United States	7,3%
Canada	2%
Mexico	6%
Brazil	12%
Argentina	10%
Chile	4%
Colombia	5%
Venezuela	5%
Peru	5%
India	21%
China	0,2%
Japan	3%
South Korea	10%
Indonesia	10%
Australia	0,2%

Volumétricamente, los biocombustibles ya aportan a la matriz de combustibles líquidos mundial más de 150 millones de metros cúbicos²³, el 33 % en formato de biodiésel y el 67 % como bioetanol para mezclar o reemplazar gasolinas. Dentro del total mundial, el continente produce el 88 % del bioetanol del mundo y el 36 % del biodiésel.

Las materias primas más utilizadas en las Américas para la producción de bioetanol son la caña de azúcar y el maíz. Para el caso del biodiesel, el aceite de soja es la principal materia prima. En ambos casos, su uso está estrechamente vinculado con los excedentes de su producción.

²² Para obtener más información, puede consultarse Torroba (2022b).

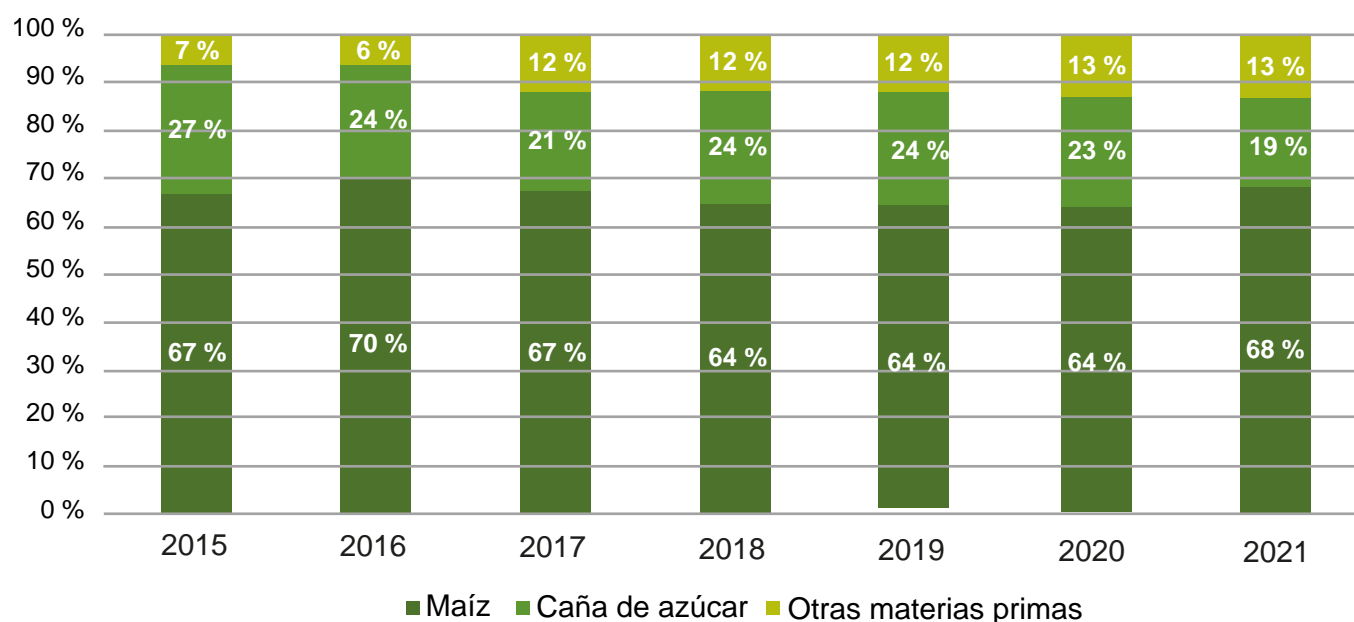
Informe de situación y perspectivas de bioeconomía en América Latina y el Caribe

biocombustible. Esta materia prima también es altamente utilizada en Colombia y Paraguay. Por su parte, Estados Unidos es el mayor productor mundial de etanol de maíz y ha llegado a industrializar el 40 % del cereal para la producción de biocombustible. Argentina tiene un esquema mixto: produce el 50 % del bioetanol con base en maíz y el otro 50 % a partir de caña de azúcar.

Estos países tienen grandes excedentes de dichas materias primas: mientras que Brasil exporta el 38 % del azúcar del mundo, Estados Unidos exporta aproximadamente el 31 % del maíz y Argentina el 13 % de este. A nivel agregado, las Américas exportan el 66 % del maíz del mundo y el 51 % del azúcar, por lo que disponen de una gran cantidad para industrializarlo en forma de biocombustibles.

Por su parte, durante 2021 %, el 68 % del bioetanol del mundo se produjo con maíz, mientras que el 19 % se hizo a partir de caña de azúcar (jugo directo).

Figura 20. Producción de bioetanol por tipo de materia prima utilizada en el 2021.



Fuente: Torroba 2022b.

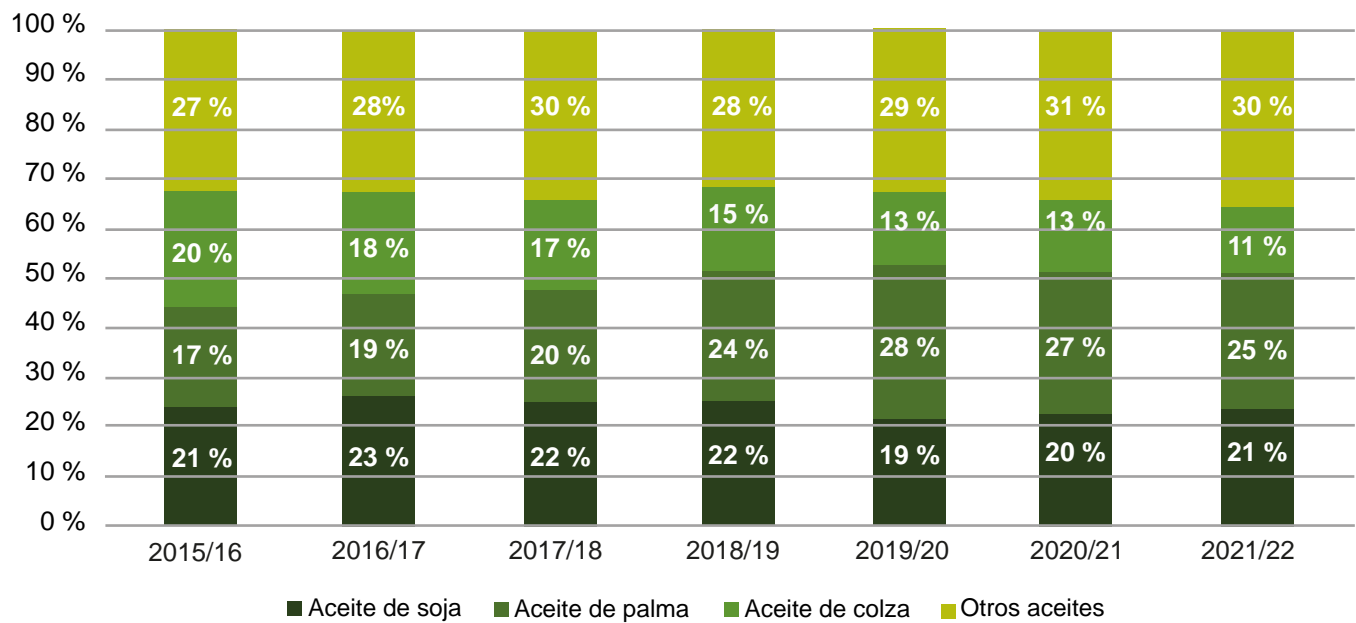
Con respecto al biodiesel, las materias primas más empleadas en el continente americano son el aceite de soja y la palma. Argentina y Estados Unidos producen el 100 % del biodiésel con base en soja, mientras Brasil produce el 80 % a partir de esa materia. Colombia, por su parte, utiliza el aceite de palma.

A nivel agregado, las Américas exportan el 72 % del total mundial de aceite de soja. Sobresale Argentina, que exporta aproximadamente el 41 % del aceite mundial de soja. Brasil exporta el 11 % y Estados Unidos, el 10 %. Colombia, por su parte, es el cuarto exportador mundial de aceite de palma y ha llegado a exportar el 1,5 % del total. Estos datos muestran que las Américas tienen

una alta disponibilidad de materia prima que pueden industrializar para la producción de biocombustibles.

Por su parte, en el ámbito mundial, el aceite de palma representó el 25 % de la producción de biodiésel, seguido por el de soja (21 %) y el de colza (11 %).

Figura 21. Producción de biodiésel por tipo de materia prima utilizado en el 2021.



Fuente: Torroba 2022b.

Los biocombustibles líquidos se han instalado en forma masiva en las Américas. Tanto el consumo y la producción de biodiésel como de bioetanol se han difundido en las regiones de Sur y Norte América. Su uso continuará formando parte de la transición limpia y de la descarbonización del sector transporte terrestre. Por otro lado, reviste de importancia el rol de los biocombustibles de aviación en la descarbonización de este sector en el futuro, así como el creciente interés en utilizar combustibles biológicos para transporte marítimo.

¿Cómo fomentar el potencial de los biocombustibles?

La forma más habitual y efectiva en que los países han fomentado los biocombustibles líquidos está estrechamente vinculada con la formulación de marcos normativos y políticas públicas. La primera acción consiste en autorizar y normar las especificaciones de calidad de los biocombustibles. Este es el punto de partida y condición necesarias. La experiencia muestra que generalmente los mandatos de mezcla suelen ser muy efectivos en los inicios de las políticas públicas. Este tipo de normativa puede variar a medida que el mercado “infante” se va desarrollando.

En este sentido, puede observarse que conforme evoluciona el desarrollo de los mercados de biocombustibles pueden comenzar a aplicarse otra gama de políticas que incluyen: impuestos diferenciales al dióxido de carbono, mercados libres con cargas tributarias que reconozcan las externalidades diferenciales en comparación a los fósiles, mercados de carbono asociados, objetivos de descarbonización con incentivos que incluyan a todas las tecnologías, entre otras.

Recuadro 3. ¿Qué es y quienes participan de la Coalición Panamericana de Biocombustibles?²⁴



La Coalición Panamericana de Biocombustibles Líquidos (CPBIO) está integrada por los principales gremios empresariales e industriales de las Américas dedicados a la producción y procesamiento de azúcar, alcohol, maíz, sorgo, soja, aceite vegetal y granos, entre otros productos del sector agropecuario.

Como principales objetivos de este nuevo ente regional, se destacan los relacionados con la coordinación, elaboración, promoción y consumo sustentables de estas energías limpias en todo el hemisferio.

La creación del grupo se produjo en el 2023 durante la Cumbre Panamericana de Biocombustibles Líquidos, organizada en San José, Costa Rica, por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), que operará como Secretaría Técnica de la Coalición.

Promoción de los biocombustibles

Las 25 organizaciones que dieron origen a la CPBIO, provenientes de múltiples países de las Américas, firmaron una declaración en la que plantean la búsqueda de una más robusta institucionalidad y coordinación para promover los biocombustibles.

Entre sus principales enunciados, la declaración de origen de la CPBIO plantea que la crisis climática es cada vez más preocupante, pero aún hay tiempo para evitar catástrofes mayores. Los biocombustibles, en especial los líquidos, son el factor clave para la descarbonización del transporte.

En criterio de la coalición, “los biocombustibles mejoran la calidad del aire y la salud de la población, y contribuyen al desarrollo de la agricultura y la economía, pues su elaboración diversifica la oferta productiva, agrega valor, protege los suelos mediante la rotación de cultivos, crea empleos sostenibles y asegura un flujo de demanda estable en el tiempo para los agricultores”(IICA, 2023).

Además, la producción de biocombustibles permite reducir la vulnerabilidad asociada a una única fuente de energía para dejar de depender, por ejemplo, de los combustibles fósiles.

²⁴ Conformada por: Asociación Azucarera de El Salvador, Asociación de Combustibles Renovables Guatemala (ACR), Azucareros del Istmo Centroamericano (AICA), Alcoholes del Uruguay (ALUR), Asociación de Productores de Alcohol de Guatemala (APAG), Arreglo Productivo Local de Alcohol (APLA) de Brasil, Asociación de los Productores de Biocombustibles de Brasil (APROBIO), Asociación de Azúcares y Alcoholes de Panamá (AZUCALPA), Cámara Paraguaya de Biocombustibles y Energías Renovables (BIOCAP), Centro Azucarero y Alcohólico Paraguayo (CAAP), Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica de México, Comité Nacional de Productores de Azúcar Nicaragua (CNPA), Federación Nacional de Biocombustibles de Colombia (FEDECOMBUSTIBLES), La Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) de Costa Rica, Asociación Peruana de Agroindustrias del Azúcar y Derivados (PERUCAÑA), Unión de Azucareros Latinoamericanos (UNALA), Unión Nacional de Etanol de Maíz (UNEM), Asociación Brasileña de la Industria de la Caña de Azúcar (UNICA), Consejo de Granos de Estados Unidos, Asociación de la Cadena de la Soja Argentina (ACSOJA), Asociación Maíz y Sorgo Argentino (MAIZAR), Cámara de Bioetanol de Maíz (BIOMAIZ), Cámara Argentina de Biocombustibles (CARBIO), Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina-Centro de Exportadores de Cereales (CIARA-CEC) y Centro Azucarero Argentino (CAA).

Referencias bibliográficas

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2023. Gremios de la Industria agropecuaria y la bioenergía de las Américas crean, con el respaldo del IICA, Coalición Panamericana de Biocombustibles Líquidos. San José, IICA. Consultado 9 jun. 2023. Disponible en: <https://iica.int/es/prensa/noticias/gremios-de-la-industria-agropecuaria-y-la-bioenergia-de-la-s-americas-crean-con-el>
- AIE (Agencia Internacional de la Energía, Francia). Net Zero by 2050 A Roadmap for the Global Energy Sector. 2021. (en línea). París, AIE. Consultado 9 jun. 2022. Disponible en <https://www.iea.org/>.
- IEA (International Energy Agency, Francia). 2019. World Energy Balances 2019 (en línea). París, Francia, IEA. Consultado 9 jun. 2022. Disponible en <https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2019>.
- Sacoto, J. 2021. Biodiésel: mercados, regulaciones y perspectivas. In Formación de capacidades en biocombustibles para formuladores de políticas públicas y reguladores. San José, Costa Rica, IICA.
- Torroba, A. 2021a. Biocombustibles líquidos: institucionalidad y formulación de políticas públicas (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 9 jun. 2022. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18566>
- Torroba, A. 2021b. Atlas de los biocombustibles líquidos 2020-2021 (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 9 jun. 2022. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18661>
- Torroba, A. 2022a. La importancia geopolítica del sector agropecuario en la seguridad energética. San José, Costa Rica, IICA. Consultado 9 jun. 2022. Disponible en <https://blog.iica.int/sites/default/files/2022-04/BVE22038385e.pdf>
- Torroba, A. 2022b. Atlas de los biocombustibles líquidos 2021-2022 (en línea). 2 ed. Orozco, R. San José, Costa Rica, IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/21328>

2.5 Negocios de la bioeconomía a partir de aplicaciones biotecnológicas (bioinsumos, transgénicos, entre otras)

Autor: Pedro Rocha (IICA).

La biotecnología en el cumplimiento de varios de los objetivos de desarrollo sostenible

En una época marcada por la variabilidad climática extrema y por los impactos inciertos de un conflicto bélico, los productores agrícolas se ven afectados en los ámbitos agronómicos y económicos. Por lo anterior, el cumplimiento a tiempo y en forma de varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Naciones Unidas 2015) está en entredicho. Las amenazas ambientales influyen sobre la productividad y la calidad de los cultivos e incluso se perciben efectos aún desconocidos sobre la resistencia de las plantas a distintos tipos de estrés biótico y abiótico. Todo ello afecta de manera importante el cumplimiento de los ODS 1, 2, 6, 13 y 15. Por otro lado, el conflicto Rusia-Ucrania está perturbando el suministro y el costo de los fertilizantes (Jenkins 2022). Ante este panorama y para responder a las amenazas ambientales y aminorar las consecuencias del conflicto sobre el sector agro-productivo, sin afectar la visión de sostenibilidad de la producción agrícola, diversas técnicas y aplicaciones biotecnológicas se consolidan como herramientas de utilidad inmediata.

Ante el progresivo desabastecimiento o encarecimiento de fuentes de fertilizantes, los insumos de origen biológico (bioinsumos), obtenidos mediante biotecnologías que utilizan procesos biológicos muy conocidos (como fermentaciones), brindan oportunidades reales para la generación de biofertilizantes, abonos orgánicos, bioles e incluso productos técnicamente más complejos como fijadores biológicos de nitrógeno, solubilizadores biológicos de fósforo y de potasio, entre otros (Rocha 2020). También, las técnicas de modificación genética (mutación química o por radiación, transgénesis) y en particular la edición génica (EdGn) adquieren enorme relevancia para la obtención de plantas con mayor eficiencia en el uso de nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio (Sathee *et al.* 2022) y la obtención de materiales tolerantes o resistentes a diferentes tipos de estrés biótico o abiótico. Dichos insumos se convierten en herramientas esenciales para la rápida generación de diversos cultivos adaptados a situaciones de sequía, afectación por plagas y enfermedades, entre otros (Rocha y Villalobos 2016).

Por otra parte, las técnicas de cultivo *in vitro* de células y tejidos retoman su importancia en la propagación y distribución de materiales élite (plátano, banano, yuca, papa y otros) y en la limpieza de materiales de siembra (por remoción de virus, bacterias y hongos), lo cual contribuye a la disminución en el uso de fungicidas y demás moléculas de síntesis importantes para paliar determinadas situaciones del proceso productivo.

Las técnicas de marcadores moleculares y de secuenciación de ADN posibilitan el conocimiento, el uso y la conservación de la agrobiodiversidad. Toda la información resultante, que se analiza

mediante técnicas de bioinformática, ayuda a optimizar procesos y a generar soluciones ambientalmente amigables basadas en el control de condiciones y procedimientos, gracias al conocimiento preciso de los genes de las plantas y de la fisiología molecular de los cultivos.

Cada vez más las aplicaciones biotecnológicas se relacionan con contribuciones a la resolución de problemas medioambientales, por ejemplo: en la definición de estrategias de conservación o protección de la biodiversidad y en el rescate de especies en vía de extinción; en el apoyo a medidas de adaptación al cambio climático (mediante generación de cultivos tolerantes a la sequía o a la salinidad o a través de la obtención de animales resistentes a altas temperaturas ambientales); en la diversificación y optimización energética (contribución a la mitigación) del sector agroalimentario; y, en general, en el desarrollo agrícola y pecuario (para producir más y mejor).

Las opciones tecnológicas actualmente disponibles son múltiples y variadas. Sin embargo, para contribuir en el desarrollo oportuno de tales áreas, es necesario una mayor inversión (en recursos humanos e infraestructura) y mayor claridad regulatoria.

Una robusta institucionalidad y sistemas de regulación eficientes son fundamentales para el desarrollo biotecnológico

La institucionalidad en general y los marcos regulatorios en particular permitirán alcanzar el potencial que la biotecnología ofrece. Para que los desarrollos biotecnológicos se apliquen en el sector agroalimentario y se garantice su seguridad e inocuidad, se requiere de sistemas de regulación eficientes, basados en ciencia, que sean transparentes y predecibles.

Aunque existen orientaciones internacionales (Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, Guías OECD, anexos del *Codex Alimentarius*), no todas ellas cubren las diversas aplicaciones de la biotecnología y no todos los países de América Latina y el Caribe (ALC) las han implementado.

Por ejemplo, es necesario revisar y ajustar la regulación sobre insumos biológicos (bioinsumos), para garantizar la obtención y utilización de productos de calidad (en términos de seguridad e inocuidad). Si bien el tema de la regulación para el desarrollo del subsector de bioinsumos fue introducido por el IICA en el 2013 (IICA 2013), se requiere trabajo adicional, por ejemplo: en la mayor conceptualización técnico-regulatoria basada en los desarrollos actuales, en los protocolos y normas sustentados en la caracterización de los diversos tipos de productores y sectores, en la revisión y el eventual ajuste de reglamentos técnicos para bioinsumos en la mayoría de los países, en el fortalecimiento de las labores de extensión agrícola relacionadas con la elaboración de este tipo de productos y ciertamente en normas para el perfeccionamiento de los canales de comercialización.

Con respecto a la modificación genética, es imperioso que los países desarrollen o actualicen sus marcos regulatorios sobre organismos vivos modificados (OVM) y nuevas tecnologías (tales como la EdGn) a la luz del enorme cúmulo de información científico-técnica disponible (Gould *et al.* 2022 y Camerlengo *et al.* 2022). Con ello, se aprovecharán las oportunidades que se abren en investigación, desarrollo, producción y comercialización.

Es oportuno mencionar que la regulación para plantas genéticamente modificadas muestra un desarrollo importante en varios países (BCH 2022). Sin embargo, la regulación para productos de la biotecnología animal es incipiente (Hallerman *et al.* 2022) y solo unos pocos países de América Latina (Argentina, Brasil, Colombia) cuentan con marcos regulatorios específicos en el tema, con lo cual se están perdiendo oportunidades enormes para el desarrollo del sector avícola, pesquero y ganadero.

Por lo general, se efectúan enormes esfuerzos para la educación, el entrenamiento y la comunicación de los aspectos científicos de la biotecnología, no así para los temas regulatorios. Por lo tanto, es necesaria la capacitación sistemática y frecuente a grupos específicos sobre estos temas y sobre la cooperación regulatoria en ámbitos binacionales, regionales y multinacionales. Esta facilitación podría ser realizada por instituciones internacionales de cooperación (Rocha-Salavarrieta 2022). De este modo, con un ambiente regulatorio claro, predecible y basado en el rigor científico, el sendero biotecnológico que sustenta a la bioeconomía se desarrollará de manera segura y concluyente.

La edición génica es la tecnología de mayor potencial de desarrollo por su aplicación e impacto

La modificación genética consiste en un conjunto de técnicas que permiten hacer cambios sobre la dotación genética (genoma) de un organismo. Existen diversas posibilidades para tales cambios. La más natural es la mutación, fenómeno responsable de la evolución biológica y de la vida tal y como la conocemos. Luego está la selección para el mejoramiento de plantas y animales, con las que se han obtenido cultivos y razas desde el establecimiento de las sociedades humanas. Posteriormente se llega a diferentes innovaciones tecnológicas, por ejemplo: la mutagénesis física y química, como resultado de la utilización de radiación ionizante y de compuestos químicos, o la modificación genética con técnicas de biología molecular que permiten la introducción de genes de una especie en otra (transgénesis) o los más recientes, cambios (o ediciones) muy precisos de los elementos constitutivos de los genes y genomas.

Bajo el nombre de EdGn se incluyen varias herramientas que, en general, incorporan el reconocimiento, la ruptura y la reparación de la molécula de ADN para introducir cambios (o mutaciones) muy específicas, de manera controlada y segura. Dentro de tales técnicas, la más conocida es la de CRISPR-Cas. Desde su aparición en el 2012 (Jinek *et al.* 2012), CRISPR-Cas

ha mostrado su aplicación y su evolución (Camerlengo *et al.* 2022) en diversos sectores (salud humana, agrícola, pecuario e industrias variadas). Con EdGn en general y CRISPR-Cas en particular, las aplicaciones enfocadas en salud humana incluirán tratamiento de enfermedades hereditarias —en principio de carácter monogénico— y del cáncer, entendimiento y reversión del envejecimiento, generación y trasplante de órganos, entre otras (Balch 2021).

En el ámbito agrícola, las aplicaciones de la EdGn dependerán de cada cultivo y el problema por resolver. No obstante, las aplicaciones de CRISPR-Cas en cultivos se pueden resumir en (Karavolias *et al.* 2021): a) ampliación de la variabilidad genética por alteración o introducción de nuevas características a los cultivos (Schaart *et al.* 2016); b) mejora de la tolerancia de los cultivos a diversos tipos de estrés abiótico: sequía, salinidad e inundaciones; c) resistencia a plagas y enfermedades; d) incremento de rendimientos; y e) mejora de la calidad (incremento de metabolitos benéficos, alteración de macronutrientes y disminución de antinutrientes).

En animales, la EdGn consolidará sus aplicaciones (Hallerman *et al.* 2022) en: a) generación de sistemas de detección de enfermedades; b) desarrollo de tratamientos apoyados en biotecnología para control de enfermedades genéticas y virales (peste aviar, peste porcina); c) fomento del bienestar animal sin afectar el incremento de la productividad de los sistemas (por ejemplo: eliminación de prácticas como el sacrificio de pollitos de un día, la castración de cerdos, el corte y quemado de cuernos en bovinos, entre otros); y d) modificaciones para incremento de cantidad (animales de rápido crecimiento, incremento de masa muscular) y mejora de calidad (leche sin lactoglobulina, huevos sin ovomucoide).

La transgénesis seguirá empleándose cada vez menos, no porque sea insegura, sino porque, a diferencia de la EdGn, los costos para generar un OVM son altos (McDougall 2011), principalmente para cumplir con los requisitos regulatorios para la liberación al ambiente. Además, los desarrolladores de productos de la EdGn son más variados (Goberna *et al.* 2022) y la percepción pública sobre EdGn está siendo más positiva que sobre los OVM (Shew *et al.* 2018 y Civicscience 2022). En resumen, la bioeconomía encuentra en la EdGn una herramienta para su potencial consolidación.

Reconocimiento de las oportunidades y las limitaciones de la agricultura orgánica

Todas las formas de agricultura buscan producir más y mejor, pero lo hacen a través de rutas diferentes. Lo importante es que tales rutas contribuyan, de manera demostrada, a la sostenibilidad productiva, económica y ambiental.

La agricultura orgánica es un sistema de producción que trata de utilizar al máximo los recursos de la finca, dándole énfasis a la fertilidad del suelo y la actividad biológica y al mismo tiempo, a minimizar el uso de los recursos no renovables y no utilizar fertilizantes y plaguicidas sintéticos

para proteger el medio ambiente y la salud humana (Andersen, 2003).

Desde el punto de vista retórico, la declaración es robusta, pero desde el punto de vista práctico, y con el grado de incertidumbre técnica actual, migrar de un sistema de producción convencional a uno completamente orgánico sin una transición cuidadosa (fundamentada en las realidades de la producción y del consumo y en las prácticas de manejo y bioinsumos científicamente validados) es un reto casi inalcanzable para la mayoría de los cultivos.

La bioeconomía debe actuar con responsabilidad. En agricultura, no bastan las buenas intenciones y, aunque el deseo por reducir la carga de productos de síntesis química del ambiente es un objetivo legítimo, no es válido atacar –y peor aún desterrar por norma– las prácticas y productos del sistema convencional sin contar con alternativas científicamente validadas y funcionales. Un producto biológico no validado o mal empleado puede tener un potencial de daño más elevado que el de un producto de síntesis química oficialmente aprobado y apropiadamente manipulado (Xavier *et al.* 2015). De este modo, la biotecnología está llamada a validar el rigor técnico de los bioproductos y los bioprocesos empleados por la agricultura orgánica. Así, las decisiones sobre la implementación no llevarán a desastres económicos, sociales y de nutrición como los reportados recientemente en otras latitudes (Nordhaus y Shah 2022). La agricultura orgánica tiene un importante espacio de consolidación y la biotecnología puede contribuir a tal desarrollo.

Referencias bibliográficas

- Andersen, M. 2003. ¿Es la certificación algo para mí? - Una guía práctica sobre por qué, cómo y con quién certificar productos agrícolas para la exportación (en línea). San José, Costa Rica, Unidad Regional de Asistencia Técnica. 32 p. Disponible en <https://www.fao.org/3/ad818s/ad818s00.htm#Contents>.
- Balch, B. 2021. The future of CRISPR is now (en línea). Association of American Medical Colleges. Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://www.aamc.org/news-insights/future-crispr-now>.
- BCH (Biosafety Clearing House). 2022. Organism Registry (en línea). Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://bch.cbd.int/en/registries/organisms>.
- Camerlengo, F; Fritelli, A; Pagliarello, R. 2022. CRISPR towards a sustainable agriculture. Encyclopedia 2(1):538-558. Disponible en <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010036>.
- Civicscience. 2022. Americans May Be Warming Up to CRISPR, but It's All in the Details (en línea). Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://civicscience.com/is-the-public-warming-up-to-crispr-its-all-in-the-details/>.
- Civicscience. 2022. Americans May Be Warming Up to CRISPR, but It's All in the Details (en línea). Consultado 2 ene. 2023. Disponible en: <https://civicscience.com/is-the-public-warming-up-to-crispr-its-all-in-the-details/>
- Goberna, MF; Whelan, AI; Godoy, P; Lewi, DM. 2022. Genomic Editing: The Evolution in Regulatory Management Accompanying Scientific Progress. Frontiers in Bioengineering and Biotechnology (10):835378. Disponible en <https://doi.org/10.1007/10.3389/fbioe.2022.835378>.
- Gould, F; Amasino, RM; Brossard, D; Buell CR; Dixon, RA; Falck-Zepeda, JF; Gallo, MA; Giller, KE; Glenna, LL; Griffin, T; Magraw, D; Mallory-Smith, C; Pixley, KV; Ransom, EP; Stelly, DM; Stewart, CN. 2022. Toward product-based regulation of crops (en línea). Science 377 (6610) pp-33-64. Disponible en <https://www.science.org/doi/10.1126/science.abo3034>.
- Hallerman, EM; Bredlau, JP; Camargo, LZA; Dagli, MLZ; Karembu, M; Ngure, G; Romero-Aldemita, R; Rocha-Salavarrieta, PJ; Tizard, M; Walton, M; Wray-Cahen, D. 2022. Towards progressive regulatory approaches for agricultural applications of animal biotechnology (en línea). Transgenic Research 31(2):167-199. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11248-021-00294-3>.

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2013. Propuesta para la Construcción de una Política para el Desarrollo de la Industria de Bioinsumos en Argentina. Documento de trabajo IICA. Responsables técnicos: Rocha, P; Cussianovich, P; Buzzetti, G; Lacaze, G; Krotsh, T. San José, Costa Rica. 34 p.
- Jenkins, S. 2022. How the Russia-Ukraine War Helped Fuel Record Fertilizer Prices (en línea). Federal Reserve Bank of St. Louis. Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://www.stlouisfed.org/publications/regional-economist/2022/oct/russia-ukraine-war-record-fertilizer-prices>.
- Jinek, M; Chylinski, K; Fonfara, I; Hauer, M; Doudna, JA; Charpentier, E. 2012. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity (en línea). Science 337(6096):816-821. Disponible en <https://doi.org/10.1126/science.1225829>.
- Karavolias, NG; Horner, W; Abugu, MN; Evanega, SN. 2021. Application of gene editing for climate change in agriculture (en línea). Frontiers in sustainable food systems (5):1-23. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.685801>.
- McDougall, P. 2011. The cost and time involved in the discovery, development and authorisation of a new plant biotechnology derived trait. A Consultancy Study for Crop Life International.
- Naciones Unidas. 2015. La Agenda para el Desarrollo Sostenible (en línea). Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>.
- Nordhaus, T; Shah, S. 2022. In Sri Lanka, Organic Farming Went Catastrophically Wrong (en línea). Foreign Policy Magazine 15(54): 83-92. Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://foreignpolicy.com/2022/03/05/sri-lanka-organic-farming-crisis/>.
- Rocha-Salavarrieta, PJ. 2022. Regional Initiatives in the Western Hemisphere as a Contribution to the Safe Biotechnology Development (en línea). Frontiers in Bioengineering and Biotechnology (10):837635. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.837635>.
- Rocha, PJ. 2020. The Future of Modern Agriculture: Combining Sustainable Practices with New Technologies. En: Institute for Science on Global Policy (ISGOP) (en línea). Science and Governance: The Future of Modern Agriculture. Rome, Italia. Disponible en <https://scienceforglobalpolicy.org/publication/future-of-modern-agriculture-fma-september-2-2020>.

- Rocha, P; Villalobos, V. 2016. Biotecnología y bioseguridad: un conjunto de herramientas esenciales para el desarrollo de los sistemas agroalimentarios. En: Martínez-Carrera, D. Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sistema Agroalimentario de México. Editorial del Colegio de Postgraduados-AMC-CONACYT-UPAEP-IMINAP, San Luis Huexotla, Texcoco.
- Sathee, L; Jagadhesan, B; Pandesha, PH; Barman, D; Adavi, S; Nagar, S; Krishna, GK; Tripathi, S; Jha, SK; Chinnusamy, V. 2022. Genome Editing Targets for Improving Nutrient Use Efficiency and Nutrient Stress Adaptation (en línea). *Frontiers in Genetics* (13):900897. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fgene.2022.900897>.
- Schaart, JG; van de Wiel, CCM; Lambertus, L. Marinus, S. 2016. Opportunities for products of new plant breeding techniques (en línea). *Trends in Plant Science* 21(5):438-449. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.11.006>.
- Shew, AM; Nalleya, LL; Snella, HA; Nayga, RM; Dixon, BL. 2018. CRISPR versus GMOs: Public acceptance and valuation (en línea). *Global Food Security* (19):71-80. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2018.10.005>.
- Xavier, V; Message, D; Picanco, MC; Chediak, M; Santana, P; Ramos, RS; Martins, JC. 2015. Acute toxicity and sublethal effects of botanical insecticides to honeybees (en línea). *Journal of Insect Science* 15(1):137. Disponible en <https://doi.org/10.1093/jisesa/iev110>.

2.6 Servicios ecosistémicos: un pilar para el desarrollo de ALC

Autor: Madrigal-Ballester, R; Martínez-Salinas, A; López, A; Imbach, P. (CATIE)

Introducción

En este capítulo presenta una revisión del concepto de biodiversidad y servicios ecosistémicos y se analiza su importancia para el desarrollo de América Latina y el Caribe (ALC). Además, se describen de manera general el estado de los ecosistemas y las principales causas de su acelerado deterioro en ALC. También se identifican algunas soluciones para revertir la degradación y minimizar las posibles divergencias entre conservación y crecimiento económico. El artículo concluye con una serie de recomendaciones de política para promover una transición fluida hacia una economía global verde e inclusiva.

Definición: biodiversidad y servicios ecosistémicos

El concepto de biodiversidad fue introducido formalmente en la política internacional cuando la Convención de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica entró en vigor en 1993 (Díaz y Malhi 2022). El artículo 2 de dicha Convención la define como:

“...la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, 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 (ONU 1992, p. 3-4).”

Uno de los hitos fundamentales relacionados con el concepto de biodiversidad y los servicios ecosistémicos lo constituye la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (MEA 2005). Esta posiciona a la biodiversidad como la base para el mantenimiento de las funciones de los ecosistemas y la provisión de servicios ecosistémicos (SE) que sustentan el bienestar humano (MEA 2005). Además, clasifica los SE en cuatro grandes grupos: a) de soporte, b) de aprovisionamiento, c) de regulación y d) culturales. Por ende, **los SE constituyen un amplio espectro de beneficios que recibe el ser humano de la existencia de la biodiversidad y las funciones de los ecosistemas.**

Estos beneficios pueden expresarse como efectos directos sobre los ingresos de las personas. Sin embargo, en muchas ocasiones, el impacto sobre el bienestar humano se percibe en mejoras en la salud, la seguridad alimentaria y otras dimensiones sociales clave. El concepto de SE es fundamentalmente antropocéntrico y se reconoce como un pilar para el desarrollo sostenible. De hecho, 12 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) tienen una relación directa con la provisión de SE. Recientemente, el reconocido informe sobre la economía de la biodiversidad

(Dasgupta 2021) argumenta sobre la importancia de concebir al capital natural, es decir, la biodiversidad y los servicios que de esta se derivan, como el fundamento para la toma de decisiones de la economía mundial.

El concepto de SE continúa evolucionando y actualmente también se le conoce como las “contribuciones de la naturaleza a las personas”, sean estas positivas o negativas (IPBES 2018). Dentro de las contribuciones negativas, se incluyen, por ejemplo, las enfermedades transmitidas a los seres humanos, las plagas que atacan cultivos o los eventos de depredación que impactan negativamente a las personas o sus activos, entre otros (Díaz *et al.* 2018). Entender las causas de estos efectos negativos y diseñar estrategias efectivas para atacar estas causas y minimizar sus impactos es uno de los temas de mayor relevancia para la actual toma de decisiones. La COVID-19 y el caso reciente de la gripe aviar son claros ejemplos de las preocupaciones en este sentido.

Importancia de los servicios ecosistémicos

América Latina y el Caribe (ALC) alberga el 40 % de la biodiversidad mundial, la mitad de los bosques tropicales, el 12 % de los manglares y seis países megadiversos (PNUMA-WCMC 2016). Según el IPBES (2018), esta región está dotada de una capacidad natural para contribuir a la calidad de vida de las personas mucho mayor que el promedio mundial. Así, por ejemplo, la región contiene el 40 % de la capacidad de los ecosistemas mundiales para producir materiales para el consumo humano y para la asimilación de los subproductos derivados de dicho consumo, aun cuando apenas el 13 % de la población humana mundial vive en ALC. Esto se traduce en tres veces más recursos per cápita provenientes de los ecosistemas que los que están disponibles para un ciudadano global promedio. Esos recursos contribuyen de manera decisiva con la seguridad hídrica y energética y brindan aportes reguladores y de soporte clave, como la polinización, la regulación del clima y la calidad del aire, la formación del suelo y aportes inmateriales, como la salud física y mental, belleza escénica y la permanencia de valores culturales. La seguridad alimentaria se beneficia de actividades como la pesca, la agricultura, la ganadería y la agrosilvicultura en pequeña escala practicadas por pueblos indígenas y las comunidades locales, lo cual refleja la capacidad para la diversificación y el uso sostenible de los ecosistemas, potenciados por los saberes ancestrales. La producción agrícola global se basa muchas veces en la biodiversidad de las regiones tropicales y montañosas de América, las cuales son centros de origen de muchas plantas domesticadas, incluidos cultivos y productos básicos de importancia mundial (IPBES 2018).

Degradación y tendencias

Los ecosistemas de todo el mundo, y ALC no es la excepción, están amenazados por acciones humanas (Díaz *et al.* 2018). La biodiversidad y las condiciones de los ecosistemas en muchas

regiones de ALC se están deteriorando significativamente. Como ejemplo de esto, cerca de una cuarta parte de las 14.000 especies evaluadas exhaustivamente en ALC por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) están clasificadas como de alto riesgo de extinción (IPBES 2018).

En la región, la expansión del sector agrícola sigue siendo el principal impulsor de la deforestación, la degradación y el cambio de uso de la tierra (FAO 2018), con tierras agrícolas que actualmente cubren el 38 % (9,5 % para cultivos y 28,5 % para pastos) del territorio de ALC (OCDE y FAO 2019) y con un estimado de 650 millones de hectáreas de tierras deforestadas y degradadas (Vergara *et al.* 2016). A pesar de que la conversión de bosques y otros ecosistemas hacia la producción agropecuaria y la acuicultura (incluido el desarrollo de sistemas de producción menos diversos) continúa aumentando junto con la provisión de alimentos para la región y el planeta, esto suele hacerse a expensas de la provisión de otras contribuciones fundamentales positivas de la naturaleza a las personas. Además de los problemas de cambios de uso del suelo, el flujo de beneficios de los ecosistemas al ser humano se ve afectado por problemas de intensificación agropecuaria y el pobre manejo de residuos sólidos y líquidos, lo que genera diversos problemas de contaminación directos e indirectos sobre cuerpos de agua, pesca, salud humana y las especies en general (IPBES 2018).

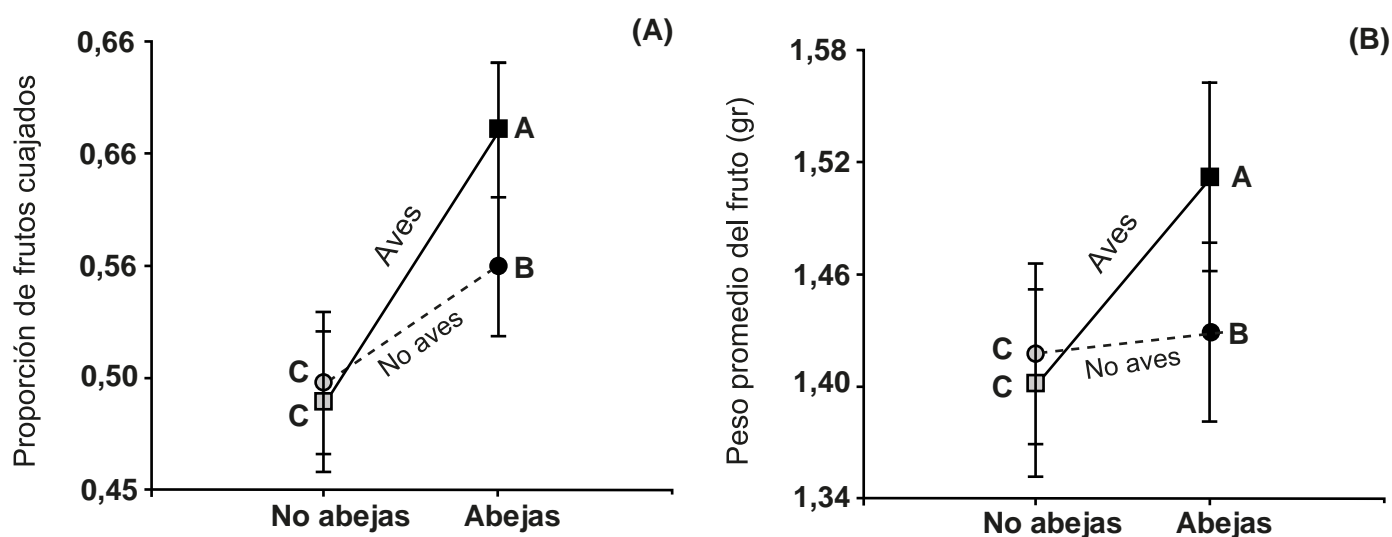
Las causas de estas tendencias suelen estar asociadas con una percepción y valoración inexactas de la contribución de la biodiversidad al bienestar humano y al desarrollo económico, así como por políticas públicas inadecuadas o caracterizadas por la presencia de incentivos perversos (consecuencias negativas imprevistas y no deseadas). Los patrones de producción y consumo insostenibles amenazan la base misma del sistema económico. Por ello, lograr una transición hacia una economía global verde y socialmente inclusiva requiere alinear esfuerzos para un crecimiento de las economías del mundo sin comprometer la base de los activos naturales. Esta meta requiere minimizar las disyuntivas (*trade-offs*) y fomentar las sinergias entre la protección de la biodiversidad y el crecimiento económico. La integración del capital natural en la toma de decisiones públicas debe ser una prioridad y debería integrar e incorporar los valores de la biodiversidad en las políticas, estrategias y prácticas de los actores públicos y privados, como un medio de promover la conservación y el uso sostenible de esta y de los recursos naturales (Huntley y Redford 2014; Whitehorn *et al.* 2019).

Aunque el avance de la frontera agrícola a expensas de áreas ricas en biodiversidad es un ejemplo claro de una disyuntiva de crecimiento económico en ALC, se pueden identificar y potenciar ejemplos donde hay una sinergia entre ambos. **Existe una amplia evidencia científica de que los sistemas agroforestales (SAF) proveen SE de aprovisionamiento y regulación en finca y paisaje** (Kuyah *et al.* 2016). La calidad y extensión de esos SE dependen de la complejidad estructural, riqueza de especies, intensidad de manejo y la escala espacial ocupada por el SAF en el paisaje (Harvey *et al.* 2014 y Johnson *et al.* 2014). En este último, la

implementación de SAF puede proporcionar importantes beneficios colaterales, como la conservación de la biodiversidad, al proporcionar o aumentar los elementos del hábitat y mejorar o restaurar la conectividad del paisaje (Schroth *et al.* 2004 y Estrada-Carmona *et al.* 2019). Esto apoya el flujo de genes y la reducción de los riesgos de extinción local, promueve procesos de regeneración natural (Morán-Ordoñez *et al.* 2022) y la prestación de servicios ecosistémicos críticos para la producción agrícola, como la polinización y el control de plagas (Martínez-Salinas *et al.* 2016 y Chain-Guadarrama *et al.* 2019).

Un estudio reciente (Martínez-Salinas *et al.* 2022) demostró que, en sistemas de café, los SE de control de plagas y polinización interactúan positivamente, lo que incrementa la productividad a través de efectos sinérgicos de aves y abejas sobre el cuajado de frutos, el peso de los frutos y su uniformidad (figura 22). La exclusión de aves y abejas resultó en una reducción promedio del rendimiento del 24,7 % (equivalente a perder USD 1066,00/ha). Estos hallazgos demuestran que **promover la conservación de la biodiversidad en espacios agrícolas productivos por medio del mejoramiento del hábitat puede generar múltiples beneficios para los productores y la sociedad en general.**

Figura 22. Efecto de los servicios de polinización y control de plagas en la producción de café.



Fuente: Martínez-Salinas *et al.* (2022)

La figura 22 muestra los efectos de la interacción positiva entre abejas (polinización) y aves (control de plagas y broca del café) sobre (A) la proporción de fruto cuajado y (B) el peso promedio de frutos de café, en fincas productoras de café ubicadas a lo largo del corredor biológico de la Volcánica Central Talamanca en Costa Rica²⁵. A y B muestran cómo la acción combinada de aves y abejas (interacción positiva = sinergia) aumenta la proporción de frutos cuajados (A) y el peso promedio de estos frutos (B) en comparación con otros tratamientos. En (A) la acción combinada de aves y abejas representa un incremento en la proporción de frutos

²⁵ El nombre del Corredor Biológico es Volcánica Central Talamanca (CBVCT).

cuajados del 24 % en comparación con el tratamiento donde abejas y aves están ausentes. En (B) la acción combinada de abejas y aves representa un incremento en el peso promedio de los frutos de café del 6,6% en comparación con el tratamiento en donde abejas y aves están ausentes (Martínez-Salinas *et al.* 2022).

Otras sinergias importantes que pueden potenciarse entre conservación de la biodiversidad y el desarrollo en general de las economías son las siguientes:

- **La gestión adecuada de los SE es necesaria y complementaria a la reducción del riesgo climático asociado a inversiones públicas e infraestructura gris en general.** La población en crecimiento y la expansión de las economías en ALC están aumentando la demanda de carreteras, puentes, suministro de agua y alcantarillado, redes eléctricas y telecomunicaciones. Estas demandas representan al menos un 2 % del producto interno bruto (PIB) de ALC durante un período prolongado (Serebrisky 2014). Sin embargo, debido a los impactos agudos de la variabilidad y el cambio climático, ALC es un escenario ideal para la implementación de soluciones multifuncionales que combinen la infraestructura gris y la verde (es decir, el capital natural o los ecosistemas) para mejorar la resiliencia y apoyar el desarrollo sostenible (Watkins *et al.* 2019).
- **En el contexto de cambio climático, también se argumenta que la biodiversidad y el uso de los ecosistemas pueden ser estrategias que ayuden a las personas a adaptarse a los efectos adversos del cambio climático** (CBD 2009). Este concepto, conocido como adaptación basada en ecosistemas (AbE), puede incluir acciones para conservar y restaurar bosques o tierras agrícolas degradadas y para gestionar de forma sostenible los cultivos y el ganado. Existe evidencia de que las prácticas de AbE benefician a las personas al reducir su vulnerabilidad ante los fenómenos meteorológicos extremos (como tormentas o inundaciones), sirven como fuente de productos y servicios para los medios de vida locales y mantienen los SE que sustentan la producción agrícola, la sostenibilidad de los medios de vida y nuevas oportunidades de mercado, entre otros (Vignola *et al.* 2015; Doswald *et al.* 2014; Jat *et al.* 2016; Rosa-Schleich *et al.* 2019).

La implementación del enfoque de AbE representa una oportunidad para la integración de la conservación de la biodiversidad y el capital natural en el sector agrícola y, más ampliamente, en las agendas de desarrollo rural de los países de ALC. Por esta razón, hay varias agencias de cooperación internacional, gobiernos centrales, academia y otros actores relevantes interesados en desarrollar programas y proyectos con este enfoque (recuadro 4). Esto ofrece poderosas sinergias y complementariedades con la agenda climática al vincularse con los planes nacionales de adaptación (PAN) y las acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMA), entre otros.

Este programa busca aumentar la capacidad de resiliencia ante el cambio climático (CC) de las comunidades y los ecosistemas vulnerables en las zonas rurales de Ecuador, Guatemala y Costa Rica. Dirige sus esfuerzos hacia los siguientes objetivos: a) mejorar condiciones marco y fortalecer la gobernanza en múltiples niveles para la AbE; b) implementar medidas de AbE innovadoras y costo-eficiente con enfoque de género; c) desarrollar capacidades en actores claves para escalar las AbE; y d) mejorar el acceso a mecanismos financieros para grupos vulnerables. El programa realiza acciones para incorporar el enfoque de AbE en políticas nacionales y de paisaje, por ejemplo: planes de manejo de cuencas, planes de adaptación municipales, entre otros. También provee evidencia empírica sobre la relación costo y efectividad de la implementación de medidas de AbE en finca y paisaje y promueve la creación de modelos de negocios para apalancar enfoques que consideran SE y biodiversidad para la gestión del riesgo climático.

Incorporación en el diseño de políticas públicas en ALC

Con distintos grados de apoyo de otros actores, los gobiernos de ALC han implementado políticas para la restauración y conservación de SE de forma explícita o de forma implícita a través de iniciativas genéricas de conservación. Se destacan dos de las políticas más comunes y de mayor arraigo: los pagos por servicios ambientales (PSA) y la designación de áreas protegidas (AP).

Por su parte, los PSA constituyen una herramienta de política que brinda incentivos económicos a los proveedores de SE (por ejemplo: agricultores, propietarios de bosques) condicionados a reglas acordadas de manejo de la finca o predio, como restricciones a cambio de uso del suelo (Wunder 2015). En la década de los noventa, los programas de PSA surgieron como parte de las iniciativas de conservación forestal en ALC y se conformaron como una alternativa o complemento a los enfoques tradicionales de comando y control (por ejemplo: AP gubernamentales). Además de pagar por la conservación de bosques y plantaciones forestales, algunos PSA también incluyen a los SAF y otras buenas prácticas agrícolas como opciones que pretenden promover a través de los pagos.

En las últimas dos décadas, el número de esquemas de PSA ha aumentado significativamente. Actualmente, existen cerca de 550 programas de PSA en todo el mundo (Salzman *et al.* 2018) y aproximadamente la mitad de estos se están implementando en ALC (UNEP y WCMC 2016). Este gran número de esquemas se traduce en una gran diversidad en el grado de condicionalidad de los pagos, el tipo de intermediario que administra el esquema, las fuentes de ingresos, los SE priorizados, la efectividad, el monto de los pagos y la duración de los contratos, entre otras características críticas (Wunder *et al.* 2018).

²⁶ Para obtener más información visite: Scaling-up Ecosystem-based adaptation (EbA) measures in rural Latin America | Internationale Klimaschutzinitiative (IKI) (international-climate-initiative.com)

ALC alberga algunos de los programas a escala nacional más conocidos mundialmente, como los esquemas nacionales de PSA en Costa Rica y México (recuadro 4). A pesar del papel de liderazgo de los gobiernos centrales en estos programas, la mayoría de los esquemas de PSA en ALC se han desarrollado localmente con la participación de diversos actores, como empresas públicas y privadas, municipios, entre otros interesados especialmente en la protección del recurso hídrico (Madrigal y Alpízar 2008 y Grima *et al.* 2016). Hasta cierto punto, esto ha permitido ampliar la base presupuestaria dominada principalmente por fondos provenientes de los gobiernos y la asistencia internacional (Grima *et al.* 2016). La participación del sector privado es cada vez más importante y en general se requiere de fuentes de financiamiento adicionales y permanentes que garanticen la sostenibilidad en el largo plazo (Kim *et al.* 2016; Salzman *et al.* 2018; Porras y Chacón-Cascante 2018).

Por otro lado, las AP son reconocidas como la política de conservación de la biodiversidad más relevante en el mundo y ALC ha estado a la vanguardia en su implementación (Blackman *et al.* 2014; UNEP-WCMC 2016). En los últimos años, ALC aumentó significativamente su cobertura de AP terrestres y marinas y llegó a tener la mayor proporción de área terrestre protegida globalmente: un 23 %, frente a un promedio de 12,7 % en el resto del mundo (Blackman *et al.* 2014 y PNUMA-WCMC 2016).

Recuadro 5. Ejemplos de programas de PSA en ALC.

PSA en México. Establecido en el 2003 y administrado por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), llegó a ser el PSA más grande del mundo, hasta cubrir 3,25 millones de hectáreas en todo el país (OCDE 2018). El programa se ha implementado a través de tres esquemas diferentes: a) el Programa Nacional de PSA, financiado con presupuestos federales; b) mecanismos locales de PSA, un mecanismo de contrapartida donde el gobierno federal iguala hasta el 50 % del financiamiento privado para la implementación de PSA locales en acuerdo con empresas privadas, organismos no gubernamentales (ONG), gobiernos estatales y municipales; y c) el Fondo Patrimonial de Biodiversidad, creado hace más de 20 años para el financiamiento a largo plazo de la conservación de ecosistemas forestales que albergan la biodiversidad significativa mundial. El programa ha focalizado sus esfuerzos en las áreas socialmente más vulnerables con un alto riesgo de deforestación y pérdida de hábitat.

PSA Costa Rica. El PSA en este país es uno de los más longevos del mundo y es el resultado de décadas de experimentación, aprendizaje y adaptación. El éxito del programa nacional de PSA debe contextualizarse como parte de una combinación de políticas y leyes complementarias diseñadas por el gobierno central para proteger el medio ambiente. Este programa es administrado por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) desde el año 1996. Se ha enfocado en la conservación de bosques y su principal fuente de financiamiento proviene de una fracción del impuesto a los combustibles.

Fuente: Kim *et al.* 2016.

Si bien el modelo de gestión de AP a través de la administración gubernamental ha sido el más frecuente en la historia de ALC, existe una fuerte tendencia hacia esquemas de gobernanza compartida o cogestión, en los que los gobiernos y diferentes actores tienen acuerdos formales para compartir derechos y responsabilidades (UNEP-WCMC 2016). Entre los actores que generalmente cogestionan las AP en la región, se encuentran las comunidades indígenas, las asociaciones comunitarias, los municipios, las ONG y, en algunos casos, las universidades (UNEP-WCMC 2016). De hecho, ALC lidera globalmente a otras regiones en desarrollo en el establecimiento de AP de usos múltiples y cogestión (recuadro 5).

Las AP de usos múltiples son aquellas en las que, además de la conservación, se permiten usos recreativos y turísticos, así como actividades productivas sostenibles (Dudley 2008). Actualmente, el 33 % y el 31 % de las AP en ALC se encuentran bajo reservas indígenas y de uso múltiple, respectivamente (Blackman *et al.* 2014 y UNEP-WCMC 2016). En comparación con otras regiones en desarrollo, ALC ha establecido la mayor cantidad de AP de uso múltiple, con el 33 % de su superficie, en comparación con el 6 % y el 22 % en África y Asia, respectivamente (Blackman *et al.* 2014). Estudios rigurosos de evaluación de impacto realizados en ALC (especialmente en Brasil y México) han encontrado que algunas AP han logrado detener el cambio de uso de la tierra y la degradación, particularmente en los casos en que las AP utilizan la gestión conjunta y permiten usos múltiples (Blackman; 2015; Robalino *et al.* 2015; Herrera *et al.* 2019).

Recuadro 6. Ejemplos de AP de uso múltiple y cogestión en ALC.

En Guatemala, el gobierno otorgó concesiones de manejo forestal sostenible a comunidades indígenas ubicadas dentro de la AP Reserva de la Biosfera Maya. Se han establecido concesiones forestales en los últimos 20 años para que las comunidades locales puedan acceder a estos recursos. Como retribución, estas comunidades se comprometen al cumplimiento de un plan de gestión forestal sostenible, certificado por el *Forest Stewardship Council* (FSC). Las evaluaciones de resultados muestran que la participación en concesiones forestales mejora los ingresos en las comunidades (Bocci *et al.* 2018) y reduce la deforestación (Blackman 2015).

En México, el 80% de las tierras altamente biodiversas del país están bajo administración de propiedad privada o comunitaria (conocidos como Ejidos) (Pérez-Bocanegra *et al.* 2014). Las propiedades bajo esta categoría de protección reciben la oportunidad de acceder a financiamiento para proyectos de secuestro de carbono y ecoturismo, así como apoyo técnico y legal para mitigar amenazas como la tala y la caza ilegales.

En Brasil, los territorios indígenas son reconocidos por el gobierno como AP y ocupan aproximadamente el 12,8 % de su superficie, de las cuales el 98 % se encuentra en la Amazonía, un sitio de relevancia mundial (Ministerio del Medio Ambiente 2007). Estas AP han funcionado como una política efectiva para prevenir la deforestación (UNEP-WCMC 2016; Herrera *et al.* 2019). Además, la red de reservas privadas de Brasil es especialmente fuerte, con cientos de reservas privadas de patrimonio natural (PNHR) que abarcan casi 480 000 ha, lo cual contribuye a llenar vacíos de conservación donde la gestión gubernamental no puede llegar (UNEP-WCMC 2016).

En general, los estudios en ALC muestran que las AP generan importantes beneficios económicos locales al promover el ecoturismo y generar SE relevantes para sustentar los medios de vida locales y el crecimiento económico (Bovarnick *et al.* 2010 y Blackman 2015). De igual manera, el aumento del turismo en las AP puede impactar positivamente el empleo y los salarios de las poblaciones locales alrededor de las entradas a estos parques, como en el caso de Costa Rica (Robalino *et al.* 2015). Además, las AP logran reducir los niveles de pobreza de las poblaciones aledañas en Costa Rica y Bolivia (Andam *et al.* 2010 y Ferraro *et al.* 2011). Sin embargo, los estudios en Perú y México no mostraron grandes resultados positivos (Miranda *et al.* 2016 y Sims y Alix-García 2017).

Implicaciones para la formulación de políticas públicas

La salud de los ecosistemas es la base para el desarrollo económico en ALC. Esta región tiene una enorme riqueza de activos naturales que son el sustento actual de millones de personas y que representan la base del crecimiento económico futuro. No obstante, la degradación actual y las diversas amenazas que sufren los ecosistemas en la región requieren de soluciones efectivas, innovadoras y adaptadas a la compleja realidad política, social y económica. De esta manera, un principio básico de las políticas de desarrollo para la región consistiría en minimizar las disyuntivas (*trade-offs*) y fomentar las sinergias entre la conservación, el uso sostenible de la biodiversidad, los recursos naturales y el crecimiento económico.

El diseño y la implementación de políticas, programas y proyectos exitosos para la recuperación y conservación de los SE en ALC requieren de varias condiciones básicas que deben ser fomentadas activamente por los gobiernos de la región. Entre estos elementos se destacan los siguientes:

- *Diseño e implementación con base en evidencia:* las políticas exitosas para la integración de la biodiversidad en la toma de decisiones públicas deben basarse en información precisa y la mejor evidencia científica disponible en ese momento. La implementación de un programa o política no debe postergarse si no se dispone de toda la información al inicio del proceso o si la evidencia científica es débil. Una clave determinante del éxito en esos casos es la creación de un sistema integrado que recopile sistemáticamente pruebas del impacto de la política y otra evidencia relevante. Las políticas exitosas son aquellas que se ajustan y perfeccionan constantemente en función de la evidencia. Por ejemplo, el programa de PSA en Costa Rica ha evolucionado y mejorado su base técnica a lo largo de sus más de 20 años de implementación.
- *Estrategias financieras innovadoras y robustas:* la gestión y conservación de las políticas para la restauración y conservación de SE deben evolucionar para volverse más sofisticadas desde el punto de vista técnico y financiero. Esto atraerá a un grupo más grande y variado de

donantes y producirá inversiones más efectivas y con impacto demostrado para reducir costos o generar ingresos económicos adicionales a quienes las implementan. Esto es particularmente relevante en la selección de herramientas de monitoreo, reporte y verificación (MRV) y en la elección de indicadores de éxito. Las políticas exitosas deben ser capaces de demostrar resultados a una audiencia que va mucho más allá de los actores motivados por la conservación de la biodiversidad y los recursos naturales. Un buen ejemplo lo constituye el uso de los ecosistemas y sus servicios como soluciones de infraestructura diversa (por ejemplo: el uso de manglares para mitigar el impacto de eventos extremos en las costas). En estos casos, se debería demostrar su rentabilidad en un análisis estándar de costo-beneficio vis a vis de la infraestructura gris tradicional.

- *Complementariedad de políticas:* los instrumentos de política para la conservación de la biodiversidad no funcionan en el vacío; es decir, su éxito depende en gran medida de su interacción con todas las políticas existentes y las características del entorno social y económico relevante. Las sinergias entre políticas son fundamentales para compensar las debilidades inherentes a cada política. Por ejemplo, es deseable el complemento entre AP y PSA, debido a que concentra interés en objetivos de conservación en terrenos que no son del dominio público. La combinación óptima debe reflejar las condiciones políticas, económicas, sociales y culturales de cada país, en atención a un entorno siempre cambiante.
- *Coordinación interinstitucional, agendas concertadas e inclusión:* la biodiversidad y los servicios derivados de ella son transversales a todos los sectores de la economía de un país. Por ello, no puede mantenerse el argumento de que la conservación de la biodiversidad es competencia única de los ministerios de ambiente o agencias especializadas en los países. A manera de ejemplo, la transformación y la consolidación de la seguridad alimentaria, a través de sistemas agrícolas diversos, pueden tener implicaciones positivas en la salud y bienestar humano y, por ende, pueden representar una menor carga en los presupuestos de salud pública en los países.

Para incorporar la biodiversidad en los planes nacionales de cambio climático, desarrollo y riesgo de desastres, entre otros, se necesita una mejor coordinación de las políticas agrícolas para fomentar las sinergias entre la productividad en las fincas, los objetivos climáticos globales y reducción de desastres. Para muchos países, esto representa un cambio de paradigma importante y requiere un esfuerzo intersectorial para resaltar los beneficios económicos, ambientales y sociales asociados con una agricultura que vaya de la mano con la conservación de biodiversidad y viceversa. La participación en la toma de decisiones de los actores locales, especialmente mujeres, jóvenes y grupos vulnerables en general, no debe relegarse a un plano secundario. Estos deben ser considerados activamente en el diseño de las políticas y su la implementación exitosa.

Referencias bibliográficas

- Andam, KS; Ferraro, PJ; Sims, KRE; Healy, A; Holland, MB. 2010. Protected Areas Reduced Poverty in Costa Rica and Thailand (en línea). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(22):9996-10001. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.0914177107>.
- Blackman, A. 2015. Strict Versus Mixed-Use Protected Areas: Guatemala's Maya Biosphere Reserve. *Ecological Economics* (112):14-24.
- Blackman, A; Epanchin-Niell, R; Siikamäki, J; Velez-Lopez, J. 2014. *Biodiversity Conservation in Latin America and the Caribbean: Prioritizing Policies*. Nueva York, EE.UU., RFF Press.
- Bocci, C., L. Fortmann, B. Sohngen, y B. Milian. 2018. The Impact of Community Forest Concessions on Income: An Analysis of Communities in the Maya Biosphere Reserve. *World Development*, 23 (107), 10–21.
- Bovarnick, A; Fernandez-Baca, J; Galindo, J; Negret, J. 2010. *Financial Sustainability of Protected Areas in Latin America and the Caribbean: Investment Policy Guidance*. Nueva York, EE.UU., United Nations Development Programme and Arlington County, Virginia: The Nature Conservancy.
- CBD (Convention on Biological Diversity). 2009. *Connecting Biodiversity and Climate Change Mitigation and Adaptation: Report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change* (en línea). CBD Technical Series 41. Nueva York, EE.UU., Convention on Biological Diversity. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/publications/cbd-ts-41-en.pdf>.
- Chain-Guadarrama, A; Martínez-Salinas, A; Aristizábal, N; Ricketts, TH. 2019. Ecosystem Services by Birds and Bees to Coffee in a Changing Climate: A Review of Coffee Berry Borer Control and Pollination. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (280):53–67.
- Dasgupta, P. 2021. *The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review*. Londres, Reino Unido, HM Treasury.
- S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds). 2019. *Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Alemania, IPBES.

- Díaz, S; Malhi, Y. 2022. Biodiversity: Concepts, Patterns, Trends, and Perspectives (en línea). *Annual Review of Environment and Resources* (47):31-63. Disponible en <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-120120-054300>.
- Díaz, S; Pascual, U; Stenseke, M; Martín-López, B; Watson, RT; Molnár, Z; Hill, R; Chan, KMA; Baste, IA; Brauman, KA; Polasky, S; Church, A; Lonsdale, M; Larigauderie, A; Leadley, PW; van Oudenhoven, APE; van der Plaats, F; Schröter, M; Lavorel, S; Aumeeruddy-Thomas, Y; Bukvareva, E; Davies, K; Demissew, S; Erpul, G; Failler, P; Guerra, CA; Hewitt, CL; Keune, H; Lindley, S; Shirayama, Y. 2018. Assessing nature's contributions to people: Recognizing culture, and diverse sources of knowledge, can improve assessments (en línea). *Science* (359):270-272. Disponible en <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aap8826>.
- Doswald, N; Munroe, R; Roe, D; Giuliani, A; Castelli, I; Stephens, J; Moller, I; Spencer, T; Vira, B; Reid, H. 2014. Effectiveness of Ecosystem-Based Approaches for Adaptation: Review of the Evidence-Base (en línea). *Climate and Development* 6(2):185-201. Disponible en <https://doi.org/10.1080/17565529.2013.867247>.
- Dudley, N. (ed.). 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. Gland, Suiza, IUCN.
- Estrada-Carmona, N; Martínez-Salinas, A; DeClerck, A.J; Vélchez-Mendoza, S; Garbach, K. 2019. Managing the Farmscape for Connectivity Increases Conservation Value for Tropical Bird Species with Different Forest-Dependencies. *Journal of Environmental Management*, 250, 109504. Disponible en [doi:10.1016/j.jenvman.2019.109504](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109504)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2018. *The State of the World's Forests 2018 - Forest Pathways to Sustainable Development*. Roma. Italia.
- Ferraro, PJ; Hanauer, MM; Sims, K. 2011. Conditions Associated with Protected Area Success in Conservation and Poverty Reduction (en línea). *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(34):13913-13918. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.1011529108>.
- Grima, N; Singh, SJ; Smetschka, B; Ringhofer, L. 2016. Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the Performance of 40 Case Studies. *Ecosystem Services* (17): 24-32.
- Harvey, CA; Chacón, M; Donatti, CI; Garen, E; Hannah, L; Andrade, A; Bede, L; Brown, D; Calle, A; Chará, J; Clement, C; Gray, E; Hoang, MH; Minang, P; Rodríguez, AM; Seeberg-Elverfeldt, C; Semroc, B; Shames, S; Smukler, S; Somarriba, E; Torquebiau, E; van Etten, J; Wollenberg, E. 2014. Climate- Smart Landscapes: Opportunities and Challenges for Integrating Adaptation and Mitigation in Tropical Agriculture. *Conservation Letters* 7(2):77–90. Disponible en [doi:10.1111/conl.12066](https://doi.org/10.1111/conl.12066).

- Herrera, D., A. Pfaff, y J. Robalino. 2019. Impacts of Protected Areas Vary with the Level of Government: Comparing Avoided Deforestation across Agencies in the Brazilian Amazon. (en línea). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(30), 14916–14925. Consultado 20 de ago. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.1802877116>.
- Huntley, BJ; Redford, KH. 2014. *Mainstreaming Biodiversity in Practice: A STAP Advisory Document*. Washington, DC, EE. UU., Global Environment Facility.
- IPBES (2018). The IPBES regional assessment report on biodiversity and ecosystem services for the Americas. Rice, J., Seixas, C. S., Zaccagnini, M. E., Bedoya-Gaitán, M., and Valderrama N. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany.
- Jat, M.L., Dagar, J.C., Sapkota, T.B., Yadvinder-Singh, Govaerts, B., Ridaura, S.L., Saharawat, Y.S., Sharma, R.K., Tatarwal, J.P., Jat, R.K., Hobbs, H., & Stirling, C. (2016). Chapter Three - Climate Change and Agriculture: Adaptation Strategies and Mitigation Opportunities for Food Security in South Asia and Latin America. En D.L. Sparks (Ed.), *Advances in Agronomy*. 20 (137), p. 127-235.
- Johnson, JA; Runge, CF; Senauer, B; Foley, J; Polasky, S. 2014. Global Agriculture and Carbon Trade-offs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111(34):12342–7. Disponible en doi:10.1073/pnas.1412835111.
- Kim, J; Madrigal, R; Alpízar, F; Rojas, S. 2016. *Learning from Costa Rican Experience and Roads Ahead: Bridging the Policy and Investment Gap for Payment for Ecosystem Services*. Seoul, Corea, GGGI.
- Kuyah, S; Öborn, I; Jonsson, M; Dahlin, AS; Barrios, E; Muthuri, C; Malmer, A; Nyaga, J; Magaju, C; Namirembe, S; Nyberg, Y; Sinclair, FL. 2016. Trees in Agricultural Landscapes Enhance Provision of Ecosystem Services in Sub-Saharan Africa (en línea). *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 2(128):1-19. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21513732.2016.1214178>.
- Madrigal, R; Alpízar, F. 2008. Diseño y gestión adaptativa de un programa de pagos por servicios ecosistémicos en Copán Ruinas, Honduras. *Investigación agraria: Sistemas y Recursos Forestales* 17(1):79-90.
- Martínez-Salinas, A; DeClerck, F; Vierling, K; Vierling, L; Legal, L; Vélchez-Mendoza, S; Avelino, J. 2016. Bird functional diversity supports pest control services in a Costa Rican coffee farm. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (235):277–288.

- Martínez-Salinas, A; Chain-Guadarrama, A; Aristizábal, N; Vilchez-Mendoza, S; Cerda, R; Ricketts, TH. 2022. Interacting Pest Control and Pollination Services in Coffee Systems (en línea). *Proceedings of the National Academy of Sciences* (119):e2119959119. Disponible en <https://doi.org/10.1073/pnas.2119959119>
- Morán-Ordoñez, A; Hermoso, V; Martínez-Salinas, A. 2022. Multi-objective forest restoration planning in Costa Rica: Balancing landscape connectivity and ecosystem service provisioning with sustainable development. *Journal of Environmental Management* (310):114717.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington, DC, EE.UU, Island Press.
- Miranda, JJ; Corral, L; Blackman, A; Asner, G; Lima, E. 2016. Effects of Protected Areas on Forest Cover Change and Local Communities: Evidence from the Peruvian Amazon. *World Development* (78):288-307.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos); FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 2019. *OECD-FAO Agricultural Outlook 2019-2028*. París, Francia. Disponible en https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en.
- ONU (Organizaciones de las Naciones Unidas). 1992. *Convenio sobre la diversidad biológica*. (en línea). Washington, DC, ONU. Consultado 2 ene. 2023. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Porras, I; Chacón-Cascante, A. 2018. *Costa Rica's Payments for Ecosystem Services Programme*. Londres, Reino Unido, IIED.
- Rice, J; Seixas, CS; Zaccagnini, ME; Bedoya-Gaitán, M; Valderrama, N; Anderson, CB; Arroyo, MTK; Bustamante, M; Cavender-Bares, J; Díaz-de-Leon, A; Fennessy, S; García Márquez, JR; García, K; Helmer, EH; Herrera, B; Klatt, B; Ometo, JP; Rodríguez Osuna, V; Scarano, FR; Schill, S; Farinaci, JS. (eds.). 2018. *Summary for Policymakers of the Regional Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services for the Americas of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn, Alemania, IPBES. 41 p.
- Robalino, J; Pfaff, A; Villalobos, L. 2015. *Deforestation Spillovers from Costa Rican Protected Areas*, Working Papers 201502, Universidad de Costa Rica.

- Rosa-Schleich, J; Loos, J; Mußhoff, O; Tschardtke, T. 2019. Ecological-Economic Trade- Offs of Diversified Farming Systems: A Review. *Ecological Economics* (160):251-263.
- Salzman, J; Bennett, G; Carroll, N; Goldstein, A; Jenkins, M. 2018. The Global Status and Trends of Payments for Ecosystem Services. *Nature Sustainability* 1(3):136–144.
- Serebrisky, T. 2014. Sustainable Infrastructure for Competitiveness and Inclusive Growth. Washington, DC. BID.
- Schroth, G; Fonseca, GAB; Harvey, C.A; Gascón, C; Vasconcelos, HL; Isaac, AMN. 2004. Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes. Washington, DC, EE.UU., Island Press.
- Sims, KR; Alix-Garcia, JM. 2017. Parks versus PES: Evaluating Direct and Incentive- Based Land Conservation in Mexico. *Journal of Environmental Economics and Management* (86):8-28.
- UNEP-WCMC (UN Environment Programme World Conservation Monitoring Centre). 2016. The State of Biodiversity in Latin America and the Caribbean: A Midterm Review of Progress towards the Aichi Biodiversity Targets. Cambridge, Reino Unido.
- Vergara, W; Gallardo Lomeli, L; Rios, Ana R; Isbell, P; Prager, S; De Camino, R. 2016. The Economic Case for Landscape Restoration in Latin America. Washington, DC, EE.UU., WRI. 62 p.
- Vignola, R; Harvey, CA; Bautista-Solis, P; Avelino, J; Rapidel, B; Donatti, C; Martinez, R. 2015. Ecosystem-Based Adaptation for Smallholder Farmers: Definitions, Opportunities and Constraints. *Agriculture, Ecosystems & Environment* (211):126-132.
- Watkins, G; Silva, M; Rycerz, A; Dawkins, K; Firth, J; Kapos, V; Dawkins, K.; Kapos, V.; Jones, M.; Grigg, A.; Ross, A.; Salvaterra, T.; DeLamo, X.; Garcia Rangel, S.; Walcott, J.; Despot-Belmonte, K.; Vause, J.; Corrigan, C.; Burgess, N.; Lazaro, C.; Guaras, D.; Murphy, L.; Pretorius, C.; y Wicander, S. 2019. Nature-Based Solutions: Increasing Private Sector Uptake for Climate-Resilience Infrastructure in Latin America and the Caribbean Climate Change Division. Washington, DC, EE.UU., IDB.
- Wunder, S. 2015. Revisiting the Concept of Payments for Environmental Services. *Ecological Economics* (117):234–243.

- Wunder, S; Brouwer, R; Engel, S; Ezzine-de-Blas, D; Muradian, R; Pascual, U; Pinto, R. 2018. From Principles to Practice in Paying for Nature's Services. *Nature Sustainability* 1(3):145-150.
- Whitehorn, P.R., L.M. Navarro, M. Schröter, M. Fernandez, X. Rotllan-Puig, y A. Marques. 2019. Mainstreaming Biodiversity: A Review of National Strategies. *Biological Conservation*, 6(235): 157–163.



SECCIÓN 3:

INSTRUMENTOS PARA MOVILIZAR LA BIOECONOMÍA

SECCIÓN 3: INSTRUMENTOS PARA MOVILIZAR LA BIOECONOMÍA

Sin duda, ALC posee grandes potencialidades intrínsecas para fomentar y aprovechar la bioeconomía como modelo para el desarrollo sostenible. Sobresalen sus capacidades biológicas, su estructura productiva-comercial (sobre todo agrícola y agroindustrial), sus experiencias precursoras en desarrollos bioeconómicos, como aplicaciones biotecnológicas en el agro, biocombustibles, bioinsumos, entre otros factores. Aun cuando estas condiciones convierten a ALC en una región con ventajas comparativas para el fomento de la bioeconomía, su sola existencia no asegura nada.

Se requiere, construir las condiciones habilitadoras, las reglas del juego y los incentivos correctos para que —a partir de sus ventajas comparativas— la región, los países y los territorios puedan fomentar las nuevas industrias biológicas que agregarán valor en cascada y generarán nuevos ingresos y empleos locales, a la vez que contribuirán con la descarbonización y la sostenibilidad ambiental. De acuerdo con la experiencia de otros países y regiones, tres factores se convierten en los principales movilizadores de las oportunidades de la bioeconomía en la región: las políticas, el financiamiento y la ciencia, tecnología e innovación (CTi).

3.1 Estrategias y políticas para la bioeconomía en ALC

Autor: Chavarría, H. (IICA).

Estado de situación: mayor posicionamiento político de la bioeconomía y disímiles avances en la gestión de estrategias, políticas y normativas para su fomento.

ALC está cada vez más posicionada en la discusión mundial de la bioeconomía.

A pesar de que ALC es una de las regiones que tiene más potencial biológico y productivo para el aprovechamiento de la bioeconomía (Chavarría *et al.* 2021), hasta hace cinco o seis años la región tenía participación casi nula en los espacios mundiales donde se discuten las buenas prácticas, lecciones aprendidas y casos de éxito de la bioeconomía y donde se decide gran parte de los apoyos e inversiones para su fomento. Estamos hablando principalmente del *Global Bioeconomy Summit (GBS)*, el *International Consortium on Applied Bioeconomy Research (ICABR)* y el *International Bioeconomy Forum (IBF)*, así como de las principales plataformas mundiales de los senderos de la bioeconomía, como el *Global Bioenergy Partnership (GBEP)*, la *IEA Bioenergy*, el Protocolo de Cartagena en Bioseguridad y la Convención de Diversidad Biológica. El protagonismo y la participación en estos espacios, que reúnen a los principales expertos y referentes de la bioeconomía y de sus senderos, es fundamental para acceder a los

conocimientos, lecciones aprendidas, proyectos de cooperación sur-sur, inversiones y relaciones con pares de otros países y regiones.

En la actualidad la situación es diferente. Gracias a los esfuerzos de los propios países y de organizaciones de cooperación internacionales, como el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), entre otros, hoy ALC es socio y participante activo en todos estos espacios, lo que permite que el mundo vuelva la mirada a la región.

Por ejemplo, el *International Advisory Council on Global Bioeconomy (IACGB)* de GBS cuenta hoy con seis integrantes de ALC (de un total de 43). Sobresalen nombres como Eduardo Trigo, Marcelo Regunaga, Lucia Pitalluga, Hugo Chavarría, Daniel Vargas y Adrián Rodríguez (ICABR 2023a). Además, durante las últimas conferencias y talleres internacionales²⁷ del GBS, la región ha tenido un papel protagónico en las principales plenarias, mesas redondas, eventos paralelos y otros espacios de discusión. El mayor protagonismo y participación de la región en este espacio les ha permitido a los actores públicos y privados de ALC acceder a relaciones de cooperación y alianza con instituciones de la bioeconomía de otras regiones.

Un caso similar se presenta con el ICABR. En el 2020 el ICABR se realizó de manera virtual en conjunto con IICA (IICA 2020b) y la edición del 2023 se realizó, por primera vez en la historia, en un país de ALC. Gracias al esfuerzo conjunto del IICA y de los Ministerios de Agricultura y Ganadería y Ciencia y Tecnología de Argentina, el ICABR durante el 2023 se realizó en este país sudamericano entre el 4 y 7 de julio (ICABR 2023b), sirviendo como vitrina para presentarle al mundo académico los desarrollos políticos, científicos y empresariales de la bioeconomía en la región (IICA 2023a).

Este mayor posicionamiento y protagonismo se ha logrado no solo en los espacios mundiales de la bioeconomía (en general), sino también en los referentes a los principales senderos de ALC. Por ejemplo, en biotecnología y bioseguridad, las delegaciones de ALC tienen hoy una mayor y mejor participación en el Protocolo de Cartagena en Bioseguridad y en la Convención de Diversidad Biológica (Rocha-Salavarrieta 2022). En biocombustibles podríamos afirmar lo mismo en referencia a la IEA Bioenergy (división de bioenergías de la Agencia Internacional de Energías), el GBEP y la Plataforma Biofuturo. Mención especial requiere la reciente creación de la Coalición Panamericana de Biocombustibles Líquidos, la cual está compuesta por los principales gremios empresariales e industriales de las Américas dedicados a la producción y procesamiento de azúcar, alcohol, maíz, sorgo, soja, aceite vegetal y granos, y tiene como objetivo coordinar la elaboración, promoción y consumo sustentables de estas energías limpias en el hemisferio (IICA 2023b).

²⁷ Para más información: https://www.iacgb.net/iacgb_workshop_hanover

Además de tener una mayor participación en estos espacios, los países de ALC también han posicionado a la bioeconomía en los planteamientos acordados y los han llevado a los principales espacios mundiales del agro, de los sistemas agroalimentarios, del clima y de la biodiversidad. Así la bioeconomía aparece como protagonista en los mensajes que los países de las Américas llevaron a la Cumbre de los Sistemas Alimentarios de las Naciones Unidas (2021), a la Junta Interamericana de Ministros de Agricultura (IICA, 2021), a la COP27 (United Nations Climate Change 2022a) y a la COP15 (United Nations Climate Change 2022b).

Dado el mayor convencimiento sobre el potencial que tiene ALC para promover y aprovechar la bioeconomía como modelo de desarrollo productivo, los principales organismos de cooperación internacional y regional tienen la mirada puesta en la región. En comparación con los inicios del 2018, una mayor cantidad de organismos internacionales, regionales y nacionales están apoyando a los países, territorios y cadenas de ALC en el fomento de sus bioeconomías. Sobresalen el IICA, BID, GGGI (Global Green Growth Institute), FGV (Fundação Getulio Vargas), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), CEPAL, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), BioFin (Finanzas para la Biodiversidad), Coalición de Economía Circular ALC, AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo), *Stockholm Environment Institute*, *Allbiotech*, Igem (International Genetically Engineered Machine), entre varios otros.

Aunque ha aumentado el interés y el posicionamiento de la bioeconomía en la agenda política, solo dos países de ALC han formalizado estrategias dedicadas a la bioeconomía, las han lanzado y se encuentran en implementación (Costa Rica y Colombia). Algunos otros esfuerzos se han quedado en el camino.

En materia de estrategias y políticas dedicadas a la bioeconomía, lo cierto es que el mayor interés de los países no se ha traducido necesariamente en un aumento de las políticas y estrategias formuladas y lanzadas. Al igual que como sucedía en el 2020, actualmente los únicos países latinoamericanos que tienen estrategias formales y se encuentran en procesos de implementación son Costa Rica y Colombia.

Si bien es cierto otros países están avanzando en la construcción de estrategias nacionales dedicadas a la bioeconomía, los procesos de formulación todavía están en marcha y no han culminado. Sobresalen Ecuador (IICA 2020a) y Paraguay (IICA 2023c). También se han presentado casos donde países avanzaron fuertemente en procesos de construcción y formulación y por diversas condiciones estos procesos no culminaron con estrategias o políticas lanzadas (por ejemplo, en Uruguay).

En lo que respecta a las estrategias nacionales de Costa Rica y Colombia, los ritmos de implementación han sido variados. Costa Rica lanzó su estrategia de bioeconomía a finales del 2020, pero su implementación se ha llevado a cabo principalmente a través de iniciativas independientes enfocadas en la promoción de bioemprendimientos y bionegocios (Hub de Biomateriales de la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo - CINDE, la Plataforma de Bionegocios, el Programa Greentech Costa Rica, el Programa BioInnova-Training, entre otros) (CINDE 2023; PNUD y MICITT 2020; Pomona 2022, IICA 2022). Para los primeros meses del 2023, se efectuaron talleres regionales que tenían como objetivo construir planes de acción para la bioeconomía territorial. Este esfuerzo fue liderado por el Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT) y apoyado por el IICA, CINDE, la industria, la academia, entre varios otros actores).

En el caso de la estrategia nacional de bioeconomía de Colombia (lanzada en el 2020), la implementación se ha realizado, en gran medida, a través del programa Colombia BIO del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias), por medio del apoyo a expediciones científicas para conocer la biodiversidad del país y el desarrollo de bioproductos. Minciencias ha financiado desarrollos tecnológicos e innovaciones en bioeconomía (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia 2023). En el caso colombiano sobresale el impulso al uso sostenible de la biodiversidad y el aprovechamiento de la biomasa local, así como el impulso a las *spin-off* de base biotecnológica (direccionadas a los sectores de alimentos, agricultura, insumos biológicos, químicos y salud). Adicionalmente, el gobierno nacional ha llevado a cabo talleres en todas las regiones del país, con el propósito de co-construir las hojas de ruta para el fortalecimiento y consolidación de la misión, donde se consideran las rutas posibles sugeridas en cada uno de los territorios. De manera complementaria y en conjunto con la cooperación de Alemania, Federal Ministry of Education and Research (BMBF), Reino Unido y el Instituto Global para el Crecimiento Verde, se han abierto diferentes convocatorias para fortalecer capacidades en materia de investigación e innovación en bioproductos.

Recuadro 7. El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y la Estrategia de Bioeconomía en Colombia²⁸.

El Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt fue creado por la Ley 99 de 1993 para ser el brazo investigativo en biodiversidad del Sistema Nacional Ambiental de Colombia (SINA). En el marco del Convenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica, ratificado por Colombia en 1994, el Instituto

²⁸ Por Felipe García Cardona, Gerente de Centro Economía y Finanzas de la Biodiversidad, Dirección de Conocimiento, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

Humboldt genera el conocimiento necesario para evaluar el estado de la biodiversidad en Colombia y para tomar decisiones sostenibles sobre esta.

La misión del instituto es promover, coordinar y realizar investigación que contribuya al conocimiento, la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad como un factor de desarrollo y bienestar de la población colombiana. Trabaja en red con múltiples organizaciones, nacionales e internacionales, con capacidad para incidir en la toma de decisiones y en las políticas públicas.

Como parte de sus funciones, el Instituto Humboldt se encarga de realizar, en el territorio continental de la Nación, la investigación científica sobre biodiversidad, recursos hidrobiológicos y genéticos. Asimismo, coordina el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SIBI Colombia) y la conformación del inventario nacional de la biodiversidad.

La gran relevancia y posicionamiento en los temas relacionados con uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos le permitieron posicionarse dentro del objetivo de bioeconomía de la Política Nacional de Crecimiento verde, lanzada por el gobierno en el 2018. Con este marco, el instituto lanzó un objetivo estratégico en competitividad y bioeconomía, que evolucionó en lo que actualmente se conoce como la misión de bioeconomía. Dicha misión plantea impulsar ventas por 600 millones de dólares en negocios innovadores mediante el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos al 2030.

Como resultado de este proceso, el instituto creó el Centro de Economía y Finanzas de la Biodiversidad, que tiene dentro de sus funciones liderar la misión de bioeconomía. Dentro de dicho centro, se creó el Laboratorio de Innovación en Bioeconomía, el cual tiene como objetivos fortalecer los bionegocios, desarrollar biosoluciones y sacar adelante iniciativas en diferentes biorregiones en el país. El centro actualmente trabaja en más de 10 departamentos del país y ha posicionado a la bioeconomía en diferentes escalas y en varias cadenas de valor.

Recuadro 8. Enfoque de bioeconomía del Instituto SINCHI para la Amazonia colombiana.²⁹

El Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI se caracteriza por ser un destacado centro de investigación con un enfoque específico para la Amazonia colombiana. Su sede principal se encuentra en Leticia, Amazonas. Además, cuenta con sedes en San José del Guaviare en Guaviare, Florencia en Caquetá, Mitú en Vaupés, Inírida en Guainía, así como una sede de enlace en Bogotá D.C. Adicionalmente, dispone de estaciones experimentales en Puerto Leguizamo, Putumayo y El Trueno en Guaviare. Esta red de sedes permite un constante y estrecho vínculo con la región amazónica colombiana, su población y sus dinámicas.

Los esfuerzos del instituto se articulan a través de cinco programas de investigación, entre los que se encuentra su Programa de Sostenibilidad e Intervención, cuyo aporte en materia de bioeconomía es especialmente relevante para la región. Este programa tiene como objetivo generar alternativas productivas sostenibles que promuevan procesos de innovación y transferencia tecnológica. Su fin último es mejorar las condiciones de vida

²⁹ Por Juliana E.C. Cardona-Jaramillo, Raquel Oriana Díaz, Marcela Carrillo, María Soledad Hernández-Gomez, Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.

y redirigir intervenciones inapropiadas. Para ello, se focaliza en dos líneas de investigación: a) desarrollo rural agroambiental, restauración participativa y economía forestal en la Amazonia colombiana y b) bioeconomía para la transformación productiva, innovadora y sustentable en la Amazonia colombiana. La segunda línea de investigación, en específico, se centra en la generación de conocimiento y tecnología para la producción de bienes y servicios derivados de la utilización sostenible de recursos ambientales y biodiversidad. Esto contribuye a satisfacer las necesidades de diversos sectores económicos y consumidores. Mediante la transferencia de tecnología y la optimización de las cadenas de valor, se busca impactar positivamente en la productividad de la región amazónica colombiana. Con miras a estos objetivos, la línea de bioeconomía persigue los siguientes propósitos:

1. Llevar a cabo bioprospección de la diversidad microbiana, vegetal, de hongos, insectos y microalgas, además de aprovechar la biomasa residual agroindustrial. Esto permite generar perfiles de uso de las especies fuente de grupos químicos relevantes y sus posibles aplicaciones.
2. Desarrollar tecnologías innovadoras basadas en los resultados de perfil de uso de especies estudiadas. Esto incluye la exploración de nuevas formas de uso y aprovechamiento, lo que promueve una economía circular.
3. Diseñar equipos y soluciones energéticas para aprovechar las especies de la biodiversidad y subproductos de transformación.
4. Consolidar y escalar cadenas de valor basadas en la transferencia tecnológica, la innovación y la participación. Esto conlleva un beneficio directo para las comunidades amazónicas.

Como resultado de estas acciones, se cuenta con una base de datos donde se caracterizan parámetros físicos, químicos y de actividad biológica de 63 especies vegetales que son posibles fuentes de ingredientes naturales (Carrillo *et al.* 2016; Carrillo *et al.* 2017), la mayoría con abundancia en los bosques. También se mantienen datos sobre el desarrollo de por lo menos 24 procesos de obtención de ingredientes naturales y más de 55 productos alimenticios, cosméticos y nutraceúticos (Carrillo *et al.* 2015; Cardona *et al.* 2019) con procesos de transferencia para al menos 138 emprendimientos, organizaciones comunitarias o negocios amazónicos. Esto consolida cadenas de valor para al menos tres activos de la Amazonía colombiana.

Además de las dos políticas-estrategias nacionales dedicadas a la bioeconomía, hay varios países que están en proceso de formulación e implementación de estrategias sectoriales (agricultura-ciencia y tecnología) y territoriales basadas en la bioeconomía.

Sería “injusto” utilizar solo las estrategias nacionales dedicadas a la bioeconomía para medir el nivel de atención y prioridad política que brindan los países de la región al tema. Son varios los países que –aunque no cuentan con estrategias nacionales– han realizado grandes esfuerzos para formular e implementar estrategias e iniciativas sectoriales enfocadas en la bioeconomía.

El caso más sobresaliente posiblemente sea el de Brasil. Aunque Brasil no tiene una estrategia nacional dedicada a la bioeconomía (como si la tienen Costa Rica y Colombia), cuenta con cinco

o seis grandes estrategias sectoriales que en suma abarcan todo el territorio y la gran mayoría de senderos potenciales. Sobresalen el Plan de Acción sobre Ciencia, Tecnología e Innovación en Bioeconomía, el Programa Bioeconomía Brasil - Sociobiodiversidad, el Observatorio de Bioeconomía de la Fundación Getulio Vargas, el Hub de Bioeconomía Amazónica, el Proyecto Bioeconomía y Cadenas de Valor, entre otros. En los últimos tres años, Brasil ha incrementado sustancialmente el apoyo a estrategias que fomentan la ciencia, tecnología e innovación para el aprovechamiento sostenible de la sociobiodiversidad (principalmente del Amazonas). Estas iniciativas tienen el liderazgo de los ministerios de agricultura, ganadería y abastecimiento, ciencia y tecnología, economía y medio ambiente y la participación y colaboración de una gran cantidad de instituciones financieras y servicios de apoyo Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Clean and Green Energy (CGEE), Sustainable Aviation Fuel (SAF), FAS, Global Educational Concepts (GEC), Federal Ministry of Food and Agriculture in Germany (BMEL), BMBF, *Nature Conservancy*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Natura, entre muchos otros) (Observatorio de Políticas Públicas para los Sistemas Agroalimentarios).

Argentina es otro de los casos emblemáticos en la región que –pese a no contar con una estrategia nacional dedicada a la bioeconomía– ha apostado fuertemente a las políticas e institucionalidad en el tema. Desde el 2017, Argentina estableció el Programa de Fomento de la Bioeconomía, en la órbita de la subsecretaría de Bioindustria dependiente de la Secretaría del Ministerio de agroindustria (Ministerio de Agroindustria 2017). Desde esa fecha, el tema de bioeconomía ha estado inmerso en la institucionalidad de los ministerios y secretarías que se relacionan con agricultura, ganadería y agroindustria. Más recientemente, en el 2020, se creó la Dirección Nacional de Bioeconomía, quien se encarga de la promoción y regulación de los productos de la bioeconomía y de la interrelación de estos con todas las cadenas productivas (Ministerio de Economía 2022).

En lo referente a planes y estrategias sectoriales, desde hace más de seis años, Argentina cuenta con planes y estrategias para la bioeconomía en las cadenas del agro y de la industria. Sobresalen el Programa Bioeconomía Regiones Argentinas (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación 2018), el Plan de Acción para el Sector de Biomateriales y Bioproductos (Ministerio de Economía 2019a), el Programa de Bioinsumos Agropecuarios Argentinos (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca 2021), el Programa Sello BioProducto Argentina (Ministerio de Economía 2021), entre otros. Para el 2022 se lanzó el Plan de Ciencia Tecnología e Innovación (CTi) para la bioeconomía y el Plan de Acción de la Bioeconomía para el Sector Agropecuario Argentino (Ministerio de Economía 2019b) que inició su implementación a mediados del 2023. En el 2022 se puso en marcha el Programa BioDesarrollar para impulsar la bioeconomía, que comprende la biotecnología, bioinsumos, biomateriales y bioenergía, con una visión de economía circular (Ministerio de Economía 2023).

Recuadro 9. Estrategia de bioeconomía de México.

México es otro de los países donde actualmente se está formulando una estrategia de la bioeconomía enfocada en un sector específico (agro). México inició sus esfuerzos por impulsar el desarrollo de una política en bioeconomía en el 2008 con la creación de la Dirección General Adjunta de Bioeconomía, dentro de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). En la actualidad, se cuenta con una Ley General de Economía Circular (de orden Federal, pero sin un reglamento que permita su aplicación) y algunos esfuerzos de gobiernos estatales y municipales para impulsar el desarrollo de la bioeconomía.

En conjunto con la representación del IICA en México y el Programa de Innovación y Bioeconomía del IICA, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México está impulsando la formación de una estrategia sectorial de bioeconomía agrícola que permita sentar las bases para impulsar programas de fomento a emprendimientos bioeconómicos. Ambas instituciones han acordado un programa de trabajo para el diseño y desarrollo de la estrategia, que se espera finalice a inicios del 2024.

Aunque son pocos los países que tienen estrategias dedicadas a la bioeconomía, muchos han formulado y están implementando marcos normativos y regulatorios para los senderos más históricos de la bioeconomía en la región (bioenergía y bioseguridad principalmente). En estos senderos ALC fue pionero y hoy es líder.

Como se ha mencionado en otros documentos (Chavarría *et al.* 2021; Hondson de Jaramillo *et al.* 2019; Trigo *et al.* 2023; Bisang *et al.* 2022) ALC fue pionero y hoy es líder en los desarrollos productivos y comerciales de varios senderos de la bioeconomía, sobre todo en aplicaciones biotecnológicas en la agricultura, biocombustibles y servicios ecosistémicos.

Cuadro 9. Madurez en procesos de gestión de estrategias, políticas y normativas para la bioeconomía en ALC.

Estado de maduración	Discusión	Formulación	Implementación	
Normativas y reglamentaciones para "aplicaciones biotecnológicas en la agricultura".	Jamaica	México República Dominicana Perú Bolivia	Guatemala Honduras Costa Rica Colombia Ecuador	Chile Paraguay Uruguay Brasil
Normativas y reglamentaciones para "biocombustibles líquidos".	México Costa Rica	República Dominicana Chile	Guatemala Colombia Ecuador Perú Bolivia	Paraguay Uruguay Brasil Jamaica

Para promover el desarrollo de las tecnologías y de los negocios en estos senderos de la bioeconomía y asegurar que estos se realicen en un marco de seguridad y sostenibilidad ambiental, cerca de 15 países de ALC han formulado instrumentos normativos y reglamentarios, algunos de los cuales ya se están implementando. Como se puede observar en el cuadro 9, el nivel de maduración de los procesos de formulación e implementación de estas reglamentaciones y normativas difiere entre los países.

- **Biotecnología y bioseguridad (B&B):** la normativa y reglamentación en el continente es heterogénea: desde países que tienen un desarrollo normativo nulo o incipiente hasta países que son líderes mundiales en la materia (como Argentina, Brasil o Colombia).
- **Biocombustibles líquidos:** al igual que en B&B, la madurez de la normativa es poco homogénea y disímil. Sin embargo, hay coincidencia en que en la obligación de mezclar biocombustibles con combustibles fósiles ha sido el motor para impulsar el consumo y la producción. Esto se ha implementado a través de diferentes mecanismos, entre los que destaca el “mandato de mezcla obligatoria” de bioetanol con gasolinas y de biodiésel con diésel fósil y los “mandatos generales” de mezcla de biocombustibles con combustibles fósiles.

Recuadro 10. Políticas y normativas para la promoción y regulación de los bioinsumos en ALC.

Los países latinoamericanos han mostrado un creciente interés en la promoción y fomento de los bioinsumos, especialmente durante los últimos años. La naturaleza biodegradable de los bioinsumos en el ambiente, así como la llegada al mercado de productos cada vez más consistentes (mejor desempeño) está ayudando a su popularidad y genera mayor confianza para que los productores integren estas tecnologías en sus programas de producción, como parte de un manejo integrado del cultivo. Algunos países de la región ya vienen trabajando desde inicios de los años 2000, tanto en investigación y desarrollo, como en temas normativos. Los principales esfuerzos en materia de política pública se han dirigido al desarrollo o actualización de las regulaciones de registro y control de estos productos, con el fin de habilitar requisitos y procedimientos diferenciados que faciliten y licencien este proceso e impulsen el aumento en el número de productos disponibles en el mercado. En ALC, 17 países presentan resoluciones normativas, con el objetivo de regular el registro y control de bioinsumos. De estos, tan solo cinco tienen una normativa específica para bioinsumos. Sin embargo, también hay países que no parecen haber reaccionado y la inclusión de los insumos biológicos en sus regulaciones, aún es un tema pendiente. No fue posible encontrar información para 15 países relacionada con políticas públicas y normativas, especialmente en el Caribe.

Aunque el avance reciente es importante, ALC sigue presentando importantes y numerosas dificultades en temas normativos para los bioinsumos. Esto se debe principalmente a la falta de leyes pertinentes para regular su producción y distribución, lo que ocasiona dificultades para su acceso y aplicación. Además, hay escasez de financiamiento dirigido a fomentar la investigación y desarrollo, la formulación de reglamentos y la implementación de políticas públicas.

La falta de registro y control de los bioinsumos no necesariamente impide que los productores los utilicen en sus cultivos. Sin embargo, esta condición no solo mantiene el uso de bioinsumos en un contexto de informalidad, sino que también dificulta su control de calidad, lo cual aumenta la posibilidad de desarrollar y ofrecer productos de menor eficacia e inocuidad para los productores. Como resultado de esta baja calidad, los productores pueden renunciar a los insumos biológicos y volver al uso de la síntesis química convencional. Sin embargo, el desarrollo de las normativas y reglamentaciones adecuadas para los bioinsumos también presenta importantes desafíos para la región. Uno de ellos es la falta de armonización de los criterios y estándares entre los diferentes países, lo cual dificulta el comercio y circulación de los productos, ya que los fabricantes y distribuidores deben cumplir con requisitos divergentes en cada mercado. Por lo anterior, es esencial promover la colaboración y coordinación regional para desarrollar e implementar normas que sean lo más similares entre países, para facilitar entre otros, el intercambio de estas tecnologías y el desarrollo conjunto de esta industria de alto potencial para ALC.

En síntesis, se presentan a continuación ciertas oportunidades de mejora identificadas para ALC: a) desarrollar nuevas leyes que promuevan el manejo sostenible de productos de origen biológico; b) aumentar el acceso a la información sobre los productos de origen biológico, a fin de facilitar la toma de decisiones informadas; c) establecer incentivos para la producción de bioinsumos certificados orgánicos o sostenibles; d) promover la investigación y el desarrollo de bioinsumos alternativos más amigables con el medio ambiente; e) promover programas de financiamiento para empresas y organizaciones dedicadas a la producción y uso sostenible de los productos de origen biológico; f) establecer mecanismos de control para vigilar el cumplimiento de las normativas de bioinsumos; g) desarrollar programas de cooperación entre gobiernos, empresas privadas, academia y otros actores, con el fin de promover el uso sostenible de los recursos biológicos en ALC.

La agenda pendiente

A pesar de los avances que muestra ALC, existen desarrollos tecnológico-productivos de la bioeconomía que tienen altísimo potencial en la región, pero todavía no cuentan con normativa-regulación para promover su aprovechamiento y asegurar su sostenibilidad (salud y ambiente). Esto sin duda limita su avance y desarrollo.

El crecimiento exponencial en las innovaciones y negocios de algunos de los senderos de la bioeconomía ha avanzado con mayor rapidez que los marcos normativos y reglamentarios para regularlos y fomentarlos. En el caso de ALC, como se mencionó anteriormente, esto se aplica principalmente a la biotecnología (incluidas las nuevas técnicas de mejoramiento), a los bioinsumos, al aprovechamiento de biodiversidad y a los bioemprendimientos, entre otros.

Si bien es cierto varios países de ALC han formulado e implementado normativas y regulaciones en estos temas, lo cierto es que todavía muchos carecen de marcos normativos y reglamentarios o los existentes son obsoletos (no se basan en ciencia) y, en lugar de promover o fomentar la sostenibilidad ambiental, traban los desarrollos tecnológicos y productivos de la bioeconomía. En términos generales, los rezagos en la normativa y

reglamentación de los senderos de la bioeconomía generan grandes obstáculos para valorizar o transformar en nuevos bioproductos (energéticos, alimentarios, agrícolas, químicos, cosméticos y otros) la biomasa ociosa (o con baja agregación de valor) que tienen varios países y territorios de la región. También imposibilitan (o retrasan largamente) la inscripción, registro y salida al mercado de bioproductos de alta calidad y efectividad (particularmente bioinsumos) que han desarrollado diversas instituciones y centros públicos y privados de investigación de la región (Chavarría *et al.* 2021 y Acetta *et al.* 2022).

En el caso particular de las aplicaciones biotecnológicas en el agro, la normatividad brinda seguridad jurídica para las decisiones de inversión, investigación e innovación, tanto de las empresas como de los centros públicos y privados de desarrollo. Por ello las empresas buscan establecer inversiones en aquellos países donde la normativa fortalece los mercados, evita barreras al comercio y garantiza en gran medida la calidad, inocuidad y seguridad de los productos (Rocha 2020).

En el caso de los biocombustibles, los “mercados” suelen nacer bajo la creación del estado (a través de reglamentaciones y normativas). La inexistencia de marcos normativos impide establecer las especificaciones de calidad y seguridad del producto, lo que imposibilita la comercialización de los biocombustibles en los mercados domésticos e internacionales. Dado que los biocombustibles compiten contra una industria madura (petróleo y refinación), se requieren algunas consideraciones iniciales para su fomento y promoción.

Aunque la bioeconomía comparte elementos comunes (posibilidades que ofrecen las tecnologías, conocimientos e innovaciones para aprovechar lo biológico en la producción sostenible de bienes y servicios), cada región, país y territorio debe avanzar en la construcción de definiciones y abordajes de la bioeconomía que respondan a sus necesidades, intereses, valores y objetivos.

Se entiende que no existe una única definición de bioeconomía y que el primer paso para promover estrategias, políticas o iniciativas de bioeconomía es construir participativamente abordajes y concepciones propias. No se trata de imponer recetas (o modelos), sino construir propuestas que respondan a las realidades e intereses.

Luego de que se han considerado las diferencias en biodiversidad, en estructuras productivas, industriales y comerciales, así como en costumbres, valores y cultura, es fundamental la construcción de abordajes y concepciones propias de la bioeconomía como base para la formulación de políticas e institucionalidad. Para que la bioeconomía se convierta en un marco de ordenamiento de las políticas públicas y de la institucionalidad regional o nacional, obligatoriamente esta debe reflejar la visión del desarrollo sostenible que comparten los actores del ecosistema.

Aunque todavía falta mucho trabajo por realizar, la región cuenta con esfuerzos interesantes en construcciones de abordajes propios de la bioeconomía que muy posiblemente generarán resultados positivos en el mediano plazo. Uno de los casos más emblemáticos son sin duda las discusiones sobre bioeconomía y Amazonia que ocurrieron durante la elaboración del presente informe y que tuvo su momento cúspide durante la primera Conferencia Panamazónica de Bioeconomía que se realizó en Belén, Brasil a inicios de agosto del 2023, reuniendo a jefes de estado, autoridades y líderes de Brasil, Ecuador, Colombia, Perú, Bolivia, Venezuela, Guayana, Guyana Francesa y Surinam. Además de discutir sobre el abordaje de la bioeconomía que permite el aprovechamiento y valorización equitativa, justa, rentable y sostenible de la riqueza biológica del Amazonas, durante el proceso cientos de especialistas y líderes de todos los países y territorios del Amazonas habrán acordado recomendaciones en materia de políticas e instrumentos de apoyo que serán puestos a disposición de los mandatarios y demás tomadores de decisión (CI 2023). Además de ser hogar de los biomas más ricos del mundo, el Amazonas desempeña un papel crucial en el suministro de agua dulce, la regulación de la calidad del aire, el almacenamiento de emisiones de carbono y el control de los ciclos hidrológicos y de nutrientes en América Latina. Sin embargo, debido a que los modelos de desarrollo económico y tecnologías actuales que no se adaptan bien a la realidad de la región, la riqueza biológica y natural del Amazonas no se refleja en las oportunidades económicas para sus habitantes, ya que aproximadamente el 40 % viven en la pobreza (BID 2023).

Por otra parte, en la región se llevan a cabo otros ejercicios de construcción de abordajes de la bioeconomía que responden a las necesidades y potencialidades de las regiones, países y territorios. Sobresalen las discusiones regionales sobre bioeconomía como estrategia para la integración comercial del Mercosur que surgieron en la región a raíz del análisis elaborado por el IICA (Bisang y Regúnaga 2023) y que provocaron que los mismos países solicitaran los mecanismos de integración para crear grupos de trabajo sobre el tema.

Para avanzar en la agenda pendiente, la región requiere cada vez más espacios para discutir, compartir y cooperar en temas de gestión de políticas y normativas para la bioeconomía, tanto con países dentro de la región como con otras regiones, donde se están formulando e implementando políticas de avanzada.

Los procesos de formulación e implementación de políticas en otros países y regiones tienen una gran cantidad de buenas prácticas, lecciones aprendidas, desarrollos conceptuales y metodológicos, entre otros elementos, que pueden ser de gran utilidad para la gestión de las políticas, estrategias y normativas para la promoción y regulación de nuestra bioeconomía, sin que eso signifique extrapolar o copiar recetas poco adecuadas a nuestras realidades.

En la actualidad, más de 15 países fuera de ALC cuentan con estrategias dedicadas a la bioeconomía, algunas de las cuales ya han sido revisadas y actualizadas hasta en tres

ocasiones. Sobresalen las estrategias de bioeconomía de la Unión Europea, Austria, 153 Informe de situación y perspectivas de bioeconomía en América Latina y el Caribe Finlandia, Francia, Alemania, España, Reino Unido, África del Este, Sudáfrica, India, Tailandia, Japón, entre varias otras. Y por supuesto, más recientemente, se emitió la orden ejecutiva del presidente Joe Biden para crear la National Biotechnology and Biomanufacturing Initiative en los Estados Unidos (TheWhite House, 2023). Muchas de estas iniciativas tienen grandes aprendizajes no solo en sus procesos de formulación, sino también en la construcción e implementación de planes de acción, programas operativos y proyectos de inversión que operativizan las estrategias y políticas de la bioeconomía. En el caso Europeo, los proyectos regionales para la promoción de la bioeconomía (financiados por los programas de cooperación de H2020, Horizonte Europa, entre otros) han generado una gran cantidad de conocimientos que –adaptados a nuestras realidades– serían de gran utilidad para la sensibilización, formación de capacidades, gestión de políticas públicas y proyectos de inversión, entre otros temas (Bio-based Industries Joint Undertaking, H2020 Bio-Based Industry, BBI JU Flagships, BIO-TIC, Bio-based Industries Consortium, BioMonitor, Power4Bio, entre muchos otros).

Aunque ya se han creado algunos espacios para el intercambio y la cooperación sur-sur entre ALC y Europa, EE.UU., África y Asia, lo cierto es que la mayoría todavía son incipientes, están poco institucionalizados y cuentan con pocos recursos para financiar los procesos de cooperación e inversión.

Además de fomentar el intercambio y los proyectos conjuntos con otros países que poseen políticas más maduras para la bioeconomía, es indispensable que en la región se incremente la coordinación y cooperación sur-sur. Algunos de los argumentos que justifican la creación y fomento de espacios regionales para la bioeconomía se mencionan a continuación:

- a.** Debido a que algunos países de ALC comparten realidades de la bioeconomía, los aprendizajes regionales son mucho más útiles y pertinentes que los generados en países o regiones extranjeras.
- b.** Muchos de los biomas latinoamericanos y caribeños se comparten, por lo que existe gran potencial para que las estrategias para su aprovechamiento también lo sean.
- c.** Los países de economías pequeñas y recursos escasos no tienen la posibilidad de generar por sí solos economías de escala en materia de I+D, servicios de apoyo e inversión, entre otros, por lo que requieren alianzas con vecinos o aliados para establecer esfuerzos conjuntos y asociados.
- d.** Algunos de los principales actores de la bioeconomía (empresas, financiadores, servicios de apoyo y otros) e incluso organismos internacionales y cooperantes tienen mayor interés en trabajar en bloques multipaís o regionales.

Recuadro 11. Red Latinoamericana de bioeconomía.

Por primera vez en la historia, América Latina fue sede de la Conferencia Internacional del ICABR, uno de los principales espacios académicos de la bioeconomía mundial (04 al 07 de julio 2023 en Buenos Aires, Argentina).

Para aprovechar la presencia de una gran cantidad de tomadores de decisión y organismos internacionales y regionales en la Conferencia Internacional del ICABR, el IICA desarrolló un taller de trabajo cerrado sobre “Bioeconomía en ALC” que sirvió como espacio para: a) discutir los retos y oportunidades de los países de ALC en materia de políticas, estrategias y servicios de apoyo para la bioeconomía; b) identificar posibilidades de sinergias y oportunidades de trabajo conjunto entre los países de ALC, instituciones de apoyo y organismos de cooperación en materia de bioeconomía; y c) acordar un mecanismo que permita seguir compartiendo, discutiendo y construyendo juntos a partir de las prioridades y acuerdos alcanzados.

Durante el encuentro, los participantes reconocieron que existen grandes oportunidades para generar alianzas y sinergias entre los esfuerzos de cada una de las instituciones. Además, discutieron sobre la necesidad de contar con un espacio donde los principales referentes e impulsores de la bioeconomía de ALC puedan analizar, intercambiar y construir conjuntamente. Ante esto, acordaron construir y lanzar la Red Latinoamericana de Bioeconomía.

En el taller cerrado “Bioeconomía en ALC” participaron: a) tomadores de decisión de la bioeconomía de los países de ALC; b) representantes de organismos internacionales y regionales con líneas de trabajo direccionadas a la promoción de la bioeconomía en ALC; c) representantes de instituciones nacionales de apoyo en materia generación, incubación, aceleración, escalamiento y financiamiento de innovaciones y empresas de la bioeconomía.

Por acuerdo de los miembros fundadores, la Red Latinoamericana de Bioeconomía tendrá su Secretaría Ejecutiva - Técnica en el IICA y trabajará con base en las prioridades indicadas en la siguiente figura:

Prioridades acordadas por la Red

Gestión de conocimiento (trasversal) - 19

- Mapeo de iniciativas público - privadas para promoción de la bioeconomía en la región
- Mapeo y sistematización de mejores prácticas (que tengan resultados demostrados)
- Iniciativas y resultados de I+D en nuevos bioproductos y bioprocesos
- Mapeo de programas de fortalecimiento de capacidades
- Eventos - espacios importantes de la bioeconomía mundial
- Casos que demuestren impactos de bioeconomía en terreno
- Oportunidades de financiamiento - apoyo para la bioeconomía
- Mapeo e intercambio con referentes de ALC y otras regiones

6 Construcción de abordajes propios - 53

- Discusión y construcción de entendimientos y abordajes de la bioeconomía que respondan a identidad propia
- Inclusión - posicionamiento de sostenibilidad (circularidad) en la construcción de bioeconomías nacionales - locales
- Metodologías y herramientas para identificación y análisis de áreas de la bioeconomía con mayor potencial
- Conocimiento e intercambio sobre experiencias para construcción de agendas para promoción de la bioeconomía 'hola de rural

5 Aceleración y escalamiento de soluciones de bioeconomía - 58

- Mapeo y mayor conocimiento sobre bioemprendimientos existentes y oferta de servicios de anexo en la región
- Mayor conocimiento sobre políticas - iniciativas de fomento de emprendimientos bio con buenos resultados (lecciones aprendidas)
- Sinergias y relacionamiento entre servicios de acompañamiento técnico en ideación, incubación y aceleración en la región
- Incremento de inversión y financiamiento para negocios de la bioeconomía (innovaciones, bioemprendimientos y negocios)
- Conformación y articulación de redes empresariales por sendero de bioeconomía (biocsméticos, nutraceuticos, etc.)
- Plataformas conjuntas para aceleración y escalamiento de soluciones de la bioeconomía (desarrollos CTI)

1 Métricas para la bioeconomía-105

- Herramientas y metodologías para medición de contribución y encadenamientos de la bioeconomía (nacional, territorial y local)
- Construcción y aplicación de indicadores para medición de sostenibilidad de bioeconomía en cadenas y proyectos
- Indicadores y metodologías para medición de sostenibilidad y carbono en sistemas productivos y cadenas de la bioeconomía

2 Gobernanza de la bioeconomía - 82

- Guías y metodologías para construcción y fomento de gobernanza regional, nacional y territorial
- Conocer modelos, practicas y experiencias de gobernanza de bioeconomía con buenos resultados (en UE y ALC)
- Apoyo y cooperación para construcción de gobernanza regional, nacional y territorial
- Definición de acuerdos y elementos mínimos comunes para diálogo y negociación (tanto interno como externo)
- Metodologías y experiencias sobre acuerdos de sostenibilidad en cadenas de valor
- Conocer modelos y experiencias de arreglos institucionales para redes de bioeconomía

3 Posicionamiento de bioeconomía en espacios regionales e internacionales - 79

- Comunicar y discutir importancia (y riesgos) de la bioeconomía con actores que hoy no están (que no necesariamente comparten visión)
- Visibilizar la importancia y potencial de bioeconomía antes entes financieros y de inversión (internacionales, regionales y nacionales)
- Discutir y posicionar a la bioeconomía en las agendas políticas de los tomadores de decisión (agricultura, ambiente, comercio, economía, etc.)
- Acordar y llevar juntos la bioeconomía a foros y espacios de negociación internacional (COP Cumbre SA, Comisión biodiversidad, Mercosur, etc.)
- Identificar y mapear a especialistas y referentes de la bioeconomía regional e internacional (y promover intercambios)
- Amarrar y crear sinergias entre los senderos de la bioeconomía (biotech, bioinsumos, bioenergía, biocsméticos, nutraceuticos, ecoturismo, etc.) con el abordaje integral

4 Sensibilización y comunicación - 70

- Casos exitosos sobre desarrollos de bioeconomía con resultados demostrados (para visibilizar y ejemplificar)
- Herramientas y contenidos para comunicación sobre bioeconomía en sociedad general no discursivo)
- Sensibilización a formuladores de política pública y tomadores de decisión
- Fomento de diálogos - intercambios entre diferentes sectores actores. visiones. etc.
- Fomento de transición socioambiental

Los miembros fundadores de la red fueron: a) autoridades de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca (SGAP) y Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación MINCyT de Argentina, Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) de Ecuador, Dirección General Forestal (DGF) de Uruguay y Ministerio de Industria y Comercio (MIC) de Paraguay; b) autoridades y representantes del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), GGGI, la UNESCO, el Instituto Humboldt, la Cooperación Alemania, la Fundación Getulio Vargas, el Stockholm

Environment Institute, Biointropic, Allbiotech, iGEM, Corporación Biotec de Cali, Grid Exponential, SF500, Grupo de Países Productores del Sur (GPS), RedBio, Consorcio Regional de Experimentación Agrícola (CREA), Asociación Argentina de Productores en Siembra Directa (AAPRESID) y Universidad de Buenos Aires (UBA). Además, en las semanas siguientes a la constitución de la Red, se sumaron autoridades de Colombia, Brasil, Costa Rica y México, así como representantes de CGIAR, la Coalición de Economía Circular, la OTCA, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), el Instituto Sinchi, la AECID, AgMIP, Universidad Nacional (UNA) Bioeconomía, CINDE, SURICATA, la Red de Bioeconomía de México, entre otros.

La red debería ser un espacio para convocar y fomentar sinergias entre los principales referentes e impulsores de la bioeconomía regional y que todavía hay actores importantes que aún no forman parte. Sin embargo, en este momento la Secretaría Técnica y los miembros fundadores están incluyendo otros organismos internacionales, regionales y nacionales como socios y aliados.

Referencias bibliográficas

- Acetta, P; González De Cap, S; Brenes-Porras, C; Chavarría, H. 2022. El ecosistema para la Bioeconomía en Argentina: experiencia Rosario (en línea). C3-Bioeconomy. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://journals.uco.es/index.php/bioeconomy>.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Hablemos de sostenibilidad y Cambio Climático. (en línea). Washington. BID. Consultado 8 oct. 2023. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/biodiversidad-desarrollo-e-inclusion-en-la-amazonia/>
- Bisang, R; Renugana, M. 2022. La bioeconomía como estrategia para fortalecer la integración del Mercosur (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/21344/BCO22118631e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Cardona, J; Carrillo, M; Álvarez, O; Achenie, L. 2019. Impact of the Mode of Extraction on the Lipidomic Profile of Oils Obtained from Selected Amazonian Fruits (en línea). Biomolecules 9(8): 140-213. Disponible en <https://doi.org/10.3390/biom9080329>.
- Carrillo, MP; Cardona, JEC; Peña, LF; Díaz, RO; Mosquera, LE; Hernández, MS. 2015. El rol de la ingeniería en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad de la Amazonia. Revista de Ingeniería, 1(42):67-70. Disponible en <https://doi.org/10.16924/riua.v0i42.826>.
- Carrillo, MP. Cardona, JEC; Barrera, JA; Hernández, MS. 2016. Colombia: Futas de la Amazonia (en línea). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI. Consultado 23 abr. 2023. Disponible en <https://sinchi.org.co/>.
- Carrillo, MP. Cardona, J ; Oriana, R; Orduz, L; Peña, L; Hernández M; Mosquera, L. 2017. Los ingredientes naturales de la Amazonia Colombiana: sus aplicaciones y especificaciones técnicas/ natural (en línea). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas - SINCHI. Consultado 23 abr. 2023. Disponible en <https://sinchi.org.co/>.
- Chavarría, H; Trigo, E; Pray, C; Smyth, SJ; Torroba, A; Wesseler, J. 2021. Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/18564/BVE21088315e.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

- Chavarría, M; Bisang, R; González, M. 2021. El ABC de las políticas para el desarrollo y el fortalecimiento de la bioeconomía: Manual de capacitación (en línea). San José, Costa Rica. IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18796>.
- CINDE (Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo) 2023. Nuevos materiales: La próxima era de la sostenibilidad (en línea). San José, Costa Rica. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.cinde.org/es/tecnologias/nuevos-materiales>.
- CI (Conservación Internacional). 2023. Mas de 200 líderes y expertos de la Pan-Amazonía debaten formas de impulsar la bioeconomía en la región para evitar el punto de no retorno en el bioma amazónico (en línea). Disponible en <https://www.conservation.org/bolivia/noticias/m%C3%A1s-de-200-l%C3%ADderes-y-expertos-de-la-pan-amazon%C3%ADa-debaten-formas-de-impulsar-la-bioeconom%C3%ADa-en-la-regi%C3%B3n-para-evitar-el-punto-de-no-retorno-en-el-bioma-amaz%C3%B3nico>
- Cumbre de los Sistemas Alimentarios. 2021. Cumbre sobre los Sistemas Alimentarios del 23 de setiembre de 2021. (en línea). Nueva York. Consultado el 4 de oct. 2023. Disponible en: <https://www.un.org/es/food-systems-summit>
- Hodson de Jaramillo, E; Henry, G; Trigo, E. 2019. La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina (en línea). CIRAD, Universidad Javeriana, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Unión Europea. Consultado 8 may 2023. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8366/BVE190403022e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- ICABR. 2023a. Who we are. ICABR (en línea). Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.iacgb.net/about>.
- ICABR. 2023b. 27th Annual Icabr Conference (en línea). Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://icabr.net/icabr-2023>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2020a. Rutas de la bioeconomía en el Ecuador: Simposio internacional (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <http://www.iica-ecuador.org/sisbio/vista/simposio.php>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2020b. IICA Annual Report (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en http://apps.iica.int/SReunionesOG/Content/Documents/CE-2021/en/6b70e900-1d8d-447b-8b07-10e8e2281aa0_wd725_2020_iica_annual_report.pdf.

- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2021. Informe de la Conferencia de Ministros de Agricultura de las Américas 2021 - Vigésima Primera Reunión Ordinaria de la Junta Interamericana de Agricultura. (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en: <https://repositorio.iica.int/handle/11324/19997>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2021. Rutas de la bioeconomía en el Ecuador: Simposio internacional (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <http://www.iica-ecuador.org/sisbio/vista/simposio.php>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2022. Convocatoria Programa BioInnova Training (en línea). Plataforma Bio-emprender. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://bio-emprender.iica.int/iica-opportunities/convocatoria-programa-bioinnova-training/>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2023a. La conferencia ICABR 2023 demostró los logros ya alcanzados por la bioeconomía en América Latina y el Caribe y su gran potencial para impulsar el desarrollo sostenible en la región (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Disponible en <https://iica.int/es/prensa/noticias/la-conferencia-icabr-2023-demostro-los-logros-ya-alcanza-dos-por-la-bioeconomia-en>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2023b. Gremios de la industria agropecuaria y la bioenergía de las Américas crean, con el respaldo del IICA, Coalición Panamericana de Biocombustibles Líquidos (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.iica.int/es/prensa/noticias/gremios-de-la-industria-agropecuaria-y-la-bioenergia-de-las-americas-crean-con-el?fbclid=IwAR2fYmePJYoyvY5AcGAgRQ5Vfuczw3J9BMvdQatobafPcvFjQQZxQIAZmYa0>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2023c. Trazan hoja de ruta para construir estrategia de bioeconomía nacional en Paraguay (en línea). OPSAa. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://opsaa.iica.int/resource-949-trazan-hoja-de-ruta-para-construir-estrategia-de-bioeconomia-nacional-en-paraguay>.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2021. Programa de bioinsumos agropecuarios Argentinos. Resolución 144 / 2021 (en línea). Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-144-2021-352636>.

- Ministerio de Agroindustria. 2017. Resolución 190-E/2017 (en línea). Gobierno de Argentina. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-190-2017-278205/texto>.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. 2023. Bioeconomía (en línea). Ministro de Ciencia, Tecnología e Innovación. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://minciencias.gov.co/search/node/bioeconomia>.
- Ministerio de Economía. 2019a. Plan de acción para el sector de biomateriales y bioproductos. Resolución 33/2019 (en línea). Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/alimentos-y-bioeconomia/alimentos-y-bebidas/biomateriales/plan-de-accion-para-el-sector>.
- Ministerio de Economía. 2019b. El ministerio de agricultura, ganadería y pesca lanza un plan de acción para promover los bioinsumos de uso agropecuario (en línea). Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/noticias/el-ministerio-de-agricultura-ganaderia-y-pesca-lanza-un-plan-de-accion-para-promover-los>.
- Ministerio de Economía. 2021. Sello bioproducto argentino (en línea). Ministerio de Economía en Argentina. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/sello-bioproducto-argentino>.
- Ministerio de Economía. 2022. Bioeconomía (en línea). Gobierno de Argentina. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/bioeconomia>.
- Ministerio de Economía. 2023. Programa Biodesarrollar (en línea). Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/agricultura/programas-y-proyectos/programa-biodesarrollar#:~:text=El%20PROGRAMA%20NACIONAL%20BIODESARROLLO%20ARGENTINO,de%20las%20micro%2C%20peque%C3%B1as%20y>.
- OPSAA-IICA (Observatorio de Políticas de los Sistemas Agroalimentarios-Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2023. Observatorio de Políticas Públicas para los Sistemas Agroalimentarios (en línea). Disponible en <https://opsaa.iica.int/>
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo); MICITT (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones de Costa Rica. 2020. PNUD y MICITT lanzan plataforma digital para potenciar negocios verdes como ruta para la recuperación en Costa Rica (en línea). PNUD y MICITT. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://www.undp.org/es/costa-rica/press-releases/pnud-y-micitt-lanzan-plataforma-digital-para-potenciar-negocios-verdes-como-ruta-para-la-recuperacion-en-costa-rica>.

- Pomona. 2022. Pomona GreenTech. Pomona (en línea). Pomona. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://pomonagreentechcostarica.com>.
- Rocha, P.J. 2020. The Future of Modern Agriculture: Combining Sustainable Practices with New Technologies (en línea). Science and Governance: The Future of Modern Agriculture. Roma, Italia, ISGOP. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://scienceforglobalpolicy.org/publication/future-of-modern-agriculture-fma-september-22-2020>.
- Rocha-Salavarrieta, P.J. 2022. Regional Initiatives in the Western Hemisphere as a Contribution to the Safe Biotechnology Development (en línea). Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.837635>.
- Trigo, E; Chavarría, H; Torroba A; Martínez, J. 2022. The Bioeconomy and Food System Transformation. In: von Braun, J; Afsana, K; Fresco, L.O; Hassan, M.H.A. (eds) Science and Innovations for Food Systems Transformation. Springer, Cham. Consultado 8 may. 2023. Disponible en https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5_45.
- The White House. 2023. Bold Goals for U.S. Biotechnology and biomanufacturing. (en línea). Washington. The White House.
- United Nations Climate Change (2022a). COP (Conference of the parties) 28. (en línea). ONU. Egypt. Consultado 8 may. 2023. Disponible en: <https://cop27.eg/#/>
- United Nations Climate Change (2022b). COP (Conference of the parties) 15. (en línea). ONU. Canadá. Consultado 8 may. 2023. Disponible en: <https://www.unep.org/un-biodiversity-conference-cop-15>

Capacidades en ciencia, tecnología e innovaciones para la bioeconomía de ALC

3.2

Autores: Trigo, E. (IICA); Chavarría, H. (IICA); Gamboa, H. (IICA).

Introducción: un panorama contradictorio

La ciencia, la tecnología y la innovación (CTi) son componentes centrales de la transición hacia la bioeconomía. Aparece como una condición indispensable para maximizar el aprovechamiento sostenible de los recursos y principios biológicos en la producción de nuevos bioproductos y bioservicios que sustituyan el paradigma fósil, junto con otras condiciones como la biodiversidad, las capacidades productivas e industriales y los servicios de apoyo para el financiamiento. La bioeconomía moderna busca cómo aprovechar los avances de la biología, la química, la física, las ciencias de materiales, las tecnologías de la información y comunicación (TIC) y las ingenierías, para reposicionar el papel de “lo biológico” en la economía y en la sociedad (Chavarría 2021). La CTi permiten incrementar la eficiencia de los procesos, la agregación de valor en cascada y la sostenibilidad ambiental.

Las estadísticas disponibles no permiten medir correctamente las capacidades de ALC en materia de CTi para la bioeconomía. En términos generales, ALC tiene deficiencias en la generación y acceso de datos y estadísticas referentes a CTi (y más si se trata de CTi enfocadas en bioeconomía). Los datos más relacionados con el tema son posiblemente los indicadores de gasto público, recursos humanos y líneas de trabajo de las instituciones públicas de investigación y desarrollo (I+D) de la agricultura (Nin-Pratt y Falconi 2018). Aunque esta información puede servir como proxy, no permite cuantificar las inversiones, la composición de la agenda de I+D ni las capacidades técnico-científicas de las instituciones públicas, privadas o académicas que están generando, transfiriendo o utilizando CTi para la bioeconomía de la región.

La situación de la CTi para la bioeconomía en ALC

ALC ha presentado un panorama contradictorio en el aprovechamiento de las CTi de la bioeconomía.

Algunos países de ALC han sido capaces de realizar un efectivo aprovechamiento productivo de la I+D agrícola y de las innovaciones asociadas a la bioeconomía. Ello se comprueba con una mirada de lo ocurrido a finales del siglo XXI en áreas como los organismos genéticamente modificados (OGM) en la agricultura, aplicaciones biotecnológicas, biocombustibles y agricultura baja en carbono. En aquel momento, varios países de ALC tuvieron las capacidades técnico-científicas para ser precursores en algunos de los principales senderos de la bioeconomía mundial (IICA 2020). Las inversiones pioneras –sumadas a los esfuerzos actuales– le han permitido a este grupo de países ser protagonistas y líderes en esos temas.

En biocombustibles, por ejemplo, Brasil y Argentina son líderes mundiales en la producción, exportación y consumo de bioetanol y biodiesel. Además, existen desarrollos significativos en otros países de la región, dentro de un marco de aprovechamiento de los recursos locales en cada caso y en procesos de creciente consolidación en los mercados locales (von Braun *et al.* 2023). Asimismo, en la región se encuentran 10 de los 29 países en desarrollo que utilizan biotecnología agropecuaria (Brasil, Argentina, Paraguay, Uruguay, Bolivia, Colombia, Costa Rica, Honduras, México y Chile). Brasil y Argentina ocupan el segundo lugar en cuanto a la extensión cultivada, la cual se concentra principalmente en soja y maíz, pero incluye también otros cultivos, como algodón, alfalfa, canola, caña de azúcar, poroto, ananá, cártamo y algunas ornamentales (Biotec-Latam 2022). Esto está directamente asociado con el reposicionamiento que la región ha tenido en los mercados de commodities globales y también con la adopción y difusión de la agricultura conservacionista (siembra directa, SD). Ello ha generado no solo grandes beneficios económicos, sino también importantes retornos ambientales (informes Argentina y Paraguay de la Bolsa de Cereales). La SD apareció como respuesta técnica al problema de degradación de los suelos laboreados y erosionados de la región pampeana y su amplia difusión respondió, fundamentalmente, a razones económicas como la reducción en el uso de combustibles fósiles y a su simplicidad operativa (Castilla 2013). Su aplicación mejoró las condiciones del suelo y permitió extender la frontera agrícola sobre tierras consideradas de baja aptitud agrícola.

En oposición, otros países de ALC (principalmente en la franja tropical) han tenido un bajo aprovechamiento de los senderos tecnológicos y productivos de la bioeconomía, debido principalmente a que no tuvieron capacidades en CTi para impulsarlas ni aprovecharlas, además de la ausencia de marcos normativos-reglamentarios, servicios de apoyo y financiamiento.

Inversión de CTi para la bioeconomía en ALC

A pesar de una larga trayectoria en CTi, en el nivel de agregado, la región invierte poco y tiene un pobre comportamiento innovativo.

ALC cuenta con el 8,3 % de la población mundial, contribuye con el 7,6 % del PBI global³⁰ y posee una extensa experiencia en CTi, lo cual se refleja incluso en varios premios Nobel en ramas vinculadas con la biología. Sin embargo, la inversión regional agregada representa tan solo el 2,3 % del total mundial, significativamente por debajo de lo que ocurre en otras regiones del mundo en desarrollo, particularmente en Asia (RICYT 2022). En relación con el PBI, un indicador globalmente aceptado como representativo del compromiso con el sector, los países de ALC invierten en ciencia y tecnología solo el 0,65 % (Brasil el 1,17 %, Argentina el 0,52 % y el resto de los países invirtió menos del 0,50 % de producto), frente a los niveles de más del 3 % que invierten países como Israel, EE. UU., Canadá, Corea y China. Por otra parte, las inversiones en

³⁰ Participación en PBI PPP global, según datos del Banco Mundial.

ALC están fuertemente concentradas en solo tres países: Brasil, México y Argentina. Estos representan el 84 % de la inversión total regional (RICYT 2022).

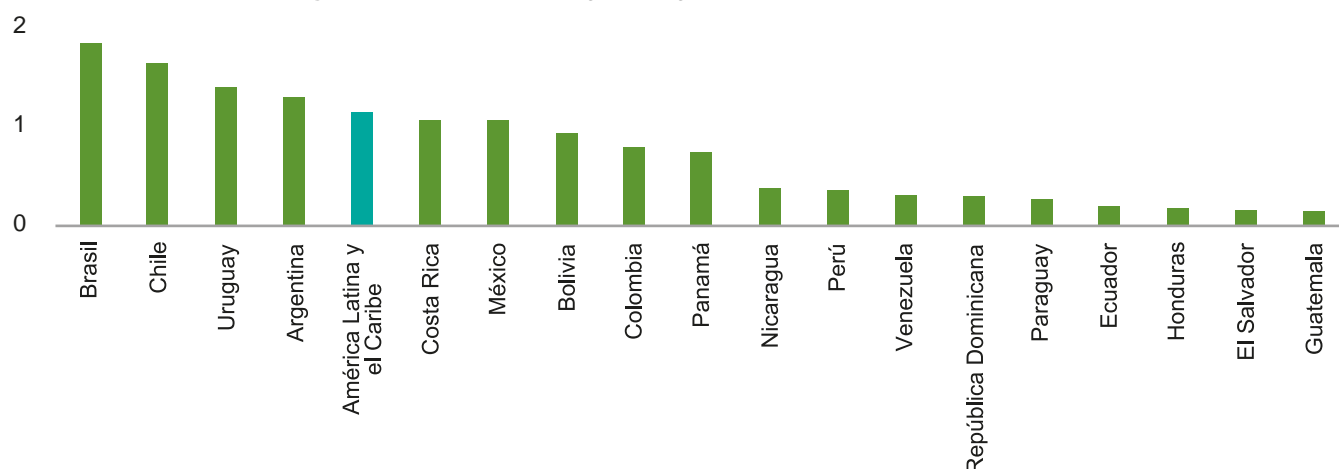
Las inversiones en CTI son solo uno de los factores que influyen en el comportamiento innovativo de las sociedades, pero los bajos niveles que presenta ALC se reflejan en la *performance* innovativa de la región en su conjunto y de los países individualmente. Según el último *Global Innovation Index Report* (WIPO 2022), en la lista de los 132 países analizados, el primer país latinoamericano que aparece es Chile, en el puesto 50, y solo 12 de los países de la región están entre los primeros 100.

Las inversiones en investigación agrícola, como un factor clave del crecimiento de la productividad y de la innovación en la agricultura y como insumo para el desarrollo de la bioeconomía siguen las mismas tendencias que los indicadores globales de CTI.

De acuerdo con *Agricultural Science and Technology Indicators (ASTI)*, elaborados por el *International Food Policy Research Institute* (Beintema 2020) los indicadores de inversión agrícola revelan bajos niveles de inversión en I+D para la agricultura de ALC, en comparación con otras regiones en desarrollo que han acelerado sus inversiones, por lo que las brechas son cada vez mayores. Además, en los últimos años, una parte importante de la cooperación internacional relacionada con CTi para el agro se ha direccionado hacia otros países y regiones en desarrollo que tienen indicadores socioeconómicos más bajos que ALC. Esto ha ocasionado que la brecha de inversión agrícola se ubique en 43 %, superior a Asia Pacífico (26 %) y a los países de ingreso alto (25 %). Esta brecha de subinversión potencial se calcula como la diferencia entre la inversión alcanzable y la inversión realizada. Para ello, ASTI desarrolló una medida (“índice de intensidad”) para estimar el nivel de inversión “alcanzable” de un país, que combina el tamaño del sector agrícola con tres variables adicionales: el tamaño de la economía, el nivel de ingreso y la disponibilidad de derrames tecnológicos provenientes de otros países. El gasto por debajo de este nivel de referencia se considera un indicador de potencial subinversión, con base en comparaciones de países con características similares (Beintema *et al.* 2020).

Los resultados también muestran grandes diferencias a lo interno de la región (Nin-Pratt *et al.* 2018). Los países del Cono Sur (principalmente Brasil, Argentina, Chile y Uruguay) tienen los mayores niveles de inversión en I+D, en comparación con los menores niveles en Centroamérica y los países andinos (figura 23). Aunque la inversión en I+D agrícola de ALC se ubica en 1,1 % con respecto al valor de su producto bruto agrícola Producto Bruto Agrícola (PBA) (Stads *et al.* 2016), lo cierto es que el objetivo de 1 % (estándar internacionalmente acordado) está lejos de alcanzarse en muchos países de la región. Al igual que en el caso de los indicadores generales de CTi, las inversiones del agro se concentran en solo un pequeño grupo de países que incluyen a los de mayor tamaño: Brasil, Argentina, Colombia y México (Echeverría 2021).

Figura 23. Gasto en investigación agrícola como proporción del PBA en ALC.

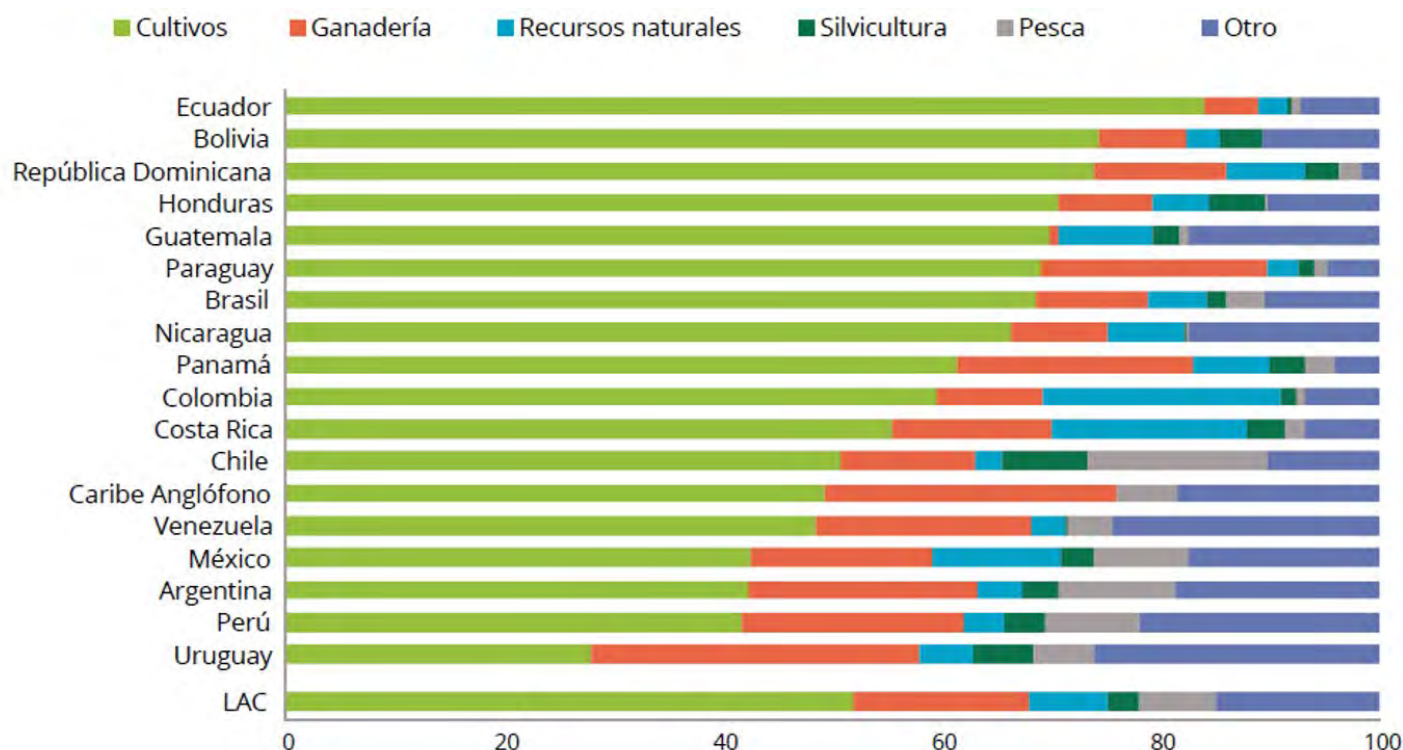


Nota: Último dato disponible.

Fuente: International Food Policy Research Institute (2023).

Además de ser bajas y estar concentradas en los países de mayor tamaño, las inversiones en I+D para el agro y los sistemas agroalimentarios se enfocan principalmente en resolver problemáticas productivas y sanitarias coyunturales (figura 24) y dejan de lado la investigación en temas prospectivos y de largo plazo (como los referentes a bioeconomía) (Nin-Pratt y Falconi 2018).

Figura 24. Enfoque de la investigación para la agricultura en ALC. Porcentaje de investigadores, promedio del 2012-2013.



Fuente: Stads et al. 2016.

Otro indicador relevante de la capacidad de los sistemas de CTi para el agro se refiere a la cantidad de recursos humanos y su nivel académico, como *proxys* de su potencial para proponer innovaciones en los sistemas agroalimentarios. En este caso y de acuerdo con la información disponible, se observa que el grueso de los recursos humanos está localizado en las instituciones de gobierno, principalmente en los institutos nacionales de investigación agrícola (INIA) y otras que albergan más del 60 % de los investigadores de la región, seguidas por las universidades y centros de educación superior Agricultural Science and Technology Indicators by International Food Policy Research Institute (ASTI-IFPRI). En países, Brasil, Argentina y México aparecen también con los mayores contingentes de investigadores (anexo 2). En cuanto al nivel de calificaciones académicas, el panorama regional es heterogéneo: Brasil encabeza el grueso de capacidades de la región (con el 73 % de su personal investigador con títulos de doctorado), lejanamente seguido por México (con 48 %).

Las deficiencias en los niveles de inversión en I+D, además de los contrastes en la cantidad y formación académica de los recursos humanos dedicados a esta, limitan significativamente la posibilidad de aprovechar el potencial de las nuevas tecnologías y la generación de conocimiento propio.

Las economías más pequeñas, que destinan mayores niveles de inversión nominal, enfrentan el desafío de crear una masa crítica de infraestructura de investigación, debido a que no logran generar economías de escala. Debido a sus limitadas capacidades financieras, humanas y académicas, gran parte de las instituciones de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) para el agro y la bioeconomía de ALC no logran desarrollar esquemas que permitan monitorear, adaptar y aprovechar las tecnologías y conocimientos existentes en otros países y regiones del mundo (desbordes tecnológicos) o colaborar con otros países para enfocarse en temas de relevancia común (Beintema 2020). Desde este punto de vista, es necesario un comportamiento dinámico de las instituciones públicas y del sector privado y que la región conozca lo que ocurre también en otras partes del mundo (Echeverría 2021).

Indicadores de desarrollo de la CTI para la bioeconomía en ALC

Luego de que se han considerado las capacidades de la región para la generación de tecnologías y conocimientos propios para la bioeconomía y si se toman en cuenta las limitaciones de datos y estadísticas mencionados en párrafos anteriores, se pueden señalar tres indicadores que pueden servir como proxy: a) número de publicaciones científicas en medios indexados, b) cantidad de patentes registradas y c) aparición y maduración de bioemprendimientos.

En relación con el número de publicaciones científicas y el potencial exportador de la región, resalta el bajo desempeño científico del agregado regional y el alto grado de concentración en pocos países. Brasil representa el 50 % de toda la región y toda ALC tomada en conjunto

presenta niveles de publicación por debajo de lo que publica Canadá o España (anexo 3). Es notable el reducido número de artículos publicados por los países de Centroamérica, más si se considera la presencia de tres universidades regionales, como el caso de Escuela de Agricultura de la Región Tropical Húmeda (Universidad EARTH), la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), este último con una alta concentración en investigación.

La generación de conocimiento tecnológico relacionado con las tecnologías de frontera como la biotecnología y la biología molecular muestra resultados similares a los anteriores. Nuevamente Brasil, México y Argentina son los grandes productores de conocimiento en estas áreas (anexo 3).

De acuerdo con el estudio “Identificación y análisis de las capacidades institucionales, técnico-científicas y normativas de la biotecnología para la agricultura en diez países de América Latina y el Caribe” del IICA (2021), la agricultura es el área de mayor relevancia para la aplicación de la biotecnología en los diez países analizados en ALC (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Paraguay, República Dominicana y Uruguay). Por una parte, las empresas de la región son las instituciones que más invierten en I+D en biotecnología, con recursos provenientes de la venta de productos, razón por la cual los planes de comercialización son prioritarios. En general, los sueldos en el sector productivo son más competitivos que en la academia o en los centros de investigación. En la industria, la principal herramienta de la biotecnología es el uso de biorreactores para bioprocesos, seguidos de técnicas clásicas de cultivo de tejidos. Adicionalmente, con el propósito de resolver limitaciones en capacidades en las técnicas de biotecnología, las empresas recurren principalmente a universidades u otras empresas.

Por otro lado, los centros de investigación son organizaciones que se hallan en la intersección entre la academia, el sector productivo y los gobiernos. Su principal fuente de financiación es de origen público y se invierte gran parte en el pago de salarios. Precisamente, estas instituciones manifiestan que la financiación es uno de sus principales retos. La bioinformática es la herramienta más utilizada por los centros de investigación. Sus principales aliados son las universidades, otros centros de investigación y universidades extranjeras. Sin embargo, para el futuro cercano, su cooperación se proyecta a una mayor vinculación con el sector productivo. Las universidades de la región son los actores que más producción científica realizan en términos del promedio de publicaciones, patentes y secuencias genéticas en bases de datos. Sus recursos provienen, principalmente, de fondos públicos y se destinaron en su mayoría al rubro de personal. La financiación para la operación de los laboratorios y el pago del personal son identificados como una prioridad alta para la academia. Pese a que la inversión es un asunto crítico, las universidades cooperan principalmente entre ellas y con centros de investigación y no consideran prioritario establecer alianzas estratégicas con el sector productivo. La mayoría de las

universidades están interesadas en gestar procesos de cooperación internacional, principalmente, con sus homólogas extranjeras, al igual que con centros de investigación internacionales.

Finalmente, pese a los avances en biotecnología en el sector productivo, la academia y los centros de investigación, se observan temas pendientes, como el bajo número de solicitudes de patentes por los actores que realizan biotecnología. Además, se observa baja adopción de técnicas modernas como la edición génica y no se ha resuelto el problema sobre el acceso a recursos genéticos.

En definitiva, las organizaciones con recursos públicos se enfocan en la generación de conocimiento, mientras que las empresas del sector privado enfocan sus esfuerzos en generación de productos y servicios que permitan la recuperación de las inversiones en innovación. Como se indicó antes, las fuentes de financiación de los centros de investigación y las universidades provienen principalmente de recursos públicos, mientras que en las empresas los fondos provienen de la venta de productos.

Entre los principales desafíos identificados por los centros de investigación, se destaca el interés por obtener financiación. Mientras, el principal desafío de las empresas es enfrentar la inseguridad legal y las barreras regulatorias. Estos puntos deben abordarse de forma integral para lograr que la biotecnología pueda convertirse en una herramienta más potente, que catalice la conversión tecnológica de la agricultura en los países de la región.

Tampoco es buena la evolución regional del nivel de patentes, como aproximación de la generación de conocimientos que llega a los mercados. Aunque la información disponible no está actualizada, la poca existente resalta esta situación. Según International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA,) para el período 2006-2010, en cuanto al cultivo de soja (ISAA 2022) se identifican solo cuatro patentes solicitadas bajo título de Brasil o Argentina, frente a 93 para China y 672 para EE.UU. Un panorama similar se verifica en el caso de caña de azúcar, donde solo aparece Brasil con cinco solicitudes frente a 18 de EE.UU. y 175 de China. Esta situación no cambia mucho si el análisis incluye algunas de las etapas industriales vinculadas con el aprovechamiento de estos cultivos, donde se reportan diez patentes relacionadas con el etanol, frente a 230 para China, 214 para EE.UU. y ninguna en caso del biodiesel (Saucedo *et al.* 2011). Estos resultados son bastante optimistas con respecto lo reportado en los más recientes indicadores de Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), donde el grueso de las patentes vigentes se encuentra en manos de extranjeros (RICYT 2022)³¹.

³¹ Esto también está en línea con lo ocurrió en el caso de los OGM, donde el grueso de las innovaciones provino del extranjero, aunque las variedades donde esas innovaciones se “montaron” fueron de origen nacional. Trigo *et al.* 2010

El tema de la aparición y maduración de bioemprendimientos será tratado en el último capítulo del presente documento.

Perspectivas a futuro

Aunque los retos son muchos, ALC tiene fortalezas sobre las cuales construir una agenda prospectiva de futuras políticas de CTi: a) existencia de “islas” de CTi en países y territorios que muestran aprendizajes y resultados muy prometedores; y b) iniciativas regionales en CTi de alta importancia que, si bien no están enfocados en bioeconomía, unen y atraen actores y acciones de gran potencial.

- Importantes innovaciones de origen regional. En varios países de la región se observan procesos de innovación que pueden considerarse como disruptivos y que tienen un origen y desarrollo totalmente local. Estas experiencias demuestran el potencial del sistema, a pesar de las limitaciones que se han analizado, sobre todo en lo referente a la importancia y potencial de la interacción entre las instituciones de I+D y los sectores productivos. En este sentido, vale la pena resaltar tres casos. El primero se refiere a la introducción del gen HB4 en soja y trigo por parte de la empresa Bioceres S.A. en Argentina, la cual se dio como resultado de una colaboración de la empresa con los centros de investigación públicos. La segunda experiencia se refiere al desarrollo del frijol tolerante al mosaico dorado, por parte de la Empresa Brasileira de Investigación Agropecuaria (EMBRAPA), que es el primer cultivo de consumo directo que llega al mercado global (Norero 2021). La tercera experiencia se refiere al desarrollo del arroz resistente al tizón bacteriano (*Xanthomonas oryzae pv. oryzae*), por parte de científicos colombianos y de EE.UU. (Redagráfica 2020).
- La institucionalidad para la I+D agroalimentaria. Las instituciones nacionales de investigación agrícola (INIA), los mecanismos de cooperación regional y las iniciativas de I+D en universidades, centros de investigación y sector privado constituyen los principales activos de la región que se deben sentar las bases de las futuras políticas de CTi.
- Actualmente 24 de los 36 países de ALC cuentan con INIA e institutos nacionales de innovación y transferencia en tecnología (INTA) que tienen como misión fomentar el desarrollo de las ciencias, tecnologías e innovaciones para la agricultura y los sistemas agroalimentarios. Aunque es innegable que muchos tienen capacidades financieras y humanas reducidas y que otros han ido desplazando su agenda hacia temas de desarrollo rural, con un menor peso de la I+D, lo cierto es que los INIA y los INTA de la región tienen fuerte institucionalidad y presencia en la región (Trigo *et al.* 2013).
- Diferentes mecanismos regionales para fomentar la cooperación. Esta es otra de las fortalezas identificadas en la región, que ha contribuido de manera sustancial a la promoción

de la investigación colaborativa y la innovación. Entre ellos, los que más se distinguen son FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria), PROCISUR (Programa Cooperativo para el Desarrollo Tecnológico Agroalimentario y Agroindustrial del Cono Sur), PROCINORTE (Cooperative Program in Research and Technology for the Northern Region) y FORAGRO (Foro de las Américas para la Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario) (Sepúlveda 2019). A través de la cooperación internacional e intrarregional, estos mecanismos facilitan el acceso de los países a las tecnologías e innovaciones y, en alguna medida, limitan el impacto negativo de las bajas inversiones.

- Las universidades y centros educativos son actores clave como entes generadores de ciencia, tecnología y conocimiento para la bioeconomía. Como se indicó antes, las tareas de las universidades y centros educativos se centran principalmente en investigación académica con limitada vinculación a los sistemas productivos. En ALC existe también un creciente interés por las agencias de innovación, ya que su papel se destaca en la difusión de la ciencia y la innovación. Por lo general, las agencias de innovación no efectúan por sí mismas actividades de investigación o innovación, sino que financian la realización de estas actividades por parte de empresas, universidades, centros de investigación y desarrollo, empresarios e investigadores.
- Capacidades científico-tecnológicas. Para que la región pueda apostar a la bioeconomía como modelo de desarrollo y aproveche al máximo su potencial biológico, productivo y comercial, se requiere incrementar, fortalecer y direccionar sus capacidades científico-tecnológicas. Es decir, es necesario que los programas, acciones y proyectos que se aborden en el área innovación y bioeconomía para la región se encuentren orientados hacia ciertas áreas estratégicas, las cuales deben articularse con las necesidades de cada país para definir productos y servicios destinados a apoyar la innovación en los sistemas agroalimentarios locales.

A su vez, estas áreas estratégicas contribuyen a dar respuesta a cada una de las causas que subyacen a las dificultades de la apropiación de la innovación: a) fortalecimiento de capacidades de las instituciones nacionales de I+D: técnicas, humanas y financieras; b) apoyo en la construcción de agendas estratégicas de I+D; c) sensibilización y convencimiento sobre la contribución de la innovación para la transformación de los Sistemas Agroalimentarios (SAA); d) fortalecimiento de políticas e institucionalidad para la I+D+i en los SAA; e) apoyo en la formación o consolidación de redes y consorcios para la I+D+i; y f) fortalecimiento del ecosistema de incubación, escalamiento y aceleración de innovaciones para los SAA.

Recuadro 12. Las plataformas de CTi de la bioeconomía del futuro.

Si la región quiere realmente apostar a la bioeconomía como modelo de desarrollo y de esa manera aprovechar al máximo su potencial biológico, productivo y comercial, debe incrementar, fortalecer y direccionar sus capacidades científico-tecnológicas hacia distintas plataformas:

Potenciales aplicaciones de tecnologías claves de la bioeconomía

1) Edición génica en plantas

- Mejoramiento de rendimiento, aspectos agronómicos y de calidad.

2) Edición génica en animales

- Mejora de atributos productivos y de aptitud física en animales grandes.

3) Biotecnología forestal

- Identificación de genes asociados con el crecimiento de los árboles, el metabolismo secundario y resistencia al estrés biótico y abiótico.

4) Bio-insumos:

- Fijación biológica de nitrógeno de cereales en el suelo.

5) Biotecnología sintética

- Mejora fotosintética de las plantas.
- Arroz C4, mejora de eficiencia fotosintética y de uso de nitrógeno.

6) Nano-biotecnología en el agro

- Nano-sensores para monitorear señalización de las vías y el metabolismo de las plantas.
- Nano-partículas que se internalizan en las células de las plantas para potenciar la fotosíntesis.

7) Bioenergías

- Desarrollo de diésel renovable (HVO).
- Combustible sostenible de aviación (SAF).
- Etanol de segunda generación.

8) Bioinformática e inteligencia artificial

- Estudios de los cambios en comunidades microbacteriana en el suelo (metagenómica).
- AlphaFold: predicción de los modelos 3D de estructuras de proteínas.

Fuente: Feeney.

Referencias bibliográficas

- Beintema, NM.; Nin-Pratt, A; Stads, GJ. 2020. ASTI global update 2020. ASTI Program Note September 2020. Washington, DC, EE. UU., International Food Policy Research Institute (IFPRI). <https://doi.org/10.2499/p15738coll2.134029>.
- Beintema, NM. 2020. Underinvestment in Agricultural Research (en línea). ASTI in Retrospect 04. IFRPI. Disponible en <https://www.asti.cgiar.org/publications/asti-in-retrospect-04-underinvestment>.
- Biotec-Latam. 2022. Datos comparados (en línea, sitio web). Disponible en <https://biotec-latam.com/es/datos-comparados-3>
- Castilla, F. 2013. Siembra directa. La elegida para conservar el suelo. Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA) INTA 39(2). Buenos Aires, Argentina.
- Chavarría, H. 2021. Potencial de la bioeconomía para la transformación de los sistemas alimentarios (en línea). San José, Costa Rica, IICA. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18564>.
- Echeverría, R. 2021. How to Feed the World Without Starving the Planet is a \$15 Billion Question. Inter-Press Service. Disponible en <http://www.ipsnews.net/2021/08/feed-world-without-starving-planet-15-billion-question/>.
- Feeney, R. Las plataformas de CTi de la bioeconomía del futuro. IICA. Enviado.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2020. Bioeconomía: potencial y retos para su aprovechamiento en América Central y el Caribe: manual de capacitación (en línea). San José, Costa Rica. Disponible en <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18701>.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2021. Identificación y análisis de las capacidades institucionales, técnico-científicas y normativas de la biotecnología para la agricultura en diez países de América Latina y el Caribe. San José, Costa Rica, IICA.
- International Food Policy Research Institute. 2023. Countries and Regions. (en línea). Washington. IFPRI. Consultado 2 sep. 2021. Disponible en: <https://www.asti.cgiar.org/contact>
- ISAA Inc (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications). 2022 (en línea). Soybean (Glycine max L.) GM Events (43 Events). Disponible en <https://www.isaaa.org/g-mapapprovaldatabase/crop/default.asp?CropID=19&Crop=Soybean>.

- Nin-Pratt, A; Falconi, CA. 2018. The agricultural R&D investment gap in Latin America and the Caribbean (en línea). IFPRI discussion papers 1749. Disponible en <https://www.asti.cgiar.org/publications/lac-rnd-investment-gap>.
- Norero, D. 2021. La historia detrás del grano transgénico hecho con 100 % fondos públicos que llega a los platos brasileños (en línea). AgroAvances. Consultado 2 sep. 2021. Disponible en <https://agroavances.com/noticias-detalle.php?idNot=3452>.
- Redagrícola.2020. Colombia y EE.UU. aprobaron uso de arroz modificado genéticamente (en línea). Redagrícola. Disponible en <https://redagricola.com/colombia-y-ee-uu-aprobaron-uso-de-arroz-modificado-geneticamente/>.
- RICYT (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología). 2022. El estado de la ciencia. Principales Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericanos/Interamericanos, RICYT/UNESCO.
- Saucedo, A; Boza, S. 2011. Análisis comparativo de patentes en la cadena de producción de biocombustibles entre América Latina y el resto del mundo. Comisión Económica para la América Latina. Santiago, Chile, CEPAL.
- Sepúlveda Alonso, J. 2019. Análisis de los mecanismos de cooperación para la innovación, PROCINORTE, PROCISUR, FONTAGRO y FORAGRO, apoyados por el IICA. San José, Costa Rica, IICA.
- Stads, GJ; Beintema, NM; Pérez, S; Flaherty, K; Falconi, CA. 2016. Agricultural research in Latin America and the Caribbean: A cross-country analysis of institutions, investment, and capacities. Washington, D.C., IFPRI, BID. Disponible en <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/130310>.
- Trigo, E; Falck Zepeda, J; Falconi, C. 2010. Biotecnología agropecuaria para el desarrollo en América Latina: Oportunidades y Retos. Documentos de trabajo LAC 01/10, Programa de Cooperación, FAO/Banco Interamericano de Desarrollo, Servicio para América Latina y el Caribe, División del Centro de Inversiones.
- Trigo, E; Mateo, N; Falconi, C. 2013. Agricultural innovation in Latin America and the Caribbean: institutional scenarios and mechanisms. IDB Technical Note.
- von Braun, J; Afsana K; Fresco, L; Hag Ali Hassan, M. (eds). 2023. Science and Innovations for Food Systems Transformation, Springer Cham. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-031-15703-5>.
- WIPO (World Intellectual Property Organization). 2022. Global Innovation Index 2022: What is the future of innovation-driven growth? Ginebra. DOI 10.34667/tind.46596.

Anexos

Anexo 2. Cantidad de investigadores tiempo completo en ALC, año 2013.

País	Investigadores a tiempo completo
Brasil	5869
Argentina	5825
México	3967
Colombia	1103
Chile	716
Venezuela	503
Uruguay	372
Perú	339
Costa Rica	242
Paraguay	210
Rep. Dominicana	200
Bolivia	190
Ecuador	149
Guatemala	142
Panamá	133
Nicaragua	131
Honduras	88
Trinidad y Tobago	83
El Salvador	77
Jamaica	62
Belice	13
Barbados	10
Antigua y Barbuda	8
San Cristóbal y Nieves	5
Dominica	3
San Vicente y las Granadinas	3
Santa Lucía	2
Granada	2

Fuente: IFPRI 2023 (Nota: The SCImago Journal & Country Rank is a publicly available portal that includes the journals and country scientific indicators developed from the information contained in the Scopus® database (Elsevier B.V.). These indicators can be used to assess and analyze scientific domains.)

Anexo 3. Cantidad de artículos sobre agricultura y ciencias biológicas publicados por investigadores e instituciones en América Latina entre 1996 y el 2021.

País	Agricultura y ciencias biológicas	Agronomía y ciencias de cultivos	Ciencias veterinarias y Zootecnia	Ciencias acuáticas	Ecología, Evolución, Comportamiento y Sistemática	Ciencia de alimentos	Forestal	Horticultura	Entomología	Ciencias de las plantas	Ciencias del suelo	Biología	Biología Molecular
Brasil	214.372	47.261	58.086	18.826	44.221	29.628	11.865	10.160	16.533	37.882	13.672	15.415	28.204
México	65.301	10.441	12.488	9.779	20.328	8.777	2.263	3.525	5.698	13.750	2.327	5.973	9.658
Argentina	52.453	6.947	11.048	5.459	19.762	6.534	1.325	2.305	4.272	11.194	3.162	4.044	8.494
Chile	27.416	3.274	4.291	6.331	6.883	3.652	1.485	1.806	1.098	4.374	1.214	2.069	4.498
Colombia	20.871	3.254	5.660	2.456	5.413	3.453	753	856	1.836	2.847	1.149	1.238	1.923
Venezuela	7.359	880	1.922	1.037	18.008	1.227	147	221	577	1.391	236	333	746
Perú	7.315	1.099	1.593	732	2.278	847	299	310	419	1.196	352	319	567
Ecuador	6.503	782	1.575	752	2.649	673	259	216	471	1.195	269	453	420
Costa Rica	6.116	793	1.076	462	2.107	451	468	227	549	1.086	256	197	369
Uruguay	5.730	782	1.733	891	1.645	951	146	267	491	748	180	442	1.151
Cuba	5.513	697	1.999	487	1.255	394	108	280	236	1.587	164	1.356	760
Panamá	4.813	221	843	461	2.956	97	152	41	468	880	130	99	286
Bolivia	1.987	209	423	138	994	108	143	52	142	408	78	88	117
Trinidad y Tobago	1.352	366	241	116	303	199	36	133	126	164	57	67	111
Guatemala	708	77	137	45	266	132	34	44	119	93	19	22	49
Jamaica	668	114	59	113	155	111	31	83	33	109	25	40	131
Paraguay	662	134	245	15	235	60	33	18	62	145	36	32	62
Honduras	582	115	197	37	200	65	33	36	74	84	44	20	32
Nicaragua	460	97	108	36	147	32	50	18	55	67	21	15	35
República Dominicana	386	65	68	29	173	20	19	22	31	113	22	12	49
Bahamas	308	5	69	172	185	3	2	1	8	15	5	1	15
Barbados	261	28	29	103	76	26	3	17	12	36	6	17	42
Belice	258	16	56	70	125	2	15	2	16	37	7	9	8
El Salvador	243	22	50	25	109	19	13	10	25	54	10	14	20
Haití	87					17	7	6	9	8	7	8	20
China	491.069	80.826	42.182	42.664	105.222	87.106	26.162	17.496	18.986	106.100	51.550	115.127	175.043
India	186.820	51.661	27.511	10.726	28.788	26.644	5.375	10.802	8.120	46.536	15.136	53.915	51.377
Canadá	174.368	20.040	32.191	29.415	63.273	21.286	14.180	7.024	11.022	26.575	11.037	21.618	69.625
España	163.720	20.802	23.189	22.551	45.476	34.379	6.763	9.762	6.769	28.882	9.437	21.472	43.965

Nota: The SCImago Journal & Country Rank is a publicly available portal that includes the journals and country scientific indicators developed from the information contained in the Scopus® database (Elsevier B.V.). These indicators can be used to assess and analyze scientific domains.

Fuente: Elaboración propia con base en Scimago Journal & Country Rank.

3.3 Financiamiento de la bioeconomía

Autores: Anta, R. (BID); Orozco, A. (BIOFIN); Meza, N. (BIOFIN).

Introducción

El financiamiento de la bioeconomía es un tema muy amplio y con muchas variables, como el origen de los recursos, el tipo de financiamiento y sus objetivos. Está directamente relacionado con las políticas públicas, ya que estas crean las condiciones habilitantes para canalizar recursos e incentivos a través de diferentes instrumentos. En este capítulo se analiza el tema del financiamiento necesario para promover el desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías, productos y aplicaciones de base biológica, tanto a través de empresas existentes, como de nuevas empresas, desde dos perspectivas: a) el ciclo de vida de la innovación tecnológica orientada a generar nuevos productos, servicios y aplicaciones; y b) políticas públicas para fomentar la bioeconomía, que pueden cubrir diferentes fases del ciclo de vida de la innovación, lo cual contribuye con la oferta, promueve la demanda y crea condiciones habilitantes, con algunos ejemplos ilustrativos. Por tanto, este capítulo deja por fuera otros tipos de financiamiento para otras aristas de la bioeconomía, como el desarrollo rural e inversiones en capital natural, entre otros.

Financiamiento según el ciclo de vida de la innovación tecnológica

Para el desarrollo de nuevas tecnologías y productos de base biológica, se pueden distinguir tres tipos de financiamiento a lo largo de su ciclo de vida: financiamiento de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). El desarrollo de productos, tecnologías o aplicaciones de base biológica requiere conocimiento científico, que es fruto de inversiones en I+D+i. En términos generales, estas inversiones buscan respuestas a tres tipos de preguntas:

- a. ¿Qué propiedades tiene una especie (planta, animal, hongo, microorganismo u otros) o material biológico?
- b. ¿Cómo se pueden aislar esas propiedades para una manipulación posterior?
- c. ¿Cómo se pueden transformar esas propiedades en productos y aplicaciones de valor económico?

El financiamiento para la bioprospección, la exploración de la biodiversidad en busca de recursos biológicos y genéticos de valor social y económico es uno de los pilares fundamentales del desarrollo de la bioeconomía y contribuye a la protección de la biodiversidad.

Con este financiamiento, es posible descubrir nuevas propiedades en la naturaleza y desarrollar un prototipo o prueba de concepto de un producto o aplicación, por ejemplo: a) el descubrimiento

de la seleniometionina (selenio orgánico), un ingrediente de alto valor para productos cosméticos, en las nueces conocidas como “olla de mono” que produce el árbol *Lecythis Minor* en la orilla del río Magdalena en Colombia (Instituto Alexander von Humboldt y Protécnica Ingeniería); y b) el desarrollo de un proceso para extraer fibras de alta calidad de las hojas de la piña para aplicaciones textiles (*Wageningen University & Research*).

Muchos gobiernos de la región poseen fondos para financiar actividades de I+D+i, dirigidos al sistema científico y también al sector privado, generalmente administrados desde las instituciones responsables de ciencia, tecnología e innovación (CTi) y también de agricultura y ganadería. En algunos casos, se han creado fondos dedicados a financiar proyectos de bioprospección dentro de programas de I+D+i y varios países cuentan, además, con universidades e instituciones dedicadas a la investigación de la biodiversidad, que también realizan bioprospección y son fuente de nuevos conocimientos, ideas e incluso prototipos de productos y aplicaciones. Los fondos de I+D+i dirigidos al sector privado pueden financiar parte del esfuerzo de innovación, para llevar una solución desde el laboratorio al mundo real.

Recuadro 13. Apoyo a programas de I+D+i para el desarrollo de la bioeconomía.

En abril del 2021, el Ministerio de Ciencias de Colombia lanzó una convocatoria de apoyo a proyectos de I+D+i dirigidos a desarrollar, validar y comercializar productos y procesos de alto valor agregado, basados en la gestión eficiente de la biomasa y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. La convocatoria planteó los siguientes retos: a) aprovechamiento de la biodiversidad continental y oceánica para un desarrollo sostenible; b) Colombia inteligente que comprende y sofisticada el uso de su biodiversidad; c) agro productivo y sostenible que construye tejido social; d) biomasa 100: más valor, cero desperdicios; y e) tecnologías avanzadas para la salud y bienestar de los colombianos. La convocatoria apoyó proyectos según dos modalidades:

- a.** Alistamiento tecnológico para la comercialización de nuevas tecnologías y productos, con una dotación de hasta 4 435 000 000 de pesos.
- b.** Validación comercial de prototipos de nuevas tecnologías y productos, con una dotación de hasta 1 745 000 000 de pesos.

El gasto en I+D+i en ALC es muy bajo, sea cual sea el indicador con el que se mida. En el 2019, el gasto en I+D en relación con el PIB fue del 0,66 %, en un claro contraste con el 3,07 % en los países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en el mismo período. Otro contraste es el origen del financiamiento: en ALC, aproximadamente el 80 % del gasto en I+D+i proviene de fondos públicos y el 20 % del sector privado, mientras que en los países de la OCDE esta relación se invierte (Red de Indicadores de Ciencia y Tecnología Interamericana e Iberoamericana, 2020). No existen cifras de qué porcentaje del gasto en I+D+i va destinado a la bioeconomía, ni en qué proporción se destinan entre investigación básica, aplicada e innovación, pero los autores estiman que el mayor déficit de financiamiento está en la fase más temprana del I+D+i, en concreto en la bioprospección, que es la actividad orientada a descubrir propiedades de valor económico en las especies y a desarrollar nuevos métodos y tecnologías para aprovechar esas propiedades.

Financiamiento del emprendimiento

Aquellos que quieren pasar de una idea, prototipo o prueba de concepto en un laboratorio, al desarrollo de un negocio o emprendimiento bioeconómico, buscan capital semilla que les permita: crear la empresa, conformar un equipo, avanzar en el desarrollo tecnológico, realizar pruebas piloto y demostraciones para confirmar la viabilidad tecnológica y económica del emprendimiento, diseñar el modelo de negocio y, en el mejor de los casos, llegar a las primeras ventas. Antes de que se acabe el capital semilla, el equipo buscará capital de riesgo que le permitirá invertir en infraestructura productiva, consolidar su modelo de negocio y empezar a escalar su capacidad de producción y ventas.

El financiamiento de programas de emprendimiento, especialmente con recursos de capital semilla y servicios de incubación, es vital para ayudar a nuevas empresas de base biológica a desarrollar y demostrar su tecnología o producto y prepararse para la atracción de otras formas de capital (riesgo, ángel, otros).

En la última década, la mayoría de los gobiernos de la región crearon programas de apoyo al emprendimiento científico-tecnológico con fondos de capital semilla y estos contribuyeron al nacimiento de muchos bioemprendimientos. Sin embargo, no se conocen fondos dedicados exclusivamente a apoyar emprendimientos bioeconómicos, que poseen particularidades muy diferentes del emprendimiento en otros sectores como el de la economía digital, que apenas tienen necesidades de infraestructura (excepto las empresas de telecomunicaciones).

En la última década también nacieron ángeles inversores y la industria de capital de riesgo creció en el número de gestores y fondos, aunque con un tamaño aún muy modesto en comparación con otras regiones del mundo. El número de acuerdos o *deals* con emprendedores experimentó un crecimiento exponencial en el 2021 en nuestra región y después presentó una caída gradual durante el 2022, hasta situarse en los niveles del 2019 (CB INSIGHTS 2022). A pesar de este crecimiento del capital de riesgo, se estima que la mayoría de los fondos están enfocados en el mundo digital (comercio electrónico, social media, software, (internet de las cosas) IoT, telecomunicaciones, entre otros). La novedad más destacable fue la aparición de *venture builders*, empresas con conocimiento y capital, que ayudan a incubar y acelerar emprendimientos. Uno de los casos de referencia en ALC es GridX, una empresa dedicada a crear empresas de base biotecnológica.

Recuadro 14. GridX.



GridX es una empresa *venture-builder* que se dedica a incubar empresas de base biotecnológica. Para hacerlo, realiza un mapeo y selección de proyectos de investigación científica que presentan el potencial de

desarrollo de aplicaciones de valor económico y conecta a los equipos investigadores con emprendedores orientados a la gestión.

Empezó sus actividades en Argentina en el 2017 y se está expandiendo rápidamente a otros países de la región. En el 2021, después de tres años de actividad, ya había ayudado a crear 21 empresas y ocho habían recibido inversión internacional.

Financiamiento del crecimiento

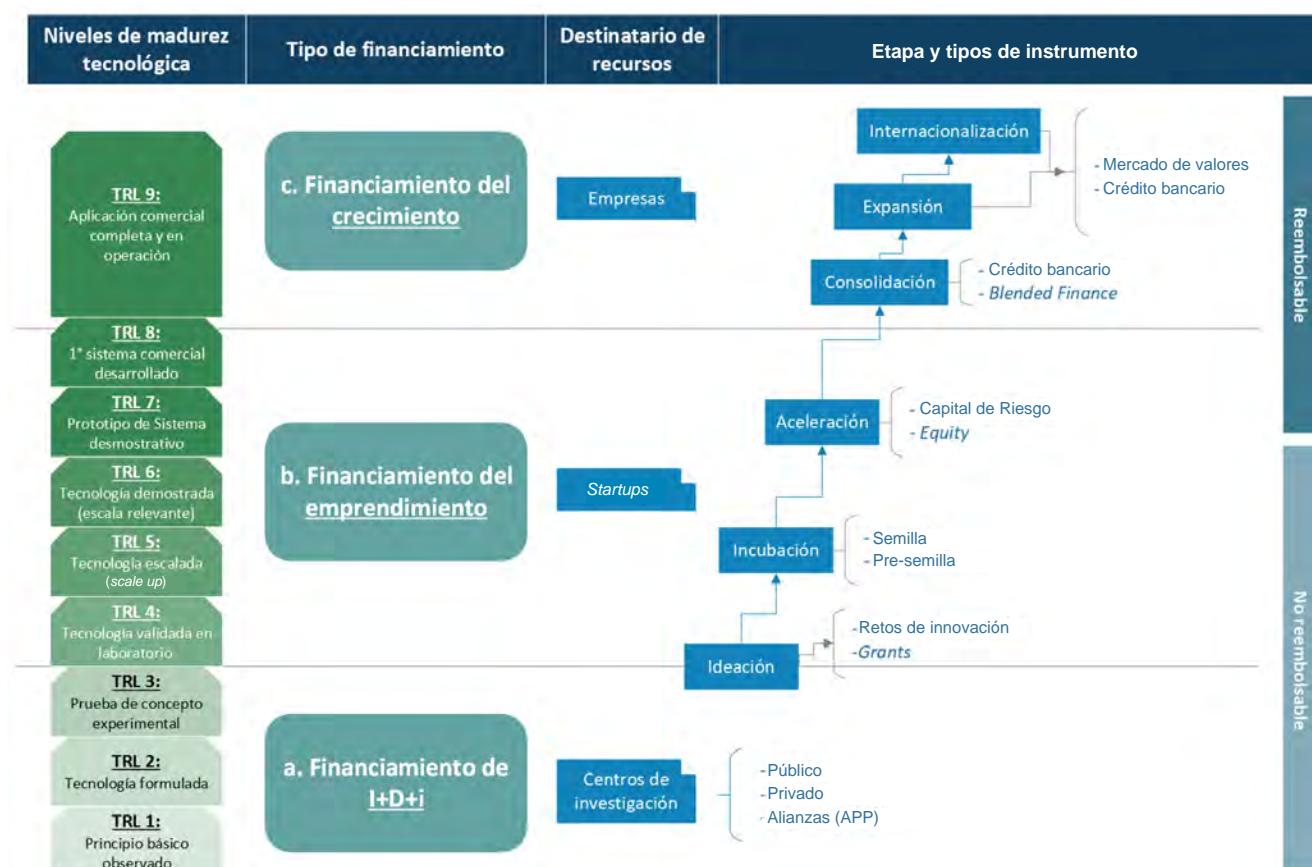
Cuando una empresa ya cuenta con una buena atracción de clientes, ha aumentado sus ingresos de manera significativa y muestra un modelo de negocio establecido, si quisiera crecer de forma rápida, puede combinar la atracción de nuevo capital con el financiamiento de créditos bancarios, que es viable cuando el perfil de riesgo de la empresa es moderadamente bajo. Este financiamiento también ha experimentado cambios muy interesantes en los últimos años. La preocupación por el impacto del cambio climático y la urgente necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han propiciado la aparición de nuevas fuentes de financiamiento que apoyan inversiones para lograr actividades productivas más sostenibles, permiten reducir dichas emisiones y promueven adaptación o resiliencia. Un caso destacable es el Fondo de Bioeconomía Amazónica, creado en el 2021 con recursos del Fondo Verde para el Clima.

Recuadro 15. Fondo de Bioeconomía Amazónica.

En octubre del 2021, el Fondo Verde para el Clima (FVC) aprobó la creación del Fondo para la Bioeconomía de la Región Amazónica, una iniciativa del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para apalancar inversiones para la adaptación y la mitigación de los impactos del cambio climático en la cuenca del Amazonas, a través de bionegocios innovadores que ayudan a preservar los ecosistemas y biodiversidad de la Amazonia y fortalecer la resiliencia climática.

El programa se propone catalizar el flujo de fondos privados hacia bionegocios que aumenten la resiliencia climática y reduzcan las emisiones y aseguren la preservación de la selva amazónica. Se considera que estos bionegocios tienen un perfil de alto riesgo y los fondos aprobados por el FVC en forma de préstamos, donaciones y capital buscan enfrentar barreras críticas y reducir el riesgo para la inversión privada.

Figura 25. Tipos de financiamiento propuesto para el desarrollo y comercialización de nuevas tecnologías de la bioeconomía y su relación con toras clasificaciones.



Políticas públicas para fomentar la bioeconomía

La mayoría de las empresas del sector de la bioeconomía en ALC han nacido y crecido apoyándose en los tres tipos de financiamiento descritos en la sección anterior. A pesar de que no existen indicadores que midan el crecimiento del sector de la bioeconomía en la región, se estima que la velocidad a la que nacen nuevas empresas es muy lenta en comparación con el ritmo al que nacen y crecen empresas en otras regiones del mundo. En parte, esto se debe que otras regiones del mundo están adoptando políticas públicas muy ambiciosas y con importantes dotaciones de recursos.

El desarrollo del sector de la bioeconomía y la participación global de las empresas de ALC requieren de políticas públicas que aporten diferentes tipos de financiamiento, además de adaptaciones a marcos legales y regulatorios, orientados a facilitar e incentivar el desarrollo del sector. En nuestra región, excepto en los casos de Brasil y Argentina, la implementación de mecanismos de financiamiento es relativamente reciente. En concreto, destaca la promoción de mecanismos financieros para brindar apoyo a empresas en etapas tempranas o para la aceleración de negocios, con base en el marco de las estrategias nacionales de bioeconomía. En el recuadro 15 se describen los casos de México y Costa Rica, como ejemplos ilustrativos.

El **Fondo de Aceleración para la Bioeconomía (FAB)** es una iniciativa impulsada por Iniciativa Finanzas para la Biodiversidad (BIOFIN) México en conjunto con la plataforma Nuup, que tiene como objetivo establecer mecanismos para el financiamiento de emprendimientos dedicados a la conservación y protección de la biodiversidad, paralelamente interesados en la sustentabilidad y rentabilidad empresarial. Su finalidad es cubrir la brecha que existe en el mercado para financiar proyectos y empresas en etapas no iniciales, pero que aún no pueden acceder al mercado de oferta financiera actual. Además, el FAB contribuye a la identificación del portafolio de proyectos existentes y potenciales para que otras organizaciones apoyen y desarrollen modelos. Se financia con recursos propios del proyecto y actualmente se encuentra en una etapa de capitalización con actores privados y públicos, sustentado en el modelo creado desde el 2020. Entre las herramientas complementarias para promover el fondo, destacan la Plataforma de Inversión en Bioeconomía (PLIB) y las mesas temáticas de financiamiento con actores de todos los sectores.

La **Plataforma de Financiamiento de Bio-negocios de Costa Rica** es una iniciativa también impulsada por BIOFIN para apoyar la implementación de la Estrategia de Bioeconomía de Costa Rica, en alianza con el comité interinstitucional que la preside. Participan el Ministerio de Medio Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC), bajo la dirección del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT). En este marco, se ha desarrollado un portafolio de proyectos con énfasis en bioeconomía, en alianza con Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la movilización de fondos de inversión de impacto y financiamiento a través de créditos verdes preferenciales, capital semilla y riesgo. A través de la creación de cinco mecanismos financieros innovadores, la plataforma de bio-negocios busca movilizar fondos para atender la brecha de inversión en biodiversidad a través de proyectos productivos privados. A la fecha, se han desarrollado BioInnova, en alianza con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), el Sistema de Banca para el Desarrollo y la Promotora de Innovación del MICITT, lanzado en el 2022 para potenciar la innovación en el uso de biomasa. Está en desarrollo BioAcelera, un programa de aceleración de negocios en bioeconomía.

La Unión Europea (UE), Estados Unidos, Reino Unido y otros países del mundo llevan más de una década diseñando y ejecutando políticas que buscan acelerar el desarrollo de la bioeconomía. Aportan financiamiento con diferentes propósitos. Algunos instrumentos que han demostrado impacto positivo son los siguientes: financiamiento de misiones y desafíos y financiamiento de bienes públicos “club”. A continuación, se hace referencia a cada uno de ellos.

Financiamiento de misiones y desafíos

Una forma de promover la innovación tecnológica y el emprendimiento es a través de convocatorias de misiones y desafíos, orientados a resolver un problema o aprovechar una oportunidad. El financiamiento de estas convocatorias suele adoptar la forma de fondos concursables, premios y contratos que movilizan la atención de muchos investigadores, emprendedores y empresas y son una fuente de nuevas ideas, enfoques y soluciones que

pueden llegar a ser comerciales. Los gobiernos podrían financiar convocatorias nacionales y subnacionales con los siguientes tipos de objetivos:

1. **Aprovechamiento de excedentes de biomasa.** En ALC, algunos cultivos producen grandes volúmenes de biomasa, como la caña de azúcar, el maíz y la soja, cuyos excedentes ya se utilizan para producir bioenergía. Hay un amplio margen para transformar biomasa en nuevos productos de base biológica y para aumentar la eficiencia del actual aprovechamiento de la biomasa.
2. **Aprovechamiento de biomasa residual.** La industria de los agro-alimentos produce ingentes cantidades de biomasa residual, por ejemplo, de piña, banano y café, que en la actualidad no se aprovechan y su abandono genera problemas de polución y riesgo de enfermedades. Esta biomasa es fuente de recursos biológicos de valor para aplicaciones comerciales: fibras naturales, bio-compuestos y bioquímicos, por ejemplo. Esto también se extiende al aprovechamiento de residuos orgánicos urbanos. Cualquier innovación en esta dirección aprovecha una oportunidad (biomasa residual disponible) y contribuye a resolver un problema que afecta a los productores (reducción de desechos que atraen insectos y enfermedades).

Recuadro 17. Reto en bioproductos. Desafío en bioproductos: del desperdicio al valor (2022).



Primera competencia centroamericana para promover el emprendimiento en biomateriales a partir de la valorización de residuos y desechos de origen biológico.

La convocatoria estuvo enfocada en el aprovechamiento de la biomasa residual provenientes de agricultura, ganadería, forestal o acuicultura para la generación de bioproductos. La iniciativa es tripartita: el proyecto DINAMICA en alianza con la Coalición Costarricense de Iniciativas de Desarrollo (CINDE) y el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).

3. **Desarrollo de nuevas tecnologías, productos y aplicaciones de base biológica que contribuyan a la economía circular o a la descarbonización.** Vivimos rodeados de materiales que han sido fabricados con petroquímicos, como plásticos, resinas, fibras sintéticas, espumas, pesticidas, colorantes y detergentes, que actualmente son una de las primeras causas de la polución en el mundo, especialmente de los océanos. Su fabricación es una importante fuente de emisión de GEI. Una forma de desarrollar la bioeconomía es la búsqueda de materiales de base biológica que sean una alternativa para los materiales basados en petroquímicos, con tres posibles efectos: desarrollo de nuevas cadenas de valor, reducción de la polución y reducción de las emisiones de carbono.



UK Research
and Innovation

Plastics Research and Innovation Fund (PRIF)

En el 2018, el Gobierno del Reino Unido lanzó el *Plastics Research and Innovation Fund (PRIF)* con una dotación de £20 millones, con el objetivo de explorar ideas e innovaciones novedosas con el potencial de que el sector de los plásticos sea más circular y aborde el desafío de la contaminación plástica persistente. El programa PRIF constaba de tres componentes:

- Financiación de programas de investigación interdisciplinarios de vanguardia dirigidos por universidades (£8 millones).
- Inversión en proyectos de investigación y desarrollo dirigidos por empresas a través de subvenciones y una asociación inversora innovadora con Sky Ocean Ventures (£10 millones).
- Un programa básico diseñado para proporcionar actividades de liderazgo e intercambio de conocimientos (£2 millones).

Financiamiento de bienes públicos “club”

El financiamiento de **bienes públicos “club”** crea condiciones habilitantes. Los negocios bioeconómicos basados en la transformación de biomasa necesitan acceso a biorrefinerías, plantas industriales que convierten la biomasa en otros productos como bioenergía, biomateriales y bioquímicos, entre otros. Estas infraestructuras productivas requieren importantes inversiones de capital y aquí se presenta uno de los principales cuellos de botella para el despegue de la bioeconomía.

La transformación industrial de recursos biológicos, desde la fase temprana de I+D hasta el desarrollo de pilotos y demostraciones a escala comercial, necesita biorrefinerías (plantas de procesamiento que convierten biomasa en productos de valor) que no están al alcance de las nuevas empresas. Este es quizás uno de los mayores cuellos de botella de esta industria. El financiamiento del acceso a biorrefinerías con base en el esquema de bienes públicos tipo “club” puede ayudar al desarrollo de la industria.

Para conseguir el financiamiento necesario para construir una biorrefinería, primero hay que demostrar que el proceso de transformación es técnicamente viable a escala industrial: si en un laboratorio, la empresa es capaz de producir varios mililitros (o gramos, según sea la unidad de medida), después debe demostrar que puede producir cientos de litros (escala piloto) y luego que puede producir miles de litros (escala real). Para ello, también se necesita acceso a una biorrefinería. En ALC no hay biorrefinerías abiertas para atender las necesidades de nuevos emprendimientos que puedan demostrar que su tecnología es técnica y económicamente viable.

Hay al menos dos formas de resolver esta situación, ambas basadas en el concepto de bienes “club”, entendido como aquellas infraestructuras comunes, con exclusividad para quien las utiliza, pero sin rivalidad (Samuelson 1954):

- Una opción es la construcción y operación de una biorrefinería que ofrezca servicios de desarrollo tecnológico, prueba y demostración a empresas que pagarán por el uso de esos servicios. Un buen ejemplo es la *Bio Based Europe Pilot Plant* en Holanda.

Recuadro 19. *Bio Base Europe Pilot Plant.*



Bio Base Europe Pilot Plant es una empresa sin ánimo de lucro, fundada en el 2008 con financiamiento de €40 millones procedentes de la UE, el gobierno de Holanda y el gobierno subnacional de Flanders (Bélgica). La planta opera desde el 2010, de forma independiente (no tiene accionistas industriales) y ya tiene 128 empleados. Su modelo de negocios se basa en las siguientes fuentes de ingresos:

- Proyectos de servicios, donde atiende la demanda de más de 200 empresas de forma bilateral y confidencial.
 - Proyectos de consorcios, muchos de ellos financiados por diferentes programas de la UE. En la actualidad, atienden 24 proyectos.
-
- Otra opción es aprovechar el tiempo ocioso de infraestructuras disponibles en el territorio, a través de la modalidad de pago por uso. Este modelo convierte de facto plantas industriales privadas en bienes club. El ejemplo más representativo de este modelo es Pilots4U, resultado de un proyecto financiado por el programa *Bio-Based Industries Joint Undertaking (BBI-JU)* de la UE.

Recuadro 20. *Pilots 4U.*



Pilots4U es una red de escala europea de infraestructuras multipropósito para realizar pilotos y demostraciones. Es decir, la red se apalanca en la propia industria bioeconómica existente para apoyar el desarrollo de nuevas empresas.

Con el financiamiento del BBI-JU, se realizaron co-inversiones con las empresas miembro de la red, en infraestructura que cualquier emprendedor podrá utilizar para desarrollar proyectos piloto y demostraciones, mediante el pago de honorarios.

Financiamiento de nuevas cadenas de valor de base biológica. Otra forma de impulsar la bioeconomía y la transición a una economía más verde es fomentando el desarrollo de nuevas cadenas de valor con nuevos productos de base biológica y la optimización de cadenas de valor existentes para lograr mayor circularidad y sostenibilidad, mediante la inclusión de recursos biológicos renovables. Las iniciativas con este enfoque pueden financiar actividades intensivas en ciencia, tecnología e innovación (CTi) que incluyen a todos los actores de una cadena, desde los proveedores de materia prima (recursos biológicos renovables, ya sea biomasa primaria o residual) hasta las empresas que pueden desarrollar y comercializar aplicaciones o productos de base biológica. El ejemplo más ambicioso que se conoce es el Circular Bio-based Europe Joint Undertaking, una alianza entre la UE y el Consorcio de Industrias de Base Biológica (BIC).

Recuadro 21. *Circular Bio-based Europe.*



El **Circular Bio-based Europe Joint Undertaking** (CBE JU) es una colaboración público-privada que nació a finales del 2021, a partir de una experiencia previa exitosa: el Bio-based Industry Joint Undertaking (BBI JU), creado en el 2013. El CBE JU tiene tres objetivos: acelerar el proceso de innovación y el desarrollo de soluciones innovadoras de base biológica, acelerar el despliegue en el mercado de las soluciones de base biológica maduras e innovadoras existentes y asegurar un alto nivel de desempeño ambiental de los sistemas industriales de base biológica. Para lograr estos objetivos, financia proyectos que buscan:

- Apoyar la investigación y la innovación para soluciones sostenibles de base biológica.
- Reducir el riesgo de inversiones en plantas de producción de base biológica innovadoras y circulares.
- Abordar los desafíos tecnológicos, regulatorios y de mercado de la bioeconomía.
- Situar la sostenibilidad en el centro de sus operaciones.
- Fortalecer la colaboración de todos los actores de la bioeconomía.
- Comprometerse con más partes interesadas a lo largo de las cadenas de valor.

Compra pública de productos de base biológica. Para algunos sectores, una medida de política para promover la innovación en productos y servicios puede ser la compra pública. Cuando esos productos o servicios aún no existen, se puede utilizar el mecanismo de compra pública innovadora, una actuación administrativa de fomento de la innovación orientada a potenciar el desarrollo de nuevos mercados desde el lado de la demanda. Cuando el Estado se convierte en un comprador de nuevos bienes y servicios, ayuda a desarrollar la oferta y el financiamiento que se destina a esas compras cumple dos propósitos: a) mejorar los servicios públicos mediante la incorporación de bienes y servicios innovadores, y b) fomentar la innovación empresarial. Si el sector público se convierte en un demandante de productos de base biológica, contribuirá a desarrollar la oferta y a generar un efecto demostrativo. Un buen ejemplo es el caso del *BioPreferred Program* en Estados Unidos.



El *BioPreferred Program* es una iniciativa del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) que introdujo la compra pública de productos de base biológica en el nivel federal en el 2002. Este programa obliga a las agencias federales y sus contratistas a comprar productos de base biológica de un catálogo de 140 categorías de productos, entre los que se incluyen materiales de limpieza, bioplásticos, lubricantes y adhesivos. Actualmente, el catálogo tiene más de 16 000 productos entre las diferentes categorías.

El programa define un producto de base biológica como un producto compuesto de componentes biológicos: materiales agrícolas, forestales, marinos y productos químicos renovables. La definición no incluye alimentos, piensos ni combustibles.

Un estudio realizado en el 2019 estimó el impacto económico en creación de empleos directos e indirectos y el impacto ambiental por la reducción del consumo de petróleo y la reducción de emisiones de CO₂.

Fuentes de financiamiento disponibles

El informe “Oportunidades para financiamiento internacional de la bioeconomía sostenible, asociada a la lucha contra el cambio climático, la conservación de los recursos naturales y el medio ambiente”, escrito por María R. Murmis en diciembre del 2022 (sin publicar), ofrece un catálogo completo de fuentes de financiamiento de la bioeconomía, de interés para aquellos que estén interesados en buscar financiamiento para proyectos.

Por otro lado, en 2023 la Iniciativa Finanzas para la Biodiversidad (BIOFIN) lanzó la plataforma FIRE (Finance Resources for Biodiversity), <https://fire.biofin.org/>, la cual cuenta con más de 300 alternativas de financiamiento que pueden ser direccionadas hacia categorías que forman parte del concepto de bioeconomía, tales como acceso y distribución equitativa de los beneficios (ABS), organismos genéticamente modificados (GMO), economía verde, manejo de la contaminación y restauración de ecosistemas.

Referencias bibliográficas

- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2023. Panama Will have its first guarantee fund for small business. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.iadb.org>.
- Bio-Based Europe Pilot Plant. 2023. Speeding up your biobased innovation (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.bbeu.org>.
- BIOFIN. 2023. Iniciativa finanzas para la biodiversidad (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.biofin.org>.
- CB INSIGHTS. 2022. State of Venture 2021: Latin America (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en https://www.cbinsights.com/reports/CB-Insights_Venture-Report-2022.pdf?.
- CBE JU. (Circular Bio-Based Europe Joint Undertaking). 2023 (en línea, sitio web). Consultado 2 de sep 2023. Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.cbe.europa.eu/>.
- Consortio de industrias de base biológica. 2023. Leading Europe's sustainable, circular, bio-based transition (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://biconsortium.eu/>.
- Fondo de Bioeconomía Amazónica. 2023. The Amazon Bioeconomy Fund: Unlocking private capital by valuing bioeconomy products and services with climate mitigation and adaptation results in the Amazon. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.greenclimate.fund/project/fp173>.
- GridX Exponential. 2023. GRIDX (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.gridexponential.com/>.
- INA (Instituto Nacional de Aprendizaje de Costa Rica). INA 2023 (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.ina.ac.cr>.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2023. Humboldt Colombia. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <http://www.humboldt.org.co>.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2023. Humboldt Colombia. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <http://www.humboldt.org.co>.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica). MAG. 2023 (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.mag.go.cr>.

- Ministerio de Ciencias de Colombia. 2023. MINCIENCIAS. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://minciencias.gov.co/>.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones de Costa Rica. 2023. MICITT. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.micitt.go.cr>.
- Ministerio de Economía, Industria y Comercio de Costa Rica. 2023. MEIC. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.meic.go.cr>.
- Ministerio de Medio Ambiente y Energía de Costa Rica. 2023. MINAE. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://minae.go.cr>.
- Pilots4U Bioeconomy Innovation. 2023. Pilots4U. (en línea, sitio web). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://biopilots4u.eu>.
- Protécnica Ingeniería. 2023. Protécnica Ingeniería. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.protecnicaing.com>.
- Red de indicadores de ciencia y tecnología Interamericana e Iberoamericana. 2020. RICYT. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.ricyt.org>.
- Reto en BioProductos del desperdicio valor. 2023. Instituto Interamericano de cooperación por la Agricultura (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://bio-emprender.iica.int/iica-opportunities/reto-en-bioproductos-del-desperdicio-al-valor>
- Samuelson, P. 1954. The Pure Theory of Public Expenditure. The Review of Economics and Statistics. 36(4):387-389. MIT Press.
- Sistema de Banca para el Desarrollo de Costa Rica. 2023 (en línea). SBDCR. Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.sbdcr.com>.
- UK Research and Innovation. 2023 (en línea). UKRI. Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.ukri.org>.
- USDA BioPreferred Program. 2023. BioPreferred Program. (en línea). Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.biopreferred.gov>.
- Wageningen University & Research. 2023 (en línea). WUR. Consultado 2 de sep 2023. Disponible en <https://www.wur.nl/en/wageningen-university.htm>.



SECCIÓN 4:

CAPÍTULO ESPECIAL

Autores: Domínguez Gómez, D. (Allbiotech); Fuentes-Campos, E. (TBB); Ubieta, T. (TBB); Fernández-Navarro, M. (TBB); Brenes Porras, C. (IICA).; Jiménez Rodríguez, MG. (Deep Science Ventures); Valero, J. (SinergiaLabs).³²

4.1 Panorama del bioemprendimiento basado en la bioeconomía sobre América Latina y el Caribe

En los últimos años, la bioeconomía ha ganado impulso como una alternativa concreta al modelo productivo actual, que ha mostrado claros indicios de agotamiento. La bioeconomía busca un mejor aprovechamiento de los recursos biológicos y se espera que contribuya a enfrentar algunos de los mayores desafíos globales de las próximas décadas, como la seguridad alimentaria, el cambio climático y el agotamiento de los recursos naturales (Lewandowski *et al.* 2018).

El potencial de la bioeconomía radica en la posibilidad de generar un futuro más equitativo y próspero que reduzca el impacto ambiental, la dependencia en la explotación de recursos naturales no renovables y el uso de recursos fósiles, a través de la biotecnología como pilar de desarrollo. A vez, favorece el crecimiento económico e incrementa la calidad de vida de la población. La suma de estas características ha provocado la asociación de este modelo a los principios de circularidad y de economía verde en virtud de ser una alternativa para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) planteados en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas.

Dentro del paradigma bioeconómico, los **bioemprendimientos** desempeñan un papel fundamental en la generación de valor para el desarrollo de la bioeconomía. Este tipo de emprendimientos utilizan recursos biológicos y conocimientos científicos para desarrollar soluciones innovadoras en áreas como la salud, biotecnología, agricultura y energía, entre otras. La cantidad y el éxito de estos emprendimientos dependen en gran medida del ecosistema en el que se desarrollan, así como de los incentivos proporcionados por los sectores público y privado.

En este capítulo, se aborda la temática de los bioemprendimientos en ALC. Se analiza su origen, su contribución a la bioeconomía, los ecosistemas de innovación que los rodean, los principales actores en la región, los factores claves que los potencian, así como sus retos y perspectivas futuras. Se busca ofrecer una visión amplia y actualizada sobre la situación de los

³² Se agradece la revisión de Marvin Blanco (IICA) y las ediciones técnicas de Santiago Felici (IICA).

bioemprendimientos en la región. Para ello se identifican oportunidades y desafíos y se proponen recomendaciones para el fomento de estos y la consolidación de un ecosistema emprendedor que contribuya a impulsar el desarrollo de la bioeconomía en la región.

Bioemprendimientos: definiciones y conceptos básicos

Una forma sencilla de aproximarse a la definición de emprendimiento –puesto que no hay una única definición en la literatura– es entenderlo como el proceso de crear algo novedoso, con valor económico o social, en el que fue necesario invertir tiempo y capital, para lo cual se debieron asumir inevitablemente diferentes tipos de riesgos, como los financieros, psíquicos y sociales. A cambio se reciben las recompensas de satisfacción e independencia económica y personal (Bóveda *et al.* 2015). A partir de la definición anterior, podemos entender que los bioemprendimientos son aquellos que se basan en los recursos y principios biológicos para crear productos y servicios innovadores, los cuales tienen una aplicación comercial. Estos suelen estar asociados con la biotecnología y el uso de la biodiversidad, dos conceptos claves de la bioeconomía.

De acuerdo con la complejidad de las innovaciones y tecnologías utilizadas, los bioemprendimientos pueden clasificarse en las siguientes categorías:

- **Bioemprendimientos tradicionales:** iniciativas de negocio que aprovechan los recursos biológicos como base para llevar a cabo actividades económicas convencionales, cuyos productos, servicios o procesos suelen involucrar una baja complejidad tecnológica. Las iniciativas de este tipo de emprendimientos suelen ser implementaciones de soluciones ya existentes, por lo que generalmente su potencial de patentamiento es bajo.
- **Bioemprendimientos de base tecnológica:** iniciativas de desarrollo empresarial que aprovechan los recursos biológicos y el conocimiento científico-tecnológico para su aplicación en el desarrollo o implementación de productos, servicios o procesos. Las iniciativas de este tipo de bioemprendimientos suelen ser de muy alto valor, con potencial de patentamiento y con un alcance para la solución de problemáticas globales.

Por otro lado, aunque no son bioemprendimientos *per se*, existen innovaciones y desarrollos tecnológicos en diversos laboratorios de investigación que incorporan el uso de biotecnologías y tienen potencial comercial en el mediano o largo plazo. No obstante, las iniciativas de este tipo son generalmente desaprovechadas y no tienden a alcanzar el mercado. En muchas ocasiones, tanto la comunidad científica como la sociedad civil desconocen la potencialidad de estas iniciativas y cómo su puesta en práctica impacta directamente en problemas de alcance tanto nacional como internacional.

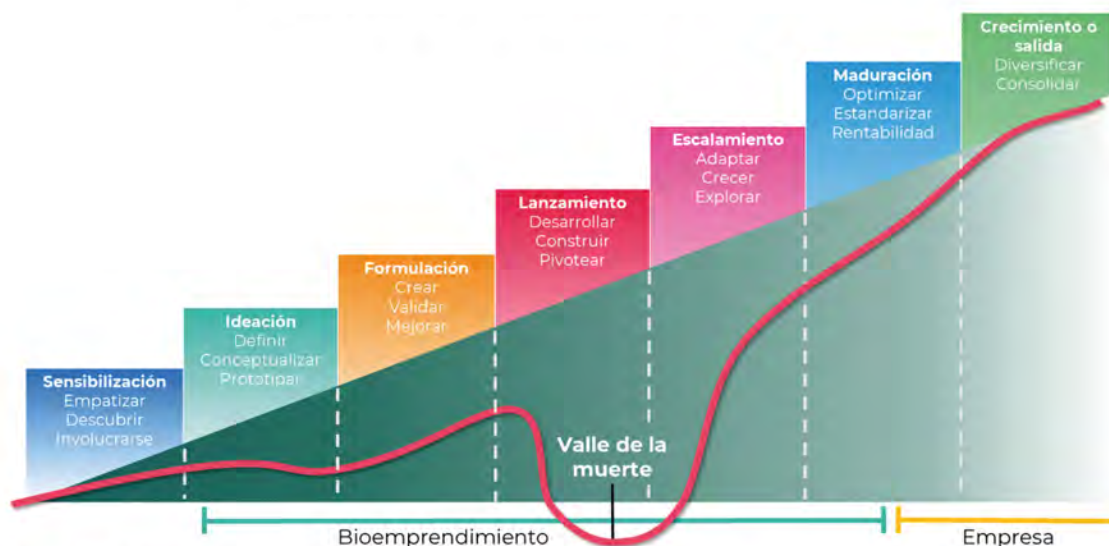
Mientras que los bioemprendimientos se basan en los principios y recursos biológicos para crear productos y servicios novedosos y sostenibles, las *startups* se centran en la creación de una empresa nueva y escalable, basada en la tecnología –biotecnología en el caso de las analizadas en este capítulo– y la innovación. Si bien ambos tipos de emprendimientos comparten algunas similitudes, también existen diferencias importantes en cuanto al conocimiento técnico necesario, el financiamiento y el marco regulatorio. Es decir, los bioemprendimientos requieren por lo general recursos humanos con formación en ciencias biológicas, capital desde etapas muy tempranas y normas para alcanzar la etapa comercial, dado que debe contar con las aprobaciones necesarias para salir al mercado. En resumen, mientras que las *startups* se centran en la innovación y la escalabilidad del modelo de negocio, los bioemprendimientos se centran en la aplicación de la ciencia y la tecnología para abordar problemas específicos en el campo de la biotecnología o las ciencias de la vida exclusivamente.

El aumento de las *startups* de biotecnología y las innovaciones y desarrollos tecnológicos de la bioeconomía hicieron que el término de bioemprendimientos fuese ganando lugar en el mundo del emprendimiento. Gracias a su mencionada capacidad intrínseca de innovación en las últimas décadas, la creación de *startups* se ha considerado como un motor para el desarrollo sostenible (Hall *et al.* 2010). En particular, los bioemprendimientos de base tecnológica emergen como impulsores cruciales de la innovación para la transición hacia un modelo bioeconómico global. Como sugieren Kuckertz *et al.* (2020), el rol de las *startups* en la bioeconomía será el de ejecutar y materializar las estrategias nacionales de bioeconomía, al ser entidades capaces de transferir conocimientos y desarrollar tecnologías que aceleren la transformación de cadenas de valor y la transición de diversas industrias hacia modelos sostenibles en las dimensiones económica, social y ambiental.

Etapas de un bioemprendimiento

En la figura 26 se describen las etapas del emprendimiento con base en la recopilación de distintos modelos de incubación de empresas (Ortuño 2015). El mismo esquema de desarrollo es aplicable para el caso del bioemprendimiento, pues la diferencia sustancial es que la propuesta de valor de este último se basa en el aprovechamiento de biomasa y otros componentes biológicos.

Figura 26. Etapas de un bioemprendimiento.



No obstante, como señala la Confederación Empresarial de Madrid 2002, desde su inicio, la futura bioempresa recorre un ciclo de vida claramente diferencial del que caracteriza a una empresa en otros sectores tecnológicos. La importancia de la innovación, las normativas y las particularidades financieras y tecnológicas requieren una adaptación especial por parte del bioemprendedor e inversor a la hora de crear una bioempresa. En esta fase, además de informar sobre los potenciales aprovechamientos de la bioeconomía, es importante fortalecer capacidades sobre las competencias claves para el éxito de los emprendimientos, el perfil emprendedor, el proceso de creación de negocios innovadores, entre otros temas, para que el potencial bioemprendedor pueda analizar todas las oportunidades y valorar sus capacidades para emprender en un área que puede ser desconocida o por lo menos resultarle novedosa. En una segunda fase del proceso bioemprendedor, están las etapas de ideación (identificación y selección de la idea de negocio, definición de la propuesta de valor y diseño los primeros prototipos), formulación (desarrollo técnico y comercial del producto) y lanzamiento (introducción del producto al mercado y generación de ingresos).

Similares a otros tipos de negocios emergentes, los bioemprendimientos aumentan en complejidad conforme se desarrollan. Las etapas de sensibilización, formulación y lanzamiento suelen ser las más críticas en su desarrollo. La etapa de lanzamiento es normalmente la más crítica para cualquier tipo de emprendimiento donde existe una enorme probabilidad de fracasar, mientras buscan salir al mercado y generar un flujo de ingresos constante. A esa fase se le conoce como "el valle de la muerte". En estas circunstancias, se dificulta el avance del proyecto y se vuelve una especie de cuello de botella para los bioemprendimientos. Si logra superar ese evento crítico, es decir si tiene éxito, entrará en las etapas de escalamiento y maduración, donde debe crecer en ventas y atracción de capital para mantenerse en el mercado.

La búsqueda de capital es un proceso constante en los bionegocios, se comienza con pocos recursos que generalmente provienen de ahorros personales, aportes de la familia o amigos, pero

rápidamente el emprendedor se da cuenta que para desarrollar la idea de negocio tiene que recurrir a recursos externos. En muchos casos, estos recursos se obtienen mediante la participación en concursos de emprendimiento (capital presemilla). Más adelante, los bionegocios demandan de más recursos para realizar pruebas de laboratorio y de campo, comprar materiales, pagar servicios de apoyo, entre otros. El capital semilla puede provenir también de fondos concursables, ángeles inversionistas y capital de riesgo. Para la fase posterior de lanzamiento, escalamiento y maduración de puesta en marcha del bionegocio y crecimiento, habrá que echar mano de recursos privados de capital de riesgo o de los servicios financieros tradicionales (IICA 2022).

Finalmente, el bioemprendimiento deberá adoptar la estructura formal de cualquier empresa en el mercado y, además de los conocimientos tecnológicos específicos del bionegocio, deberá desarrollar competencias en áreas relacionadas con la gestión empresarial.

Ecosistema bioemprendedor

El ecosistema emprendedor puede definirse como un conjunto de áreas relacionadas entre sí que desempeñan un rol fundamental en el desarrollo y el posterior éxito de los emprendimientos. Estas áreas son: las políticas, el financiamiento, la cultura, el soporte, el capital humano y el mercado (Isenberg 2011). Las políticas deben permitir el apoyo de las autoridades y los diferentes organismos públicos que influyen en los emprendimientos, por ejemplo: el marco regulatorio que puede alentar o desalentar el surgimiento de nuevas empresas. El financiamiento se refiere al acceso al crédito bancario como al conjunto de inversionistas dispuestos a aportar capital de riesgo. La cultura donde se encuentran los emprendedores los moldea y prepara para la toma de riesgos y la resiliencia ante situaciones adversas. El soporte engloba a todas aquellas instituciones (privadas o no) y a la infraestructura que apoya al emprendedurismo. El capital humano comprende el talento y los conocimientos, así como la experiencia de los emprendedores. El mercado se refiere al espacio que el emprendimiento pretende capturar.

El término ecosistema emprendedor ha ganado relevancia en el estudio de la actividad emprendedora (Stam 2015 y Kuckertz 2019), como el resultado de una analogía del concepto de ecosistema en ecología, que se refiere a una unidad estructural y funcional donde los organismos vivos interactúan entre sí y con el entorno circundante. El concepto de ecosistema reconoce que la actividad emprendedora no se deriva solo de los emprendedores individuales o de bioemprendimientos como entidades independientes, sino de una conjunción de factores y esfuerzos que involucra a múltiples actores e instituciones que trabajan de manera coordinada para promover la innovación y el crecimiento. Se trata de un sistema autorregulado que involucra factores bióticos y abióticos que interactúan entre sí y se encuentran estrechamente relacionados mediante el flujo de materia y energía (Sussan y Acs. 2017).

En esta analogía aplicada a la actividad bioempresarial, los factores bióticos son los diversos actores que integran el ecosistema institucional e individual, es decir, las startups, universidades, incubadoras, aceleradoras, fondos de inversión, entidades gubernamentales y proveedores de servicio, así como emprendedores, investigadores, consultores, mentores e inversionistas. Por su parte, los factores abióticos son el capital, las regulaciones, las políticas públicas, las oportunidades de mercado, entre otras. El uso de esta analogía nos permite identificar cuáles son los factores y actores que deben considerarse para el fomento de la creación de bioemprendimientos y sus *startups*.

A diferencia de otros modelos, la bioeconomía implica por sí misma incorporar la innovación. En ese sentido, es posible hablar de ecosistemas de innovación desde una perspectiva más amplia. En un ecosistema de bioemprendimiento, el resultado de la conjunción de factores y actores es el surgimiento de bioemprendimiento, *startups* y bionegocios, mientras que, en un ecosistema de innovación, el resultado es el desarrollo de productos, servicios, modelos de negocio y tecnologías disruptivas.

Grandstrand y Holgersson (2020) definen a los ecosistemas de innovación como el conjunto en evolución de actores, actividades y artefactos, así como las instituciones y relaciones, incluidas las relaciones complementarias y sustitutivas, que son importantes para el desempeño de la actividad innovadora de un actor o un grupo de actores. Se trata de redes interconectadas de instituciones, empresas y otras entidades que codesarrollan capacidades en torno a un conjunto compartido de tecnologías, conocimientos o habilidades y trabajan de manera cooperativa y competitiva para desarrollar nuevos productos, servicios y modelos de negocio.

En el contexto de un mundo cada vez más interconectado, el concepto de ecosistemas de innovación permite explicar y estudiar de una manera holística la innovación y emprendimiento. Además, mejora el entendimiento de los factores necesarios para su desarrollo y brinda nuevas herramientas e información para el diseño institucional.

Principales actores del ecosistema bioempresarial

En el contexto de la bioeconomía, como se mencionó previamente, uno de los factores determinantes es la gestión de la compleja base de conocimientos y de la convergencia de tecnologías. En este sentido, al hablar de ecosistemas de bioemprendimiento e innovación de la bioeconomía, se debe considerar una serie de actores y factores particulares que, si bien en otros sectores no desempeñan roles tan determinantes, son fundamentales para los bioemprendimientos (Kuckertz 2020a).

Más allá de examinar los actores de manera individual, es necesario analizar los roles que cada uno juega dentro del ecosistema para identificar su relevancia y las acciones necesarias para

incentivar su participación. Es posible agrupar a los actores del ecosistema en nueve categorías en función de su rol (Smith 2006; Mercan y Göktaş 2011):

- **Bioemprendimientos y bioemprendedores.** Este grupo es el núcleo del ecosistema, su rol es la materialización y transferencia del conocimiento en productos y servicios que son entregados a los mercados mediante modelos de negocio innovadores. Aquí se incluyen no solo los líderes o fundadores de los bioemprendimientos, sino el grupo de empleados iniciales que ejecutan la visión de la compañía.
- **Generadores de conocimiento.** En este rol se encuentran principalmente las universidades y centros de investigación, particularmente los investigadores, docentes y estudiantes que participan en las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico en el ámbito académico, además del personal de apoyo a la investigación. En un ecosistema robusto y consolidado, también se incluye en este rol al personal especializado y dedicado a la investigación y desarrollo en el sector privado, que involucra a grandes empresas, e incluso a entidades de apoyo como las organizaciones de investigación clínica o de investigación por contrato (CRO).
- **Formadores y capacitadores.** En un ámbito similar al anterior, participan las universidades y centros de investigación, a las que se suman entidades de capacitación y formación. La diferencia es que, en este rol, el resultado de estos actores no es el conocimiento, sino los profesionales que han pasado por un proceso formativo y educativo desde etapas tempranas hasta posgrados y especializaciones. En un ecosistema de emprendimiento e innovación, el talento es la principal fuente de energía.
- **Articuladores.** Son aquellos actores que participan directamente en el desarrollo de los factores del ecosistema. Aquí se incluyen las entidades gubernamentales encargadas de la formulación e implementación de regulaciones, así como las agencias y organizaciones no gubernamentales encargadas de la promoción del bioemprendimiento.
- **Entidades de apoyo.** Quedan comprendidos los actores que facilitan el surgimiento y crecimiento de los emprendimientos y el desarrollo de los emprendedores. Se trata principalmente de actores públicos y privados, como incubadoras de negocios, aceleradoras de empresas, consultoras y proveedores de servicios de apoyo (diseño, legal, contabilidad y otros). En el caso específico de empresas de base biológica, aquí se incluyen también empresas proveedoras de servicios tecnológicos especializados y proveedores de insumos, equipos y consumibles para la investigación. Por otro lado, las oficinas de transferencia de tecnología y conocimiento desempeñan un rol fundamental en el apoyo a investigadores y emprendedores en este ecosistema.

- **Financiadores.** Son de los actores más relevantes para el éxito y consolidación de los ecosistemas de emprendimiento e innovación. Como su nombre lo indica, son los actores encargados de proveer de capital de inversión a los bioemprendimientos. Se trata principalmente de actores del sector público, como los diferentes fondos de inversión estatales destinados a emprendimientos y a la investigación científica y tecnológica, y actores del sector privado, como inversionistas y fondos institucionales de capital de riesgo o *venture capital*, además de fundaciones y organizaciones no lucrativas que fondean la actividad emprendedora en ciertos sectores.
- **Vinculadores.** Se enfocan en la conexión de los actores del ecosistema, con la intención de favorecer la colaboración entre estos y acelerar la obtención de resultados. Este rol es ocupado por actores diversos como cámaras y asociaciones industriales, asociaciones de emprendedores, sociedades científicas y académicas, así como otras organizaciones no lucrativas y de la sociedad civil. En el contexto específico de la bioeconomía, aparecen otros actores, como las asociaciones de productores agrícolas, forestales, ganaderos y pesqueros, los colectivos de empresarios del sector primario, entre otros.
- **Promotores.** Cobran relevancia al final de la actividad emprendedora y se enfoca principalmente en incrementar la visibilidad del impacto de los bioemprendimientos y de los programas que facilitan el emprendimiento. Este rol es ocupado por los medios de comunicación, así como organizaciones de la sociedad civil.
- **Consumidores.** Corresponden principalmente la sociedad civil como adoptante de las innovaciones, productos y servicios. La respuesta de este grupo a las nuevas tecnologías definirá el ritmo de crecimiento de los ecosistemas de emprendimiento e innovación. Se trata de un grupo heterogéneo de actores principalmente individuales, que va desde consumidores comunes de productos finales, hasta consumidores especializados como productores agrícolas o incluso empresas usuarias de tecnologías, productos y servicios de la bioeconomía.

De acuerdo con Kuckertz (2020), en un ecosistema de bioemprendimiento e innovación debe observarse la participación de estos actores. Aunque no existe una receta infalible para la creación y fortalecimiento de estos ecosistemas, la existencia de cada uno de los roles mencionados, incluso de manera incipiente, permitirá el florecimiento de la actividad emprendedora (Grandstrand y Holgersson 2020).

Contribución de los bioemprendimientos a la bioeconomía en la región

La contribución de los bioemprendimientos al desarrollo de la bioeconomía y, por ende, de América Latina –dado su potencial bioeconómico– radica en su capacidad para generar empleos, fomentar el desarrollo económico y social y reducir el impacto ambiental de los procesos productivos (Kuckertz *et al.* 2020; Hinderer y Kuckertz 2022; Torres y Jasso 2022). Además, los bioemprendimientos pueden abordar desafíos globales como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la salud pública. Asimismo, por su carácter innovador y dinámico, tienen el potencial para ser uno de los principales *drivers* del desarrollo en este nuevo modelo productivo.

Las siguientes son algunas de las áreas donde los bioemprendimientos contribuyen al desarrollo (Carree y Thurik 2010; Dent *et al.* 2016; Torres y Jasso 2022):

- **Creación de empleos de alto nivel técnico:** los bioemprendimientos suelen ser más ágiles y flexibles que las empresas tradicionales o ya establecidas, lo que les permite responder rápidamente a las nuevas oportunidades y demandas del mercado. Como resultado, pueden crear nuevos empleos altamente especializados y estimular el crecimiento económico en las bioeconomías emergentes.
- **Innovación:** suelen incorporar ideas nuevas e innovadoras que tienen el potencial de transformar los mercados existentes y crear otros nuevos. Al impulsar la innovación, los bioemprendimientos pueden ayudar a las bioeconomías emergentes a transformar las industrias tradicionales en industrias biobasadas.
- **Acceso al capital:** dependen del capital de riesgo y de otras formas de inversión para despegar, aunque no exclusivamente. Al atraer estas inversiones, las nuevas empresas pueden traer nuevas fuentes de capital a las bioeconomías emergentes, desde sectores tradicionales o desde el extranjero. Esto impulsa el crecimiento económico interno y el desarrollo.
- **Transferencia de tecnología:** son un vehículo para la transferencia de tecnología y conocimientos producidos en las universidades y centros de investigación.
- **Mayor competencia:** pueden introducir nueva competencia en industrias establecidas, lo cual reduce los precios y mejora la calidad del producto para los consumidores. También impulsan el cuidado por el medio ambiente, en el caso del aprovechamiento de residuos.
- **Impacto social:** los bioemprendimientos en economías emergentes pueden tener un impacto social significativo, ya que crean soluciones a problemas locales y abordan las necesidades de las comunidades desatendidas.

De manera general, se observa que el bioemprendimiento debe ser uno de los factores protagonistas en este proceso de transición hacia la bioeconomía, el cual no será posible sin la actividad bioemprededora que materialice las oportunidades en el proceso (Kuckertz 2020). Por ello el bioemprendimiento debe ser un componente fundamental en las futuras conceptualizaciones de la bioeconomía (Kuckertz *et al.* 2020). Particularmente, las bioeconomías emergentes³³ deben posicionar a las startups en el centro de sus estrategias y aumentar la vinculación entre universidades y centros de investigación con los demás actores del ecosistema. De esta forma, habrá transferencia de conocimientos, innovación, investigación y desarrollo científico-tecnológico y así se crearán las aplicaciones prácticas de la bioeconomía.

Bioemprendimientos en ALC

A pesar de que los países de ALC representan tan solo un 16 % de la superficie terrestre global y posee solamente el 10 % de la población mundial, esta contiene el 28 % de la tierra cultivable del mundo y aproximadamente 30 % de su agua dulce (Hodson y Chavarriaga-Aguirre 2014).

Específicamente en términos de disponibilidad agrícola, ALC cuenta con más del 50 % de potencial agrícola. Según cifras del *International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA)*, ALC posee más de 500 millones de hectáreas calificadas como “muy adecuadas” o con “mejor aptitud”, así como el mayor potencial de expansión. Es posible que se agreguen más de 300 millones de hectáreas para el 2050, sin que esto llegue a afectar los bosques o ecosistemas naturales (Trigo *et al.* 2014).

La suma de estas características representa un gran potencial para el desarrollo de bioemprendimientos en la región, principalmente los orientados al sector agrícola y ganadero. Sin embargo, existen esfuerzos significativos regionales en diversas áreas de impacto de la bioeconomía, como la producción de biocombustibles, el uso de agricultura de precisión y el desarrollo y la adopción de cultivos genéticamente modificados. Esta situación ha provocado el liderazgo internacional de Brasil y Argentina en mercados de biocombustibles y un rol destacado en prácticas de intensificación agroecológica junto con Paraguay y Uruguay (Azevedo 2018).

La región cuenta con múltiples fortalezas en relación con el desarrollo de su bioeconomía, sobre todo por su alta disponibilidad de biomasa, inversión en materia de ciencia y tecnología. Sin embargo, es clave el financiamiento para el desarrollo de nuevos bioemprendimientos y aún existen deficiencias en términos de inversión por parte de los países en este rubro.

En materia de emprendimiento, resulta importante analizar el ambiente socioeconómico de un país, no solamente en términos de mercado y disponibilidad de recursos, sino también en su

³³ Se utiliza este término porque la bioeconomía se desarrolla de acuerdo con las especificidades de cada región, relativas a sus cadenas productivas y el avance que exista en ciencia, tecnología e innovación.

contexto regulatorio y legal. En este sentido, el Programa de Bioeconomía e Innovación en el 2022 realizó un estudio donde se analizaron los índices *Doing Business* (2020), el *Global Innovation Index* (2021) y el *National Entrepreneurship Index* (2021), con el fin obtener una visión más detallada, cuantitativa y clara acerca de las oportunidades y retos que existen en ALC para emprender en actividades económicas relacionadas con la bioeconomía.

En este análisis se compararon de manera regional y cuantitativa los rubros evaluados por dichos índices. En este sentido, en Costa Rica y Uruguay sus deficiencias comienzan a hacerse visibles cuando los bioemprendimientos requieren de mayor grado de desarrollo, inversión, infraestructura especializada e innovaciones que se incorporen a sus dinámicas de mercado.

Caso contrario ocurre en algunos países del Cono Sur, Colombia y en menor medida México, en los que existen áreas de oportunidad significativas por parte de los gobiernos para incentivar y facilitar la creación de nuevos emprendimientos desde sus inicios por medio de *grants* o financiamiento no reembolsable. Además, existe una mayor cantidad de herramientas de apoyo nacionales o internacionales disponibles conforme los emprendimientos avanzan en su grado de maduración. Esto se debe principalmente a las facilidades regulatorias para la entrada de nuevos productos al mercado, acceso a financiamiento y dinámicas de mercado favorables, así como disponibilidad de infraestructura, producción de conocimiento y mecanismos más eficientes de propiedad intelectual. Por otra parte, aunque Chile fue el país que demostró mayor avance y estabilidad en todos los sectores evaluados, el nivel de biodiversidad y recursos naturales del país no se compara con el de otros países como Brasil, Colombia o México.

El Programa de Bioeconomía e Innovación llevó a cabo un estudio en el 2022, con el objetivo de obtener una caracterización más precisa del ecosistema del bioemprendimiento en ALC. En esta ocasión, como parte del estudio se efectuó una exploración de casos destacados en la región y se identificaron 85 emprendimientos (véase el anexo). Estos casos destacados ofrecen una perspectiva valiosa sobre las oportunidades y desafíos que enfrentan los bioemprendedores en la región.

Más del 50 % de esos bioemprendimientos se crearon en los últimos cinco años y la mayoría de ellos pertenecen a los sectores de salud, alimentos o agricultura. El perfil general de estos bioemprendimientos está relacionado con proyectos de investigación académicos o innovaciones de base científica y tecnológica que encontraron una oportunidad de negocio.

Si bien muchos bioemprendimientos de la región han alcanzado con éxito las últimas etapas de su desarrollo (escalamiento, maduración y crecimiento o salida), sus proyecciones internacionales aún no son relevantes. Por otro lado, a pesar de que varios de los bioemprendimientos analizados han logrado convertirse en empresas, estos se han establecido en el extranjero o se han desarrollado desde etapas tempranas en colaboración con organizaciones internacionales.

Factores clave - capacidades institucionales para el desarrollo del bioemprendimiento

De la misma revisión de bioemprendimientos descrita en la sección anterior, se desprende que Chile y Argentina se destacan por liderar la creación de bioemprendimientos exitosos, gracias a condiciones propicias que brindan para su conversión en bionegocios. De acuerdo con este estudio, se han identificado tres condiciones fundamentales para el éxito de estos emprendimientos en la región:

1. Acceso a educación y acompañamiento en materia especializada de bioemprendimientos.

- a. La mayoría de los bionegocios fueron fundados por bioemprendedores con formación académica proveniente de instituciones de educación superior.
- b. En múltiples casos, los fundadores de dichos bioemprendimientos tuvieron acceso previo a programas de emprendimiento o negocios.
- c. La mayoría de los casos de éxito fueron parte de un programa de incubación o aceleración, aunque contaran con ventas iniciales.
- d. La mayor parte de ellos encontró apoyo en instituciones especializadas en bioemprendimientos.

2. Acceso a capital semilla y capital de riesgo.

- a. Hubo acceso a capital semilla o a inyecciones de capital privado. Por ejemplo, los bionegocios participaron en competencias como *Mass Challenge* o fueron acelerados por iniciativas como *GridX* o *Ganesha Labs*. Incluso algunos recibieron capital de fondos de inversión, por ejemplo, de la *Kirchner Impact Foundation*, lo que también determina la necesidad de contar con sistemas financieros e institucionales receptores de inversión y financiamiento internacional.

3. Exposición a organizaciones y conocimiento sobre ecosistemas de innovación internacionales.

- a. La mayoría tenía conocimiento sobre ecosistemas internacionales de bioemprendimientos y se involucraron en programas como: *FoodBytes*, *Endless Frontier Labs*, *Mass Challenge*, *Keiretsu Forum* o *Plug and Play*, por mencionar algunos.
- b. En el caso de bioemprendimientos relacionados con aplicaciones biotecnológicas, el acceso a infraestructura especializada como laboratorios fue determinante.

Por otro lado, la literatura especializada sugiere que existen diversos factores que influyen, con mayor o menor intensidad, en el éxito de los ecosistemas de bioemprendimiento e innovación y que garantizan el cumplimiento de las condiciones previamente mencionadas (Kuckertz 2019; Kuckertz 2020; Hinderer y Kuckertz 2022). Entre los factores más relevantes, se pueden destacar los siguientes:

- Políticas públicas y marcos regulatorios.
- Inversión y acceso a financiamiento.
- Modelos de transferencia de tecnología.
- Disponibilidad de talento y construcción de capacidades.

También hay otros factores que influyen en el desarrollo bioemprendedor, como las oportunidades de mercado, las condiciones macroeconómicas y la estabilidad política e institucional. Sin embargo, los factores mencionados anteriormente son fundamentales para la creación de un ambiente propicio para el crecimiento y la expansión de nuevos bioemprendimientos. La implementación de políticas y estrategias junto con los servicios de apoyo al bioemprendimiento –financiación, transferencia de tecnología y construcción de capacidades– es crucial para alcanzar este objetivo.

Estas estrategias deben contar con la participación de actores en cada uno de los roles descritos y deben ser lideradas por los gobiernos locales con el apoyo del sector privado. En gran medida, los factores mencionados serán definidos por el diseño e implementación de políticas públicas, así como por sus instrumentos de acción.

Políticas públicas: necesidad de un marco apropiado para el desarrollo del bioemprendimiento

Entre los factores con mayor impacto en el éxito de los ecosistemas de bioemprendimiento e innovación es el conjunto de políticas públicas y marcos regulatorios en cada país, pues dictaminan las oportunidades, barreras e incentivos a los que los bioemprendimientos son expuestos (Villavicencio 2019). El alcance de las políticas públicas depende significativamente del contexto institucional nacional y regional, así como de otros recursos estratégicos que se implementen.

Por otra parte, entre las limitaciones que han enfrentado los países de ALC para fomentar el surgimiento de nuevos bioemprendimientos de base tecnológica es la falta de interacción entre los actores que conforman ecosistemas de bioemprendimiento e innovación. Por ello es necesario definir canales de comunicación y formar grupos de trabajo a través de los diferentes actores para establecer estrategias concretas rumbo al establecimiento de las políticas públicas apropiadas al contexto regional. De manera general, además de los retos particulares que enfrentan los bioemprendimientos con respecto a otros tipos de emprendimientos, en ALC se enfrentan también a un reto relacionado con la estabilidad política de la región.

El punto de partida de las políticas públicas empieza con procesos de diseño y formulación con el objetivo de crear: a) institucionalidad que fomente el bioemprendimiento y b) mecanismos que

faciliten su regulación, pues existen bajas tasas de formalización de bioemprendimiento asociados a los altos costos legales y largos procesos burocráticos (Henry *et al.* 2019).

El primer paso rumbo a la formulación de políticas públicas que fomenten la creación de bioemprendimientos debe ser la creación de estrategias nacionales de bioeconomía que sienten las bases para el futuro, donde se definan los objetivos, líneas de acción y sectores prioritarios para el desarrollo de la bioeconomía en cada país. Estas estrategias deben contemplar como sus pilares fundamentales la investigación científica y generación de conocimiento, la capacitación de recursos humanos, la creación de normatividad y regulación pertinente, la inversión en áreas prioritarias, la cooperación interinstitucional e internacional, la creación de un ambiente propicio para el bioemprendimiento y la gestión e integración de esfuerzos de distintos sectores.

La experiencia en avance político nacional y regional obtenida en Argentina, Chile o Brasil puede ser una guía para impulsar el desarrollo de bioemprendimiento desde la política pública para el resto de la región. Los mecanismos de política comercial como incentivos tributarios, deducciones tributarias, incentivos fiscales para inversores o fondos de inversión pueden ser un primer paso para la generación de las condiciones necesarias para el desarrollo del ecosistema. En este sentido, las experiencias ganadas previamente en materia de economía ambiental, energética, agrícola y rural permitieron abrir una ventana de oportunidades que son aplicables a otras cadenas de valor dentro de la bioeconomía y que están destinadas a los bioemprendimientos tradicionales.

Estas iniciativas de política pública pueden impulsar la creación y el crecimiento de los bioemprendimientos; sin embargo, se deben registrar la evidencia científica y social del impacto de los bioemprendimientos en la región para poder evaluar los alcances, las implicaciones y los resultados de estas iniciativas. Otras iniciativas, como los créditos fiscales, las deducciones fiscales, reducción de impuestos sobre propiedad intelectual, las exenciones fiscales para inversión, la reducción de impuestos sobre la ganancia de capital y la exoneración de impuestos de importación de insumos, reactivos y equipos pueden ser estrategias que promuevan la creación de nuevos bioemprendimientos.

Recuadro 23. Ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna y Nanotecnología, Argentina.

En setiembre del 2022 se aprobaron modificaciones a la Ley 26.270 que tiene por objeto promover el desarrollo y la producción de la biotecnología moderna y nanotecnología. La ley da certidumbre a este sector al otorgar beneficios fiscales a proyectos que integren estas disciplinas en la producción de bienes o servicios o en el mejoramiento de procesos o productos. Los beneficios que reciben los proyectos, aprobados en función de las necesidades de la población argentina, son la amortización acelerada del impuesto a las ganancias y la devolución anticipada del impuesto al valor agregado (IVA). Para proyectos de investigación y desarrollo, también se considera el otorgamiento de un bono de crédito fiscal, con duración de 10 años, del 50 % de los

gastos destinados a contrataciones de servicios de investigación y desarrollo en instituciones pertenecientes al Sistema Público Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. La Comisión Constitutiva para la Promoción de la Biotecnología Moderna es la entidad encargada de evaluar y dictaminar si los proyectos inscritos en el Registro Nacional cumplen con los requisitos para recibir dichos beneficios. (Ley de Promoción del Desarrollo y Producción de la Biotecnología Moderna y Nanotecnología, 16 de septiembre de 2022).

Desde la experiencia regional, las acciones a mediano plazo son vitales para las entidades multilaterales, debido a que estas pueden ser promovidas y apoyadas durante tiempos fijos. La experiencia de los países en la promoción de tecnologías de software, por ejemplo, en Argentina, fue la que permitió el desarrollo de la nueva Ley de Promoción de Biotecnología y Nanotecnología.

Un ejemplo de desarrollo tecnológico es la Ciudad del Saber en Panamá, un parque tecnológico –o hub tecnológico– que ha sido crucial para la cooperación internacional y que ha servido de modelo para el establecimiento de nuevos parques, como el Parque Pharma en Toluca, México. Estas iniciativas son fundamentales para el fomento de bioemprendimientos y se basan en experiencias exitosas en los ámbitos regional y nacional.

Recuadro 24. Hub tecnológico Parque Pharma, México.

En Toluca, México, se ubica estratégicamente el primer y único conjunto multi-inquilino de plantas farmacéuticas independientes del país. Se trata de una plataforma centralizada bajo un esquema de renta a largo plazo que cuenta con el más estricto cumplimiento regulatorio, con el fin de aumentar la accesibilidad y disponibilidad de productos y terapias innovadoras. Ofrece plantas certificadas, flexibilidad de crecimiento, gestión regulatoria de productos y servicios de consultoría. Esta modalidad reduce los tiempos, inversión y riesgos que conlleva construir, ampliar o remodelar una planta. Además de que contribuye al incremento de la capacidad de fabricación o diversificación de los productos, las instalaciones permiten ejecutar actividades desde análisis preclínicos, hasta distribución y comercialización (Parque Pharma 2022.).

Marco regulatorio

Existen parámetros regulatorios que generan un impacto tangible en el desarrollo de los bioemprendimientos. Entre ellos se encuentran las condiciones burocráticas necesarias para formalizar un negocio, asociadas a diferentes períodos de tiempo según el país.

El establecimiento legal de una empresa no implica que se avale el inicio de sus actividades productivas. Como fase previa a la entrada en operación de un bioemprendimiento, existen diversos procesos normativos relacionados con las futuras operaciones de la empresa. Especialmente en el caso de los bioemprendimientos de base tecnológica, por ejemplo, es necesario analizar el impacto ambiental, seguridad para la salud humana y posibles riesgos que puedan identificarse en dichas actividades empresariales.

Asimismo, un bioemprendimiento generalmente debe pasar por procedimientos de evaluación y control sanitario para autorizar el uso de las instalaciones para la fabricación, envase y comercialización de sus productos localmente. Ya en la fase de producción, se incluyen, por ejemplo, las certificaciones ISO que permiten garantizar altos niveles de calidad en las actividades productivas.

Una vez que está autorizada la producción y comercialización local, el interés regulatorio o normativo de un bioemprendimiento usualmente se centra en temas de exportación y comercio internacional. Si bien en bioeconomía la innovación tiende a ser disruptiva y en muchos casos se enfoca en mercados de gran magnitud, los nichos de mercado locales suelen ser pequeños. Por tanto, afianzar un bioemprendimiento en el mercado requiere, idealmente, expandir su comercialización a otros países. Es en esta etapa donde se presentan barreras arancelarias, requisitos legales, certificaciones y restricciones regulatorias, que aumentan los costos operacionales, logísticos y administrativos. Un ejemplo de esto es el caso de Algenis. (Recuadro 25). El marco regulatorio constituye las condiciones en las que un bioemprendimiento generará productos o servicios de interés para el mercado, además de determinar su tiempo de desarrollo y prevalencia en el tiempo. En suma, el tiempo y complejidad de cada proceso regulatorio puede representar un obstáculo o un impulso en el desarrollo de los bioemprendimientos.

En el caso específico de los bioemprendimientos de base tecnológica, los tiempos de investigación y desarrollo representan una fase importante, no solo desde la creación de la empresa, sino también para el desarrollo constante de nuevos productos. Por ende, se deben considerar también los tiempos y costos de actividades como estudios clínicos e investigaciones en materia de bioseguridad. En otros casos, también se incluyen evaluaciones de riesgo ambiental, ensayos confinados, fiscalización y seguimiento a los productos biotecnológicos.

Recuadro 25. Impacto en adquisición de certificaciones: el caso de Algenis en Chile.

Algenis, fundada en el 2002 en Chile, es una empresa líder en la producción y el desarrollo clínico de moléculas bioactivas fabricadas por microalgas marinas con uso médico. Sus investigaciones se centran en moléculas paralizantes de mariscos provenientes de dinoflagelados marinos y cianobacterias de agua dulce y su potencial, en el tratamiento de distintas patologías. Por tratarse de moléculas bloqueadoras de canales de sodio, actualmente exploran su aplicación como tratamiento del dolor nociceptivo agudo y la pérdida de sensibilidad causada por neuropatía periférica inducida por tratamiento de quimioterapia (Algenis 2022a).

Su trayectoria ha estado marcada por financiamientos de inversionistas privados, fondos de capitales de riesgo y fondos públicos de Corfo. Desde la investigación en laboratorio hasta el escalamiento, le han permitido desarrollar sus capacidades de infraestructura y equipamiento. También ha realizado el análisis de alternativas de producción de los compuestos, con su respectivo control de calidad, además de análisis químicos correspondientes (Algenis 2022a).

Con siete familias de patentes y la comercialización de sus productos a través de licencias, la empresa es testigo del papel que tiene la propiedad intelectual como estrategia de competitividad (Algenis 2022b). Asimismo, la vinculación con otras instituciones y empresas farmacéuticas y biotecnológicas le ha permitido continuar innovando y fortalecer su negocio. Sus estrategias de creación, seguimiento y fortalecimiento de la empresa le permiten contar con su actual historial de estudios de toxicología, seguridad farmacológica, farmacocinética y genotoxicidad (Algenis 2022c).

A 13 años de su fundación, la *Food and Drug Administration* (FDA) le otorgó permiso a la empresa para administrar experimentalmente en humanos su producto líder NAVX-010, el cual se plantea para el tratamiento de la fisura anal (Algenis 2022c).

Servicios de apoyo al bioemprendimiento

Los servicios de apoyo al bioemprendimiento son cruciales para impulsar el desarrollo de soluciones innovadoras y sostenibles en el ámbito de la biotecnología. Entre estos servicios, se destaca el financiamiento, el cual puede provenir tanto de fuentes públicas como privadas y resulta fundamental para el crecimiento y la viabilidad de los bioemprendimientos. Además, los centros de investigación y las universidades pueden desempeñar un papel clave en la transferencia tecnológica a los bioemprendimientos, ya que proporcionan acceso a recursos especializados, experiencia y conocimientos técnicos. Especialmente en aquellos casos en los que los bioemprendimientos tienen una base tecnológica, la transferencia tecnológica resulta esencial para el éxito del proyecto. En definitiva, el acceso a estos servicios de apoyo puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un bioemprendimiento.

Financiamiento público

El acceso a recursos públicos para el financiamiento de etapas tempranas de desarrollo de los bioemprendimientos es un incentivo crucial para su crecimiento y para impulsar la transferencia de tecnologías. Existen diversos instrumentos que proporcionan fondos a empresas de reciente creación. No obstante, estos programas deben considerar los requerimientos particulares de los bioemprendimientos y las marcadas diferencias con otro tipo de emprendimientos, como la necesidad intensiva de recursos altamente especializados, los prolongados tiempos de desarrollo y las barreras regulatorias.

El primero de los instrumentos mencionados como acciones a corto plazo son los fondos de financiamiento en investigación en bioeconomía, que otorgan recursos no-reembolsables especializados, los cuales han probado su eficacia para aumentar el número de investigadores. Un ejemplo es el extinto Fondo para el Fomento y Apoyo a la Investigación Científica y Tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología de la Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de

los Organismos Genéticamente Modificados (CIBIOGEM), que está bajo la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México. Estos fondos fueron estipulados dentro de la creación de la CIBIOGEM para promover la investigación especializada sobre demandas locales, evaluadas por el comité técnico, según la situación local. Mientras en el 2018 la demanda clave estuvo sobre el desarrollo de estrategias genéticas para el control de la transmisión de enfermedades virales en México³⁴ asociadas a *Aedes spp.*, en otros años se establecieron líneas agrícolas para promover el desarrollo de innovaciones locales que pudieran convertirse en soluciones o alternativas dentro la soberanía tecnológica.

Esta experiencia puede funcionar para dinamizar y proveer conocimiento a las comisiones nacionales de bioseguridad y biotecnología, formar talento humano local, sobre todo investigadores y grupos de investigación públicos y privados. De esta forma, puede promover las colaboraciones entre la empresa privada y las instituciones públicas.

Recuadro 26. Fondo para el fomento y apoyo a la investigación científica y tecnológica en bioseguridad y biotecnología de CIBIOGEM.

El Fondo CIBIOGEM es un fideicomiso que se creó en concordancia a lo establecido en el artículo 28 de la Ley de Bioseguridad De Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM): fomentar, apoyar y fortalecer a la investigación científica y tecnológica en materia de bioseguridad (CIBIOGEM 2019). Creado en 1999 y disuelto en el 2020, otorgaba financiamiento a propuestas que atendieran demandas locales específicas establecidas en convocatorias publicadas (CIBIOGEM 2021). Las propuestas, evaluadas por las instancias de evaluación debían presentar indicadores que permitieran dar seguimiento y evaluar el desarrollo del proyecto, además de especificar y justificar los fondos requeridos para su cumplimiento. El gasto corriente y de inversión se consideraban rubros financiables. Una vez firmado el Convenio de Asignación de Recursos, se supervisaba que la investigación se desarrollara cumpliendo lo establecido en la normatividad vigente en materia de bioseguridad (CIBIOGEM s.f.).

En segundo plano, los fondos de financiamiento no-reembolsable para *startups* y pequeñas empresas aún no han sido desarrollados por completo en América Latina. Sin embargo, estos fondos pueden ser una alternativa para promover las etapas donde hay mayores riesgos y necesidades de apoyo. A partir de las experiencias de Panamá con los fondos de Capital Pre-Semilla y Semilla de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), es posible brindar acceso a capital no-reembolsable para superar las etapas regulatorias. Se parte de que una cantidad significativa de los bioemprendimientos en la región se enfrentan con comisiones o entidades regulatorias con poca o nula experiencia en bioproductos. Esto las convierte en empresas pioneras que deberán guiar o presionar a las instituciones regulatorias para avanzar sobre estos nuevos procesos y así aumentar el tiempo necesario para alcanzar el mercado.

³⁴ El fondo fue eliminado debido a la re-estructuración del CONACYT-CIBIOGEM entre el 2018 y el 2023. Los fondos especializados fueron eliminados.

Estos instrumentos de financiamiento deberían ser cubiertos por las entidades gubernamentales encargadas de la gestión y promoción de la ciencia y la tecnología. Además, podrían brindar incentivos para atraer nuevos bioemprendimientos y bioempresas y para establecerse en el país. Esto atraería fondos de inversión y con ello capital privado importante para aumentar las oportunidades de los ecosistemas de bioeconomía regional. La evidencia sugiere que los bioemprendimientos que desarrollan tecnologías disruptivas prefieren realizar ensayos de investigación y validación en países con procesos regulatorios claros, precisos o simplificados (Falck *et al.* 2022). Por lo tanto, es fundamental el financiamiento público que permita definir la estrategia regulatoria y financie los ensayos regulatorios, de manera que el proceso de un bioemprendimiento no se vea limitado por fondos. Al minimizar dicha limitación, es posible dar paso a procesos para diversificar el portafolio.

El desarrollo de leyes especializadas en la promoción o innovación de la biotecnología ha probado ser exitosa como punta de lanza para el ecosistema. El aumento considerable de fondos de financiamiento en esta área permitió la mayor oferta de programas académicos, de nuevos talentos y con ello la creación de innovaciones que desembocaron en nuevas empresas, algunas de las cuales contaron con fuentes de financiamiento privadas.

Financiamiento privado

Aunque el financiamiento público es crucial para el inicio y la validación de tecnologías en los bioemprendimientos, es indispensable contar con acceso a fuentes de financiamiento privadas, debido a la necesidad de capital intensivo y costos elevados de investigación en las etapas tempranas de su desarrollo. Esto permite garantizar el éxito de los ecosistemas de bioemprendimiento e innovación. Estas fuentes pueden incluir fondos de capital semilla y de riesgo, empresas y bionegocios consolidados e inversionistas especializados. Por lo tanto, es esencial que los ecosistemas de bioemprendimiento e innovación establezcan y fomenten relaciones sólidas con estas fuentes de financiamiento privadas para asegurar su desarrollo y crecimiento a largo plazo.

En los últimos años, se ha observado el surgimiento de numerosos actores financiadores y promotores del bioemprendimiento en ALC, que han desempeñado un rol fundamental para la creación de ecosistemas locales y para favorecer el éxito de los bioemprendimientos.

Dentro de las entidades promotoras, se incluyen principalmente las siguientes:

- **Incubadoras:** son organizaciones que brindan, principalmente, apoyo técnico a emprendimientos de reciente creación en sus etapas iniciales (Westreicher 2020). La función principal de las incubadoras es lograr que el emprendimiento se constituya y defina su modelo

de negocio y estrategias para su desarrollo en los primeros años. Esto se logra brindando servicios de formación, capacitación y construcción de capacidades.

- **Aceleradoras:** son organizaciones que impulsan el crecimiento de los emprendimientos en etapas tempranas con el fin de prepararlos para obtener financiamiento o inversión, mediante programas impartidos durante un período específico de tiempo (Carazo 2019). Estas organizaciones suelen ofrecer servicios de capacitación, brindan acceso a espacios de trabajo y servicios accesorios de apoyo a los emprendimientos, como asesoramiento en áreas legales, financieras, de diseño o de mercadotecnia, entre otras. A su vez, las aceleradoras brindan una inversión al final de sus programas.

Cuadro 10. Aceleradoras, incubadoras especializadas en el apoyo a bioemprendimientos y fondos de inversión especializados en bioeconomía en ALC.

País	Entidad	Tipo	Descripción
Argentina	<i>Grid Exponential</i>	Aceleradora	Es un <i>company-builder</i> ubicado en Buenos Aires. Facilita la transferencia de tecnologías desarrolladas en universidades y centros de investigación latinoamericanos a través de la creación de bioemprendimientos y mediante un modelo de formación y consolidación que abarca desde la concepción del negocio, hasta la creación de planes y modelos de negocio.
	SF500	Aceleradora	Es un fondo de inversión en bioemprendimientos ubicado en Rosario, Argentina. Implementa un modelo de aceleración y un enfoque en proyectos altamente escalables.
	CITES	Aceleradora	Es un <i>company-builder</i> ubicado en Sunchales, Argentina. Se enfoca en la creación y aceleración de emprendimientos de base tecnológica, con un especial énfasis en bioemprendimientos. CITES brinda acceso a equipamiento e infraestructura para el desarrollo de productos y servicios.
Brasil	<i>BiotechTown</i>	Incubadora	Es una iniciativa que busca generar condiciones para el surgimiento de bioemprendimientos de base tecnológica en Brasil. Cuenta con laboratorios equipados y un programa de incubación para bioemprendimientos.
Chile	<i>Zentyne VC</i>	Fondo de inversión	Es el primer fondo de capital riesgo con un enfoque de inversión especializado en biotecnología en ALC. Tiene su sede en Santiago, Chile y surge de la convergencia de la Fundación Ciencia y Vida y <i>Venturance Alternative Assets</i> .
	<i>The Ganesha Lab</i>	Aceleradora	Es una aceleradora boutique orientada a facilitar los procesos de escalamiento e internacionalización de bioemprendimientos latinoamericanos.
Colombia	<i>Biointropic</i>	Aceleradora	Es una entidad enfocada en la promoción del desarrollo en biotecnología en Colombia. Incluye la colaboración de diversas universidades y actores del sector privado. Provee servicios para bioemprendimientos, pequeñas, medianas y grandes empresas.
Argentina, Chile y Brasil	<i>The Yield Lab</i> Latinoamérica	Aceleradora	Es la división latinoamericana de <i>The Yield Lab</i> , firma de capital de riesgo. Se enfoca en emprendimientos en el sector agroalimentario. Invierte principalmente en etapas tempranas de empresas de alto potencial.

Nota: Algunas incubadoras, aceleradoras y fondos de inversión identificadas en la región relacionadas a la temática.

En el 2012, la CEO y cofundadora Liza Velarde, en conjunto con sus socios, desarrollaron un dispositivo médico de monitoreo de células cancerígenas. Su nombre es Delee. Se trata de una tecnología accesible, con un precio 20 % más bajo que otros, que facilita la detección temprana de cáncer y su monitoreo en áreas de bajos ingresos. Mediante análisis sanguíneos desechables, se detecta la presencia de células tumorales circulantes (CTC) que expulsan los tumores y viajan al torrente sanguíneo. El sistema Delee permite recuperar las CTC viables para su posterior análisis molecular, con la posibilidad de generar un tratamiento personalizado (Delee. 2023.).

Esta *startup* de salud primero contó con una inversión semilla en México de Heineken que le permitió pasar del modelo teórico a prototipo. El desarrollo de sus prototipos se logró gracias a capital de fondo perdido que se otorgaba en concursos destinados a estudiantes emprendedores. Más allá de eso, no se lograron inversiones locales o acceso a fondos públicos en México por el alto riesgo que implica un dispositivo médico. Con la convicción de crecer sin límites territoriales, se aceleró la *startup* en *Y combinator*. El financiamiento de inversionistas de Silicon Valley le dio credibilidad y *networking*, además de que permitió montar su infraestructura en México (Gálvez y Liza 2020).

El desarrollo de tecnología para la sociedad ha sido fundamental en el éxito de muchos bioemprendimientos en la región y el caso de Delee es un ejemplo de ello. Su objetivo es abordar la problemática de la detección del cáncer en zonas de bajos recursos, para lo cual reconoce la necesidad de innovación y acceso a tecnología en la comunidad local. Gracias a esta perspectiva, Delee pudo obtener financiamiento a través de *crowdfunding*³⁵, otra forma de financiamiento privado, ya que no tenía acceso a financiamiento público. La campaña de *crowdfunding* no solo le permitió obtener el capital necesario, sino que también fungió como un canal de diálogo entre Delee y la sociedad civil, lo que permitió trasladar conocimiento y fomentar la participación de la comunidad en su desarrollo.

La inversión privada en bioemprendimientos en ALC se ha fortalecido en los últimos años gracias a la aparición de incubadoras, aceleradoras y plataformas de *crowdfunding* especializadas. Estas iniciativas han brindado apoyo y recursos no solo financieros a los emprendedores, para el desarrollo y crecimiento de sus proyectos en el campo de la biotecnología y las ciencias de la vida. A medida que la región continúe experimentando un aumento en la inversión en investigación y desarrollo (I+D), se espera que la inversión privada siga siendo una pieza clave en el ecosistema de innovación y bioemprendimientos en ALC.

³⁵ El *crowdfunding* es una forma de financiamiento colectivo a través - de plataformas en línea principalmente, en la que un gran número de personas contribuyen con pequeñas cantidades de dinero para apoyar un proyecto o iniciativa.

Modelos de transferencia de tecnología

La transferencia de tecnología es un proceso colaborativo que permite que los resultados y conocimientos derivados de la investigación y desarrollo científico y tecnológico se materialicen en productos y servicios respaldados por la propiedad intelectual, de manera que su impacto fluya desde los generadores de conocimiento hacia los usuarios y consumidores finales. Este proceso permite trasladar el impacto de la ciencia y la tecnología hacia los mercados y la sociedad. Su objetivo es que los productos y servicios desarrollados beneficien directamente a la población civil.

En un ecosistema de innovación eficaz, deben existir modelos robustos para la transferencia de tecnología desde los generadores de conocimiento, que faciliten la protección de la propiedad intelectual por parte de las universidades e instituciones de investigación, así como la correcta vinculación con la industria y el sector empresarial y el acceso a recursos financieros, capital humano, equipamiento e infraestructura (OMPI 2022).

Los países de ALC enfrentan grandes áreas de oportunidad para generar modelos y condiciones favorables para el desarrollo de nuevos bioemprendimientos y la transferencia de tecnología. El escaso financiamiento disponible para estas actividades se suma a la falta de seguridad jurídica y a las brechas para permitir el acompañamiento científico-tecnológico en el desarrollo de soluciones para la industria. Este es un panorama que exacerba las necesidades sociales y económicas de las personas. La diversificación, pluralidad y fortalecimiento del entorno de (I+D) representan la posibilidad de implementar innovaciones que propicien el avance en todos los sectores de la industria, sin desatender las necesidades específicas de los territorios. Está situación puede ser de impacto para la sociedad latinoamericana y el camino hacia la soberanía tecnológica.

El estado de desarrollo de los ecosistemas de bioemprendimiento e innovación en la región difiere de país a país. La mayoría de los países cuentan con ecosistemas incipientes y con poca experiencia en la generación de modelos de transferencia de tecnología. Varios países latinoamericanos como Chile, Cuba, Costa Rica y Perú ya disponen de programas de biotecnología y bioeconomía enfocados a problemas concretos de sus pueblos. Emplean ingeniería genética en la caracterización de germoplasmas y en el desarrollo racional de la mejora de cultivos. En este sentido, los centros e institutos de investigación de estos países han establecido programas de cooperación con universidades y empresas de Europa y Norteamérica en búsqueda de la transferencia de tecnología de punta y nuevos mercados (Huete 2008). A continuación, se describen algunos ejemplos de modelos exitosos de transferencias de tecnologías:

- **Instituto de Biotecnología (IBt), UNAM, México.**

El IBt es la entidad de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) que registra más patentes y solicitudes anualmente. El IBt se destaca por su notoria capacidad de vinculación con la industria y por contar con diversos casos de éxito en la transferencia del conocimiento a empresas de capital mexicano y extranjero. Además, se destaca por la formación de recursos humanos y la generación de conocimiento para expandir las fronteras del conocimiento a través de la investigación. Ha logrado concretar acuerdos de licenciamiento con empresas en países como Bélgica, Alemania, Estados Unidos, Suiza, Canadá o España y ha tenido un impacto nacional e internacional (Ramírez 2015).

El IBt tiene un total de 239 solicitudes de patentes nacionales e internacionales. De ellas, 98 han sido transferidas a la industria mediante diversos modelos: 56 en México y 42 en el extranjero, hasta el 2019 (Patiño *et al.* 2020). Entre los temas que desarrolla el instituto, se encuentran invenciones relacionadas con nuevas moléculas insecticidas dentro de biotecnología agrícola, cultivos mejorados con mayor eficiencia en la producción de proteínas recombinantes, nuevos péptidos antibióticos como medicamentos potenciales para enfermedades autoinmunes y nuevas generaciones de antivenenos, según el Secretario Técnico de Gestión y Transferencia de Tecnología (Trejo 2015).

- **Universidad de Campinas (Unicamp), Brasil**

La UNICAMP se ubica en el estado de São Paulo, Brasil. Es una institución pública que creó Inova en el 2003. Esta es una agencia de innovación que se convirtió en la primera oficina de transferencia de tecnología creada en una universidad brasileña. Su objetivo es fortalecer los vínculos entre la Universidad y las empresas, agencias gubernamentales y demás organizaciones para generar oportunidades de enseñanza e investigación que contribuyan al desarrollo económico y social del país. Una parte importante del mandato de la agencia Inova consiste en transmitir a la comunidad universitaria la importancia de proteger la propiedad intelectual (P.I.), además de preparar y presentar las solicitudes nacionales e internacionales de patente de la agencia. También negocia acuerdos de concesión de licencias tecnológicas y gestiona la incubadora de nuevas empresas de la Universidad (OMPI 2015).

La agencia Inova Unicamp también negoció el contrato de licencia para el Terpenia, una empresa centrada en el desarrollo de productos y que se basa en tecnologías de Unicamp. Un ejemplo de las licencias protegidas por Inova es la tecnología que ofrece una alternativa natural para la prevención y tratamiento de la bacteriosis en peces. La formulación desarrollada por la Dra. Renata Estaiano de Rezende corresponde a una formulación hecha de los aceites esenciales de tomillo, tomillo rojo y pimienta de romero, ante el desafío de reemplazar los antibióticos en la dieta de los peces, que permitiera reducir el impacto

ambiental de la acuicultura y así aumentar la calidad del pescado para consumo humano (UNICAMP 2022).

Recuadro 28. Ejemplos de productos basados en tecnologías con licencias de la UNICAMP disponibles en el mercado brasileño.

Se diseñó una prueba para determinar la causa principal de la sordera genética en bebés recién nacidos. Fue creada por el Centro de Biología Molecular e Ingeniería Genética. Se transfirió en el 2004 bajo licencia a la empresa de diagnósticos DLE, que la comercializó en el 2005. Esta tecnología fue galardonada.

También se creó una medicina fitoterapéutica, producida a partir de una sustancia que se encuentra en la soja, para tratar los síntomas de la menopausia. La Facultad de Ingeniería de Alimentos presentó dos solicitudes de patente para esta tecnología, de la que concedió una licencia a Steviafarma en el 2004. La medicina se lanzó al mercado en el 2007, tras la aprobación de la Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria (ANVISA).

Además, se elaboró un reactivo para la destrucción *in situ* y *ex situ* de contaminantes medioambientales. Fue creado en el Instituto de Química. En el 2007 se concedió una licencia de este reactivo a *Contech Produtos Biodegradáveis*, que se comercializa bajo el nombre de marca Fentox (OMPI 2015).

- ***Spin-offs* universitarios, emprendimientos surgidos en las universidades y centros de investigación**

Un *spin-off* es la acción de crear una empresa o emprendimiento dentro de una compañía consolidada o una institución dedicada a la investigación: centros, universidades, entre otros. Al inicio, el nuevo emprendimiento es una filial de su matriz, pero cuando gana beneficios y desarrolla la estructura necesaria, se separa de esta para funcionar de manera autónoma. Cuando los bioemprendimientos conceptualizados como innovaciones y desarrollos tecnológicos de la bioeconomía alcanzan el éxito, se pueden convertir en *spin-off*, en la medida que la puesta en práctica de los resultados de la investigación desarrollada en distintas instituciones resulte en la generación de un servicio o producto, incidiendo específicamente en una necesidad de las industrias.

Estos bioemprendimientos son creados y desarrollados por personal académico que aplica el conocimiento científico y tecnológico y su experiencia para la generación de nuevos productos y tecnologías que aporten soluciones a las problemáticas actuales. Se consideran como uno de los mejores modelos e instrumentos de transferencia de la investigación a la sociedad (Monge *et al.* 2012).

En algunos casos en Centroamérica, el apoyo para el desarrollo de spin-offs proviene de financiamiento de cooperación internacional. Un ejemplo de ello es la Cooperación Coreana, que busca potenciar la competitividad y productividad de los países a través de la tecnología e innovación. En conjunto con el Proyecto Hélice- Universidad de Costa Rica (UCR), brinda apoyo a las iniciativas emprendedoras y a la vinculación de la Universidad con el sector productivo (Barquero 2019). Otro ejemplo es el de AgroVITRO, empresa que surgió a partir de un grupo de investigadores del área de biotecnología de la UCR.

Recuadro 29. Spin off del área de biotecnología y alimentos en Centroamérica.

Siwà Juices International: este es un *spin off* del 2015, de producción de bebidas de mora, pipa y piña desarrolladas por el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA-UCR) en colaboración con *Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement* (CIRAD) de Francia. Utiliza tecnología que permite conservar todas las propiedades nutraceuticas de la fruta. Los estudios realizados en la Universidad demuestran que este producto puede incidir positivamente en personas con dislipidemia y diabetes. Esta firma es además incubada en la UCR (Mayorga 2019).

Para generar esta empresa, se realizó un proceso de negociación que incluyó a personas de SIWÀ, Proinnova, AUGE y CITA. Concluyó con el otorgamiento de una licencia para la producción y comercialización de los jugos microfiltrados. Es la primera vez que la UCR, a través de un centro de investigación, autorizó el uso de la planta piloto del CITA para incubar el emprendimiento en sus inicios. Por su parte, AUGE y Proinnova han brindado asesoría en inteligencia competitiva, estudios de mercado, formulación de la estrategia de protección de propiedad intelectual, administración, acceso a fondo de emprendimiento, modelo de generación de transferencia de conocimiento, incubación e innovación e impacto en la sociedad. El desarrollo de este emprendimiento generó para el 2018 ventas y dos nuevos empleos, uno de ellos fue para un estudiante de la Universidad. Además, se firmó un contrato para colocar sus productos en una cadena de supermercados (Garrido y García 2018).

Recuadro 30. Spin off en Centroamérica del área de agronomía y biotecnología.

Alveho S.A. se conoce comercialmente como AgroVITRO®. Este es un emprendimiento del 2010, realizado por estudiantes de la UCR en el área de biotecnología. Se consolidó como empresa al ingresar al programa AgroE, impulsado por la Facultad de Ciencias Agroalimentarias y la Estación Experimental Fabio Baudrit Moreno (EEFBM). Inició con un proyecto de bambú dentro de la Universidad y fue creciendo como empresa e introduciendo otros materiales a su variedad de productos.

En el 2015 se registró como pyme e inició operaciones como empresa independiente. Actualmente, cuenta con la licencia del protocolo de la papaya Pococí 100% *in vitro* y recibe colaboración del Centro de Investigaciones Agronómicas. El director de AgroVidro considera que la relación cercana con la institución se volvió en beneficio mutuo, ya que recibieron un protocolo que requirió varios años de investigación y ahora el conocimiento generado por la institución ampliará su impacto en la sociedad (Mayorga 2019 y Molina 2022).

La creación y desarrollo de bioemprendimientos y *spin-offs* son una muestra del potencial de la bioeconomía y la importancia de la colaboración entre diferentes sectores para generar soluciones innovadoras y sostenibles.

- **Generación de talento y construcción de capacidades**

El éxito de los bioemprendimientos depende en gran medida de la construcción de capacidades y de la atracción de talento para la formación de equipos multidisciplinarios con personal altamente especializado. Esto es particularmente crítico en el caso de los bioemprendimientos de base tecnológica e innovaciones científicas de la bioeconomía, pues implican un uso intensivo de conocimiento y experiencia por parte del personal.

Un paso importante para la consolidación y fortalecimiento de ecosistemas de bioemprendimientos e innovación en bioeconomía es invertir en educación y en la construcción de capacidades en la materia. Este debe ser uno de los pilares para la formulación de estrategias nacionales de bioeconomía y de políticas públicas que fomenten el bioemprendimiento.

El desarrollo y crecimiento de la bioeconomía depende en gran medida de la aportación intelectual de los generadores de conocimiento. En un ecosistema robusto, la principal fuente de los bioemprendedores son los estudiantes de pregrado y posgrado e investigadores que pasan por un proceso formativo para transferir los productos de sus actividades científicas a través de la creación de *spin off* o *startups*.

Para ello, es necesaria la implementación de programas de formación de emprendedores, enfocados principalmente en investigadores y estudiantes dedicados a las áreas relacionadas con la bioeconomía. La mayoría de los países de América Latina cuentan con oportunidades de mejora en sus infraestructuras, elemento necesario para realizar investigaciones de alto nivel en biotecnología, sistemas de información y ciencias de la vida. Además, disponen de investigadores de gran prestigio, cuyas investigaciones han causado impacto en diversas áreas del conocimiento. No obstante, son pocos los investigadores que se enfocan en la transferencia de los resultados de sus investigaciones al mercado.

Resulta indispensable, entonces, la implementación de materias y contenidos específicos sobre creación de empresas de base científica y tecnológica en los programas académicos de pregrado y posgrado. Esto debe complementarse con la implementación de actividades y programas extracurriculares que generen espacios para la discusión, *networking* y aprendizaje entre la comunidad académica. Finalmente, es necesaria la creación de foros para el intercambio de experiencias, opiniones y conocimientos entre todos los actores del ecosistema para fomentar un proceso formativo integral.

Recuadro 31. Experiencias en la construcción de capacidades en transferencia de tecnología en Centroamérica.

Los consejos de ciencia y tecnología durante los últimos 20 años han dinamizado el ecosistema cuando han ofrecido financiamiento en etapas tempranas para investigadores en Centroamérica. En este proceso de fortalecimiento, se han abierto oportunidades para conectar a los sectores productivos con investigadores. Sin embargo, la ausencia de capacidades en cuanto a talento humano y acceso a financiamiento especializado en las diferentes etapas dificulta las colaboraciones, sobre todo para el fortalecimiento de las pymes de base científico-tecnológica.

Las investigaciones realizadas han demostrado también que las universidades y centros tecnológicos tienen poca vinculación con los sectores productivos, por lo que la escasa investigación que se realiza tiene su origen en inquietudes académicas y no en la demanda empresarial. En consecuencia, esas investigaciones tienen poca relación con las necesidades de la sociedad. A ello se suma la limitada capacidad de aprovechamiento de los resultados en esos estudios.

Como contribución con esta problemática, los organismos gubernamentales de la región han promovido el desarrollo de una cultura estándar de cooperación universidad-industria; sin embargo, la aplicación de estas iniciativas solo ha sido exitosas en algunos países. Así se creó el proyecto *Free Network* “Fomento del emprendimiento basado en investigación y desarrollo de *spin off* en Centroamérica”, para fomentar la articulación de los actores claves de los ecosistemas de innovación (academia, empresa y estado). Se dirigen a investigar la falta de regulaciones que apoyen la creación y desarrollo de empresas de base tecnológica (*spin off*) y la ausencia de personal calificado en la academia para dicha labor (Hernández 2018).

El estudio realizado por el proyecto *Free Network* en el 2017 concluyó que el 81,25 % de las instituciones de educación superior cuenta con un centro de emprendimiento, el 47 % tiene una oficina de transferencia tecnológica, pero solo el 29,41 % apoya la creación de empresas basadas en el conocimiento. Entre las razones que respaldan los porcentajes bajos de generaciones de emprendimientos, resalta la escasa formación específica que

posee el personal de las instituciones de educación superior para apoyar a los emprendedores basados en la investigación. Solo tres instituciones han desarrollado un reglamento para la creación de *spin off*: la Universidad Tecnológica de Panamá, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras y la Universidad Tecnológica de Honduras (Hernández 2018).

A su vez, es necesario brindar programas de formación de capacidades al resto de los actores del ecosistema involucrados, principalmente a los encargados de la toma de decisiones: legisladores, gobernantes, empresarios e inversionistas. Estos deben estar informados y entender las implicaciones de la bioeconomía y su potencial como motor del crecimiento económico y sustentable.

En primera instancia, se encuentran los formuladores de políticas públicas, que deben poseer un conocimiento mínimo sobre bioeconomía y deben rodearse de asesores técnicos que apoyen la creación de estos instrumentos. Otros actores dentro de este nivel de toma de decisiones son los inversionistas y empresarios que representan a un sector de gran importancia para la bioeconomía y sus *startups*. La vinculación entre el sector gobierno, la industria y la academia es fundamental para el fortalecimiento del ecosistema, pero resulta indispensable la inyección de capital económico en las *startups* para que se puedan materializar sus beneficios sociales y monetarios y, de esta manera, se cree una espiral de innovación en el ecosistema.

Para lograr esto, es indispensable que los inversionistas especializados e instituciones públicas estén al tanto del potencial y de los riesgos de la bioeconomía y sean capaces de discriminar entre diferentes proyectos para invertir en forma inteligente y segura. El involucramiento de empresarios e industrias, así como de inversionistas en sectores bioeconómicos, permitirán la atracción de conocimientos y capital de otras latitudes hacia la región, lo que contribuirá a la consolidación de los ecosistemas.

Conclusiones y recomendaciones

Los bioemprendimientos representan una gran oportunidad para la bioeconomía de ALC, debido a la rica biodiversidad de la región junto con su sólida base científica, lo que brinda una ventaja comparativa única para la creación de soluciones innovadoras y sostenibles a los desafíos globales. Aunque en su mayoría son empresas privadas, los bioemprendimientos suelen requerir apoyo público para su desarrollo, que incluye laboratorios especializados, fondos concursables para las primeras etapas y asistencia en los trámites requeridos para su legalización y puesta en marcha. En este sentido, los bioemprendimientos tienen el potencial de transferir tecnología a la sociedad de una manera ágil y rápida en comparación con otras estrategias. Además, las

universidades y centros de investigación desempeñan un papel fundamental como creadores de innovaciones y desarrollos tecnológicos para la bioeconomía.

Las bioeconomías emergentes deben priorizar la innovación como motor clave de sus estrategias nacionales. Sin embargo, los países latinoamericanos han enfrentado dificultades para integrar la biotecnología en sus economías debido a diversos factores, como: la necesidad de fortalecer políticas públicas efectivas para promover la investigación, desarrollo y transferencia de tecnología, la falta de inversión suficiente en infraestructura y equipamiento y la escasa participación del sector privado en la generación de innovaciones. Las barreras asociadas a la seguridad jurídica y la ausencia de infraestructura de creación y prototipado pueden seguir retrasando el avance de estos factores en la región.

Para superar estos desafíos, los gobiernos latinoamericanos deben trabajar en conjunto con el sector privado para crear clústeres de desarrollo regional estratégico que se centren en la generación de conocimiento de valor como principal impulsor de ecosistemas de emprendimiento e innovación.

Como se mencionó anteriormente, el emprendimiento en la bioeconomía de América Latina abarca una amplia gama de tipologías, cada una con características, retos y requisitos específicos. En una región marcada por profundas desigualdades económicas, educativas y de acceso a recursos y servicios, es esencial que las bioeconomías emergentes fomenten el emprendimiento en todos los niveles, con un enfoque en el desarrollo de bioemprendedores y en la creación de condiciones óptimas para la generación de *startups* en entornos urbanos, semiurbanos y rurales.

El desarrollo tecnológico en la bioeconomía implica un alto riesgo, por lo que la creación de empresas debe ser un proceso prudente y planificado a largo plazo. No todas las ideas deben traducirse en empresas independientes. Es importante fomentar la colaboración entre empresas para compartir conocimientos y experiencia. Además, se debe promover una cultura de licenciamiento y transferencia tecnológica para asegurar que las innovaciones alcancen su máximo potencial y contribuyan al desarrollo sostenible de la región.

Referencias bibliográficas

- Alba Ortuño, C. 2015. Modelo de incubación de empresas: una propuesta. *Revista perspectivas*, (36):65-90.
- Algenis. 2022a. Nosotros (en línea, sitio web). Disponible en <http://algenis.com/nosotros>.
- Algenis. 2022b. Patentes y publicaciones (en línea). Disponible en <http://algenis.com/patentes-y-publicaciones>.
- Algenis. 2022c. Estudios clínicos (en línea). Disponible en <http://algenis.com/en/estudios-clinicos>.
- Álvarez-López. 2009. Legislación y políticas públicas en biotecnología en México, Centro para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria, Cámara de Diputados LXI Legislatura.
- Azevedo, B. 2018. Bioeconomía basada en conocimiento en América Latina (en línea). Conexión INTAL, BID. Disponible en <https://conexionintal.iadb.org/2018/07/27/ideas2-2>.
- Barquero, K. 2019. Iniciativa de la UCR y la República de Corea mejorará competencia del país (en línea). Costa Rica, La República. Consultado 17 ene. 2019. Disponible en <https://www.larepublica.net/noticia/iniciativa-de-la-ucr-y-la-republica-de-corea-mejorara-competencia-del-pais>.
- Blanco, M. 2022. Bases del emprendimiento basado en bioeconomía. En *Bioeconomía para la agroindustria y los territorios rurales: buenas prácticas y lecciones aprendidas*. Antología de curso. San José, Costa Rica, IICA.
- Bóveda, J; Oviedo, A; Luba, A. 2015. Manual de emprendedurismo (en línea). INCUNA-JICA. Disponible en https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/info_11_01.pdf.
- Carazo, J. 2019. Aceleradora de empresas (en línea). Economipedia. Consultado el 8 abr. 2022. Disponible en <https://economipedia.com/definiciones/aceleradora-de-empresas.html>.
- Carree, MA; Thurik, AR. 2010. The Impact of Entrepreneurship on Economic Growth. In Acs, Z; Audretsch, D. (eds.) *Handbook of Entrepreneurship Research*. International Handbook Series on Entrepreneurship, 5. Nueva York, EE. UU., Springer.

CIBIOGEM (Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados). s.f. Reglas de operación del fideicomiso denominado “Fondo para el fomento y apoyo a la investigación científica y tecnológica en Bioseguridad y Biotecnología” (en línea). Disponible en https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/normatividad/vigente/Reglas_Operacion-FONDO-CIBIOGEM.pdf.

CIBIOGEM (Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados). 2019. Proyectos de investigación FONDO CIBIOGEM (en línea). Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados. Disponible en <https://conacyt.mx/cibiogem/index.php/fomento-a-la-investigacion-en-bioseguridad-y-biotecnologia/10-contenido-estatico/897-proyectos-fondo-cibiogem>.

CIBIOGEM (Comisión Intersecretarial de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados). 2021. Contrato de cesión de obligaciones y bienes a título gratuito del fideicomiso y extinción fideicomiso número 17340 (en línea). Disponible en https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/normatividad/vigente/CONTRATO_DE_CESION_DE_OBLIGACIONES_Y_BIENES_A_TITULO_GRATUITO_DEL_FIDEICOMISO_Y_EXTINCION_FIDEICOMISO.pdf.

Confederación Empresarial de Madrid. 2002. Guía de creación de bioempresas (en línea). Comunidad de Madrid. Consultado 15 abr. 2023. Disponible en <http://www.madrimasd.org/sites/default/files/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/Libro14madrimasd.pdf>.

Delee Corp. 2023. Delee (en línea, sitio web). Delee Corp. Disponible en <https://www.delee.co>.
Dent, RC; Karahan, F; Pugsley, B; Şahin, A. 2016. The Role of Startups in Structural Transformation. *American Economic Review* 106(5):219-23. Disponible en <https://doi.org/10.1257/aer.p20161053>.

Doing Business. 2020: Comparing Business Regulation in 190 Economies. 2019 (en línea). Washington, DC, EE.UU., World Bank. Disponible en <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1440-2>.

Falck, J; Biermayr-Jenzano, P; Roca, M; Fuentes-Campos, E; Mutebi, E. 2022. Bio-innovations. Genome-Edited Crops for Climate-Smart Food Systems. 10:36:45. DOI: https://doi.org/10.2499/9780896294257_10.

- Gálvez, A; Liza Velarde, D. 2020. Tecnología para vencer el cáncer. (podcast). Podcast fundadores. Simplecast. Disponible en <https://www.fundadorespodcast.com/024-liza-velarde-delee-tecnologia-para-vencer-el-cancer>.
- Garrido, C; García, D. 2018. Políticas y acciones de las universidades para promover el empleo de sus egresados. Estudio de casos en Iberoamérica (Primera ed). ALCUE, FAEDPYME.
- GEM (Global Entrepreneurship Monitor). 2022. Global Entrepreneurship Monitor 2021/2022 Global Report: Opportunity Amid Disruption. Londres, Reino Unido, GEM.
- Grandstrand, O; Holgersson, M. 2020. Innovation ecosystems: A conceptual review and a new definition (en línea). Technovation, 90–91. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2019.102098>.
- Hall, JK; Daneke, GA; Lenox, MJ. 2010. Sustainable development and entrepreneurship: past contributions and future directions, Journal of Business Venture, 25:439-448. <https://doi.org/10.1016/j.jbusvent.2010.01.002>.
- Hernández, O. (2018). Análisis jurídico para la creación de empresas de base tecnológica como resultado de la investigación científica en la UNAN – León. Nicaragua. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Consultado 2 de sep. Disponible en: <http://riul.unanleon.edu.ni:8080/jspui/bitstream/123456789/7283/1/242481.pdf>
- Hinderer, S; Kuckertz, A. 2022. The bioeconomy transformation as an external enabler of sustainable entrepreneurship. Business Strategy and the Environment, 31(7):2947– 2963. Disponible en <https://doi.org/10.1002/bse.3056>.
- Hodson, E; Chavarriaga-Aguirre, P. 2014. Recursos naturales en América Latina y el Caribe: una perspectiva en bioeconomía. En E. Hodson (ed.). Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa.
- Hodson de Jaramillo, E; Henry, G; Trigo, E. 2019. La bioeconomía. Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina (en línea). CIRAD, Universidad Javeriana, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Unión Europea. Consultado 8 may. 2023. Disponible en <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/8366/BVE190403022e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Henry, G., Hodson de Jaramillo, E., Aramendis, R., Trigo E., Rankin, S. (2019) Introducción. La bioeconomía: Nuevo marco para el crecimiento sostenible en América Latina. Bogotá. Editorial Pontificia Universidad Javeriana.
- Huete, J. 2008. Biotecnología para el desarrollo de naciones pequeñas (en línea). Encuentro 2008, XL (79):89–95. Disponible en <https://doi.org/10.5377/encuentro.v0i79.3652>.
- Instituto Interamericano de Cooperación Agricultura (IICA) 2022. Bioemprendimientos en América Latina. IICA. Enviado.
- Isenberg, D. 2011. The Entrepreneurship Ecosystem Strategy as a New Paradigm for Economic Policy: Principles for Cultivating Entrepreneurship. Dublin, Irlanda, Institute of International and European Affairs.
- Kuckertz, A. 2019. Let's take the entrepreneurial ecosystem metaphor seriously! (en línea). Journal of Business Venturing Insights 11. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2019.e00124>.
- Kuckertz, A. 2020. Bioeconomy Transformation Strategies Worldwide Require Stronger Focus on Entrepreneurship. Sustainability (12-7):2911. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12072911>.
- Kuckertz A; Berger, E; Brändle, L. 2020. Entrepreneurship and the sustainable bioeconomy transformation. Environmental Innovation and Societal Transitions 37:332-344. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.eist.2020.10.003>.
- Lewandowski, I; Gaudet, N; Lask, J; Maier, J; Tchouga, B; Vargas-Carpintero, R. 2018. Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable (en línea). Biobased Economy, Springer, Cham, Switzerland, Chapter 2, Context. 5-16 p. Disponible en <https://doi.org/10.1007/978-3-319-68152-8>.
- Ley de Promoción del desarrollo y producción de la biotecnología moderna y nanotecnología. Ley Nro 27.685. (16 de setiembre, 2022) Boletín oficial de la República Argentina. Disponible en <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/271855/20220916>.
- Mayorga, G. 2019. La Universidad de Costa Rica impulsa nueve proyectos productivos derivados de su investigación. La lista de “spin-off” activas crece con siete empresas derivadas potenciales (en línea). Universidad de Costa Rica. Disponible en <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/06/25/la-universidad-de-costa-rica-impulsa-nueve-proyectos-productivos-derivados-de-su-investigacion.html>.

- Mercan, B; Göktaş, D. 2011. Components of Innovation Ecosystems: A Cross-Country Study. International Research Journal of Finance and Economics ISSN 1450-2887 Issue 76.
- Molina, L. 2022. Agrovitro obtiene licencia de bambú in vitro, ideal para construcción (en línea). Semanario Universidad-Proinnova. Disponible en <https://www.proinnova.ucr.ac.cr/noticias/1shn6ui2q35fp80fdfqcpqsaystqr5>.
- Monge, M; Briones, A; García, D. 2012. Características de las spin-off académicas en Costa Rica: un estudio empírico (en línea). Revista Nacional de Administración 3(1):37-51. Disponible en <https://doi.org/10.22458/rna.v3i1.394>.
- OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual). 2015. Creación de un entorno favorable a la innovación mediante la concesión de licencias y la transferencia de tecnología (en línea). WIPO. Disponible en <https://www.wipo.int/ipadvantage/es/details.jsp?id=2650>.
- OMPI (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual). 2022. Transferencia de tecnología. Propiedad intelectual y transferencia de tecnología. Propiedad intelectual y transferencia de tecnología.
- Ortuño, A. 2015. Modelo de incubación de empresas: una propuesta. (en línea). Bolivia. Revista Perspectivas. 2(36): 65-90. Consultado2 de sep. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1994-37332015000200004&script=sci_abstract
- Patiño, M., Galindo, E., & Trejo, M. (2020). Invenciones del IBt con potencial de ser comercializadas. Biotecnología En Movimiento, 4(21), 24–30. Consultado2 de sep. Disponible en: https://biotecmov.files.wordpress.com/2020/06/4_bm21-invenciones-del-ibt.pdf
- Parque Pharma. 2022 (en línea, sitio web). Parque Pharma. Disponible en <https://www.parquepharma.com/es>.
- Ramírez, O. 2015. Instituto de Biotecnología, entidad universitaria con más patentes (en línea). Boletín UNAN-DGCS, 136 p. Disponible en https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2015_136.html.
- Rox, C. 2022. Unicamp licencia tecnología para disminuir el uso de antibióticos en la alimentación de peces (en línea). Jornal da UNICAMP. Disponible en <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2022/05/03/unicamp-licencia-tecnologia-para-diminuir-uso-de-antibioticos-em-racoes-para>

- Smith, KR. 2006. Building an Innovation Ecosystem: Process, Culture and Competencies. *Industry and Higher Education* 20(4):219-224. Disponible en <https://doi.org/10.5367/000000006778175801>.
- Stam, E. 2015. Entrepreneurial Ecosystems and Regional Policy: A Sympathetic Critique, *European Planning Studies* 23(9):1759-1769, DOI: <https://doi.org/10.1080/09654313.2015.1061484>.
- Sussan, F; Acs, ZJ. 2017. The digital entrepreneurial ecosystem. *Small Business Economy* 49(1):55-73. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11187-017-9867-5>.
- Torres, A; Jasso, J. 2022. Capabilities, Innovation, and Entrepreneurship: Startups in Latin America, Montiel Méndez, O.J. and Alvarado, A.A. (eds.) *The Emerald Handbook of Entrepreneurship in Latin America*, Emerald Publishing Limited, Bingley. 177-200 p.
- Trejo, M. 2015. Nota de patentes (en línea). Disponible en https://riiit.com.mx/apps/site/files/nota_de_patentes_1.pdf.
- 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. En E. Hodson (ed.), *Hacia una bioeconomía en América Latina y el Caribe en asociación con Europa*. 17-46.
- UNICAMP. (2022). Unicamp licencia tecnología para disminuir el uso de antibióticos en la alimentación de peces. Brasil. Ingeniería de Pesca.
- Villavicencio, DH. 2019. Los desafíos de las políticas de innovación en México (en línea). *La Biotecnología en México: Innovación tecnológica, estrategias competitivas y contexto institucional*. Facultad de Economía, UNAM. Disponible en <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/libros/biotecnologia/La%20Biotecnologia%20en%20Mexico.pdf>.
- Westreicher, G. 2020. Incubadora de empresas (en línea). Economipedia. Consultado 23 abr. 2022. Disponible en <https://economipedia.com/definiciones/incubadora-de-empresas.html>.
- WIPO (World Intellectual Property Organization. 2021. *Global Innovation Index 2021: Tracking Innovation through the COVID-19 Crisis*. Geneva: World Intellectual Property Organization.

Anexo 4. Revisión de bioemprendimientos en ALC.³⁶

País de origen	Principal área de enfoque	Nombre	Año de creación
Argentina	Agricultura	Elytron	2020
		Facyt	1996
		Puna Bio	2020
		Sylvarum	2021
		Syocin Biotech	2019
		Zavia Bio	2021
	Alimentos	AlgaeBio+	2017
		BeeFlow	2016
		Bioeutectics	2021
		Cell Farm	2019
		Einsted	2019
		FeedVax	2018
		Food4You	2021
		Kresko RNAttech	2021
		Michroma	2019
		NAT4Bio	2021
		Naturannova	2021
		Tomorrow Foods	2018
	Energía	Hiamet	2019
	Industria	Keclon	2011
		Stamm	2016
	Salud	Alytix	2018
		Aplife Biotech	2018
		Bitgenia	2015
		Caspr Biotech	2019
		Embryoxite	2020
		Eolo-Pharma	2016
		Fecundis	2020
		Gisens Biotech	2019
		Microgenesis	2017
		MZP	2014
		Nanotransfer	2021
		New Organs	2021

³⁶ Este listado no pretende mostrar todos los bioemprendimientos en la región, pero sí ejemplificar algunos de ellos.

Argentina		OncoPrecision	2020
		Plamic	2021
		ZEV Biotech	2017
	Salud animal	Biogénesis Bagó	2012
	Secuenciación	Kheiron Biotech	2011
Brasil	Agricultura	argenTAG	2021
		Agrosmart	2014
Chile	Alimentos	Bsafe Biotech	2021
		Luyef Biotechnologies	2020
	Industria	NotCo	2020
		Protera	2018
	Salud	Kura Biotech	2013
		Pannex Therapeutics	2020
		Phage Technologies	2010
Colombia	Alimentos	Smart Tissues	2020
		ArthroFood	2018
Costa Rica	Agricultura	Grinsup	2019
		Cibus 3.0	2014
	Alimentos	Bromé Enzyme	2015
		Technology	
	Industria	Hemoalgae	2017
		Magenta Biolabs	2016
Ecuador	Salud	Jeca Pharma	2016
	Ambiental	Anuka, biodiversidad aplicada	2017
	Industria	Silicochem	2018
Guatemala	Ambiental	INDEQUI-Crustatec	2018
	Bioinformática	Balam Noj	2020
	Salud	Bitmec	2017
México	Agricultura	Agro & Biotecnia	2008
		Biofábrica Siglo XXI	2003
		Solena	2015
	Alimentos	Enmex	1972
		Kuragobiotek	2007
		Micro Terra	2018
		Nutriyé	2016
	Ambiental	BioFields	2006
		BreakPET	2021
		Geco Technologies	2011
	Biomateriales	BioPlaster Research	2019
	Educación	Scintia	2017
	Industria	Benthos Bioscience	2012
		Biofase	2012
		Industrias Vepinsa	1980

Nicaragua	Alimentos	Lechela	2020
Panamá	Agricultura	Advanced Biocontrollers (ABC)	2012
		Demeter Nanotechnology	2018
	Industria	TheraCann International	2004
	Salud	Hubios	2020
Perú	Energía	Green Tech Innovations	2019
Uruguay	Belleza	Cryosmetics	2019
	Salud	Enteria	2019
		Nanogrow	2021

***II*CA**

